



Evaluasi Risiko *Major Accident Hazard* (MAH) pada Platform Produksi *Offshore* di Perusahaan X dengan Metode MAH Risk Register

Rizal Fazaul Mufid^{1*}, Sumaryono Sri Noto², Rini Dharmastiti³

^{1,2,3}Sekolah Vokasi Magister Terapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja,
Universitas Gadjah Mada, 55281, Indonesia

Korespondensi penulis: rizalfazaulmufid@mail.ugm.ac.id*

Abstract. Oil and gas production operations at offshore facilities pose significant risks that can lead to major accidents and substantial losses. This study aims to analyze the Major Accident Hazard (MAH) risks at the offshore production platform facilities of Company X in the upstream oil and gas sector. The research employs the MAH Risk Register method to identify and evaluate MAH risks at the offshore production platform facilities. By utilizing the MAH Risk Register method and Bow Tie analysis, this study provides a clearer understanding of MAH risks at offshore production platform facilities and recommends appropriate improvements to minimize these risks. The research findings indicate that there are two main risks categorized as 'high risk' or Major Accident Hazard in offshore platform operations, namely ship transportation activities that cause collisions with the platform and operational activities that can lead to hydrocarbon gas leaks. These hazards not only threaten the safety of personnel and the environment but also disrupt production operations and cause financial losses. The Bow Tie analysis further identifies key preventive and mitigative barriers that can be enhanced to reduce the likelihood and consequences of these hazards. Recommendations include improving vessel traffic management systems, implementing stricter control of work procedures, enhancing gas detection systems, and conducting regular emergency response drills. By strengthening these control measures, the potential for major accidents can be significantly reduced, thereby ensuring safer and more sustainable offshore operations.

Keywords: Bow Tie Analysis, Major Accident Hazard (MAH), Occupational Safety, Oil and Gas Production, Workplace Accident.

Abstrak. Operasi produksi minyak dan gas bumi di fasilitas *offshore* memiliki risiko tinggi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja dan kerugian besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko *Major Accident Hazard* (MAH) pada fasilitas platform proses operasi produksi *offshore* di Perusahaan X hulu minyak dan gas bumi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah MAH Risk Register, yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko MAH pada fasilitas *platform* proses operasi produksi *offshore*. Dengan menggunakan metode MAH Risk Register dan analisis Bow Tie, penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang risiko MAH pada fasilitas platform proses operasi produksi *offshore* dan merekomendasikan perbaikan yang tepat untuk meminimalisir risiko tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat dua risiko utama yang termasuk dalam kategori "risiko tinggi" atau *Major Accident Hazard* pada kegiatan operasional di *platform offshore*, yaitu kegiatan transportasi kapal yang menyebabkan benturan dengan platform dan kegiatan operasional yang dapat menyebabkan kebocoran gas hidrokarbon. Bahaya-bahaya ini tidak hanya mengancam keselamatan personil dan lingkungan, tetapi juga mengganggu operasi produksi dan menyebabkan kerugian finansial. Analisis *Bow Tie* lebih lanjut mengidentifikasi hambatan-hambatan pencegahan dan mitigasi utama yang dapat ditingkatkan untuk mengurangi kemungkinan dan konsekuensi dari bahaya-bahaya ini. Rekomendasi yang diberikan meliputi peningkatan sistem manajemen lalu lintas kapal, penerapan kontrol yang lebih ketat terhadap prosedur kerja, peningkatan sistem deteksi gas, dan latihan tanggap darurat secara rutin. Dengan memperkuat langkah-langkah pengendalian ini, potensi kecelakaan besar dapat dikurangi secara signifikan, sehingga memastikan operasi lepas pantai yang lebih aman dan berkelanjutan.

Kata kunci: Analisis *Bow Tie*, *Major Accident Hazard* (MAH), Keselamatan Kerja, Produksi Minyak dan Gas Bumi, Kecelakaan Kerja.

1. LATAR BELAKANG

Industri sektor pertambangan memiliki risiko tinggi, misalnya di pertambangan minyak dan gas bumi. Banyaknya kecelakaan yang terjadi di sektor minyak dan gas bumi, seperti kebakaran, peledakan, pencemaran lingkungan, dan lainnya menyebabkan industri minyak dan gas bumi memiliki potensi bahaya yang tinggi terhadap kejadian kecelakaan kerja (Alifianti, Hardiyono, & Ramdan, 2024). Dalam industri minyak dan gas bumi, kegiatan operasi dibagi menjadi dua wilayah utama berdasarkan area kerjanya, yaitu operasi offshore (lepas pantai) dan operasi onshore (darat). Kegiatan yang paling kritis dan berisiko tinggi umumnya terpusat pada operasi offshore. Secara keseluruhan, faktor risiko dan bahaya di sektor hulu minyak dan gas dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter yang ada dalam sistem industri tersebut (Kosim & Hernawati, 2025). Berbagai macam standarisasi peraturan diterbitkan untuk mencegah terjadinya kecelakaan dalam kegiatan operasi hulu migas.

Meskipun telah dilakukan upaya perbaikan terus-menerus untuk meningkatkan keselamatan kerja di kegiatan operasional hulu minyak dan gas bumi, namun dalam beberapa dekade terakhir, jumlah kecelakaan di tempat kerja tetap menjadi tantangan besar (Maharani, Aziza, Lubis, & Zaharani, 2024).

Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang hulu minyak dan gas bumi, PT. X terus menghadapi tingkat risiko bahaya yang signifikan. Apabila risiko-risiko tersebut tidak dikendalikan secara efektif, dapat menimbulkan kerugian baik dari segi keselamatan manusia, material, peralatan, maupun dampak lingkungan. Beragam potensi bahaya dapat muncul sebagai akibat dari aktivitas operasional perusahaan di sektor hulu minyak dan gas bumi (Dhaifullah, 2020). Fasilitas lepas pantai (offshore) PT. X merupakan lokasi eksplorasi gas bumi yang terletak di perairan timur Pulau Jawa. Karena letaknya yang jauh dari darat dengan struktur konstruksi khusus dan ruang gerak pekerja yang terbatas, aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi fokus utama dalam menjalankan operasional di area tersebut.

Upaya untuk mengurangi dan menanggulangi risiko yang terjadi pada fasilitas offshore maka perlu diketahui risiko mana yang lebih dominan sebagai sumber penyebab terjadi risiko, lebih lanjutnya mengetahui risiko kecelakaan major, dan pengelolaan risiko major pada aktivitas Perusahaan hulu minyak dan gas di fasilitas offshore. Metode Risk Register HSSE merupakan salah satu alternatif metode untuk mengetahui risiko mana yang lebih dominan. Metode ini digunakan sebagai alat penting dalam manajemen risiko yang digunakan untuk mendokumentasikan, memantau, dan mengelola risiko dalam suatu proyek atau organisasi (Septian, 2023). Fungsi utama dari Risk Register adalah sebagai repositori terpusat untuk semua informasi terkait risiko, yang membantu tim manajemen risiko dalam membuat

keputusan yang terinformasi dan proaktif. Sedangkan salah satu metode untuk mengelola risiko major menggunakan metode Major Accident Hazard (MAH), Major Accident Hazard (MAH) merujuk pada potensi kejadian besar yang dapat menyebabkan dampak serius terhadap keselamatan manusia, lingkungan, dan aset. MAH terutama terkait dengan industri yang melibatkan bahan berbahaya, seperti minyak dan gas bumi. Fungsi dari identifikasi dan pengelolaan MAH adalah untuk mencegah atau meminimalkan risiko kejadian besar seperti kebakaran, ledakan, atau pelepasan bahan berbahaya (Purwanto, Safrudin, & Susanto, 2024).

Major Accident Hazard (MAH) Register / Daftar Bahaya Kecelakaan Besar merupakan salah satu persyaratan dalam Process Safety and Asset Integrity Management System (PSAIMS). Laporan ini disusun sebagai bagian dari komitmen perusahaan PT X terhadap keselamatan proses.

Major Accident Hazard (MAH) atau Bahaya Kecelakaan Besar merujuk pada potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko HSSE (Health, Safety, Security, and Environment) berskala signifikan. Istilah ini umumnya terkait dengan keselamatan proses, di mana suatu kejadian berpotensi menimbulkan dampak Level 5 (Catastrophic)—tingkat keparahan tertinggi berdasarkan Matriks Penilaian Risiko Pertamina. Apabila sistem pengendalian (barrier) yang ada gagal berfungsi, MAH dapat berkembang menjadi Major Accident Event (MAE) atau Bencana Kecelakaan Besar, yang mengakibatkan konsekuensi serius bagi manusia, lingkungan, dan aset.. Terkait hal tersebut, maka digunakan metode Bow Tie diagram untuk mengelola skenario kecelakaan besar/ Major Accident Hazard (MAH) yang terkait keselamatan proses agar menjadi sarana yang efektif untuk mengkomunikasikan skenario risiko dan barrier/ safeguard (Putri, 2023).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah mitigasi terhadap kecelakaan kerja di Fasilitas Operasional Lepas Pantai (Offshore Operation Facilities). Selain itu, penelitian ini juga merumuskan rekomendasi perbaikan guna mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja di lokasi tersebut.

2. KAJIAN PUSTAKA

Proses Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah proses sistematis dalam membantu, menilai, dan memprioritaskan risiko untuk mencapai realisasi peluang atau untuk mengurangi, memantau, dan mengendalikan kemungkinan dan/atau pengaruh suatu situasi (Fauzan, 2011). Sesuatu yang dapat mengidentifikasi, atau mengelola risiko hingga dapat melakukan pemberian terhadap evaluasi risiko. Evaluasi risiko yang efektif merupakan bagian penting dalam

mengidentifikasi dan memitigasi potensi ancaman di suatu perusahaan melalui penerapan manajemen risiko. Sistem manajemen risiko berfungsi sebagai kerangka kerja terstruktur untuk mengkoordinasikan dan memantau seluruh proses bisnis perusahaan dengan pendekatan berbasis risiko. Dengan demikian, perusahaan dapat mengelola ketidakpastian sekaligus mengoptimalkan peluang yang ada (Novianti & TP, 2021). Proses manajemen risiko dilakukan menggunakan cara yaitu mengidentifikasi, menilai, dan memilih risiko, atau bagaimana tindakan tersebut yang perlu dilakukan pada antisipasi dan melakukan pemantauan kepada risiko yang mungkin dapat terjadi (ISO 31000:2009).

Proses manajemen risiko menurut standar AS/NZS 4360 adalah sebagai berikut (Kartika, Rahayu, & Zaman, 2022):

1. Menentukan konteks

Penetapan konteks ini meliputi konteks strategis yang bisa diketahui melalui pengetahuan yang mendalam tentang peluang dan tantangan, atau ancaman (threat) yang dihadapi oleh banyak sekali perusahaan (SWOT Analysis). Selanjutnya pada mengkaji tingkatan organisasional atau termasuk pada kegiatan usaha perusahaan.

Selanjutnya ketika telah mengetahui tentang konteks strategis dan organisasional, dilalui dengan melakukan konteks yang berkaitan tentang K3. Pada tiap perusahaan memiliki hazard K3 yang berbeda-beda sehingga pada risiko K3 yang dihadapi juga akan berbeda-beda.

Kriteria risiko dijabarkan kedalam bentuk kombinasi antara keparahan dan kemungkinan yang ditimbulkan, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Berdasarkan kategori antara keparahan dan kemungkinan dapat diperoleh besarnya tingkatan risiko, dapat ditetapkan bahwa kriteria risiko bagi organisasi contohnya yaitu risiko kecil, yaitu bernilai risiko antara 1-8, risiko sedang, yaitu bernilai risiko antara 9-10, dan risiko besar, yaitu bernilai antara 11-16 (Masuroh, Prabowo, Danti, Rosari, & Hardian, 2024).

2. Identifikasi bahaya

Praktik mengidentifikasi semua scenario atau peristiwa yang mungkin ada di tempat kerja dan berpotensi mengakibatkan konsekuensi kecelakaan atau penyakit dapat digunakan. Dalam konteks K3, identifikasi bahaya juga mencakup identifikasi risiko.

Risiko atau bahaya adalah asal yang bisa berpotensi menyebabkan kerusakan pada human, harta benda, lingkungan, atau kombinasi dari semuanya. Ketika ada hubungan antara komponen produksi orang, alat, bahan, proses, atau metode kerja bahaya di tempat kerja ada atau terjadi. Dalam suatu sistem produksi, terjadi interaksi dinamis antara tiga komponen utama, yaitu tenaga kerja, sarana produksi, dan lingkungan kerja. Sumber daya manusia sebagai operator berperan aktif dalam memanfaatkan peralatan dan bahan baku yang tersedia,

sementara lingkungan kerja fisik mendukung seluruh aktivitas tersebut. Interaksi ketiga unsur ini diatur melalui mekanisme kerja dan prosedur operasional yang telah ditetapkan, menciptakan suatu proses produksi yang terintegrasi dan saling bergantung. Setiap komponen memiliki peran krusial dalam menunjang kelancaran dan keberhasilan proses produksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, berbagai komponen proses industri manusia, mesin, bahan baku, sistem, dan mekanisme dapat menjadi sumber bahaya. Apa pun yang dapat membahayakan orang, properti, atau lingkungan dianggap sebagai potensi bahaya. kemungkinan bahaya .

Potensi bahaya merupakan sesuatu yang dapat terjadi dalam suatu kejadian yang menimbulkan kerugian. Banyak inisiatif dapat membantu dalam menemukan, mengisolasi, dan menghilangkan bahaya yang berkontribusi terhadap penyebab kecelakaan (Muhammad & Purwanggono, 2024).

Dasar dari suatu program pencegahan kecelakaan atau pengendalian risiko adalah identifikasi bahaya atau identifikasi bahaya. Untuk mencegah kecelakaan kerja dan mengelola risiko, penting untuk mengidentifikasi bahaya (Puspita, Finanta, & Sinulingga, 2025).

3. Penilaian risiko

Setelah mengetahui penyebab munculnya risiko selama bekerja dan di ruang kerja, langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian risiko. Tahapan tersebut dilakukan agar menentukan seluas mana bahaya kerugian yang telah terjadi, untuk menentukan level/tingkat risiko dari setiap bahaya yang terkena dampak sebelumnya. Standar Australia/Standar Selandia Baru untuk Manajemen Risiko (AS/NZS 3260: 2004), standar yang dibuat di Australia, berfungsi sebagai panduan untuk tahap ini. Dalam standarisasi ini, probabilitas/kemungkinan bahaya dan tingkat keparahan bahaya adalah 2 (dua) metrik yang digunakan untuk menilai risiko (Sudarsana, Widhiawati, Jaya, & Mgt, 2023).

Tujuan dari analisis risiko adalah untuk mengukur risiko dengan memperhitungkan dampak potensial dan kemungkinan terjadinya. Hasil penelitian digunakan untuk menilai risiko yang dapat berpengaruh signifikan terhadap bisnis dan risiko yang kecil atau tidak ada sama sekali. Berdasarkan hasil analisis, tingkat risiko kemudian diukur dengan membandingkannya terhadap kriteria penerimaan risiko yang telah ditetapkan. Proses ini menentukan apakah suatu risiko masih dalam batas toleransi atau tidak. Apabila risiko dinyatakan dapat diterima, maka diperlukan penerapan langkah-langkah pengelolaan dan pengendalian yang memadai untuk memastikan risiko tersebut tetap terkendali (Pradesa, Purba, & Priatna, 2021).

Dengan mengendalikan risiko dan bahaya akibat kerja, tujuan utama K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) adalah untuk mencegah kecelakaan, penyakit, dan cedera akibat kerja. Untuk membuat dan menerapkan tindakan pencegahan dan perlindungan yang tepat, prosedur

identifikasi bahaya dan penilaian risiko harus diikuti untuk mengidentifikasi alasan yang berbahaya bagi pelaut, properti, dan lingkungan, terutama tempat kerja.

4. Pengendalian risiko

Mengendalikan risiko adalah langkah penting memilih manajemen risiko yang komprehensif. Jika pada tahap awal lebih konseptual dan berorientasi pada perencanaan, kini telah diterapkan sejalan dengan inisiatif manajemen risiko dalam organisasi. Risiko yang diketahui signifikan dan potensi hasil perlu dikelola dengan cara yang tepat, efisien, dan sejalan dengan kebutuhan dan kebutuhan bisnis. Manajemen risiko dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti menghindarinya, melepaskannya, atau mengelolanya dengan tepat.

Pengendalian bahaya di tempat kerja adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan sama sekali kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dengan menggunakan alat pelindung diri, pengendalian teknik, sistem peringatan, pengendalian administratif, dan penggantinya (Widodo, n.d.).

a. Eliminasi

Hierarki tertinggi adalah eliminasi, di mana proses manufaktur/desain harus menghilangkan semua bahaya yang ada. Prinsip dasar dari sistem ini bertujuan untuk meminimalisir potensi kesalahan operasional yang disebabkan oleh faktor desain, sehingga mengurangi ketergantungan pada kesempurnaan perilaku manusia dalam penggunaannya. Pendekatan yang paling efektif adalah melalui penghapusan sumber bahaya secara menyeluruh, karena metode ini tidak bergantung pada ketaatan pekerja terhadap prosedur keselamatan semata. Namun dalam praktiknya, eliminasi bahaya secara total seringkali tidak realistis untuk diterapkan, baik dari segi teknis maupun pertimbangan biaya. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan berbagai faktor termasuk kelayakan teknis dan aspek ekonomis. Contohnya termasuk risiko yang terkait dengan jatuh, ergonomi, ruang terbatas, kebisingan, dan bahan kimia. Jika salah satu dari ini mungkin berbahaya, semuanya harus disingkirkan.

b. Substitusi

Pendekatan kontrol ini mencoba mengubah produk, proses, aktivitas, atau peralatan yang berbahaya menjadi produk yang kurang berbahaya. Melalui pengembangan dan konfigurasi ulang sistem, kontrol ini akan mengurangi risiko dan bahaya. Sebagai gambaran, sistem otomasi pada permesinan dapat digunakan untuk menggunakan bahan kimia pembersih yang tidak terlalu berbahaya, kecepatan, daya, dan arus listrik yang lebih rendah.

c. Engineering Control

Langkah-langkah ini diambil untuk menjauhkan pekerja dari bahaya dan untuk mengurangi kesalahan manusia. Perangkat atau peralatan ini memiliki set kontrol ini.

d. Administrative Control

Mengontrol bahaya di tempat kerja melalui perubahan cara karyawan berinteraksi dengan lingkungannya melalui rotasi pekerjaan, pelatihan, pembuatan (SOP), dan jam kerja.

e. Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri dibuat agar membuat Anda tetap aman dan sehat setiap saat dengan melindungi anda dari polutan dan risiko di tempat kerja. Mengenai tindakan pencegahan keselamatan APD.

5. Komunikasi dan konsultasi

Tahap selanjutnya adalah menginformasikan kepada setiap orang yang memiliki kepentingan dalam operasi organisasi atau perusahaan tentang risiko atau bahaya tersebut. Semua pihak, termasuk karyawan, tenaga ahli, mitra, pemasok, dan pihak lain yang mungkin terkena dampak penerapan manajemen risiko di perusahaan, juga dikonsultasikan tentang proses atau hasil penerapan manajemen risiko.

6. Pemantauan dan tinjauan ulang

Pemantauan proses manajemen risiko diperlukan agar mengidentifikasi penyimpangan atau hambatan implementasi dan untuk memastikan sistem manajemen risiko beroperasi sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Berbagai masukan terkait penerapan manajemen risiko diperoleh dari hasil pemantauan tersebut. Manajemen kemudian meninjau hasilnya untuk memutuskan apakah metode manajemen risiko sudah sesuai dan untuk mengidentifikasi potensi perbaikan.

Risk Register

Risk register merupakan daftar risiko yang dapat dilihat oleh manajer perusahaan maupun manajer suatu proyek sehingga dapat melakukan monitoring proses manajemen risiko pada perusahaan atau proyek. Sebuah risk register dapat disusun dalam berbagai format, namun terdapat beberapa elemen penting yang harus dimiliki untuk mendukung efektivitas manajemen risiko. Komponen utama yang pertama mencakup deskripsi risiko yang jelas disertai dengan kode identifikasi unik guna mempermudah proses monitoring. Penjelasan yang rinci diperlukan agar semua pihak yang terlibat dapat memahami secara komprehensif risiko yang dicatat, terutama untuk risiko-risiko yang bersifat kompleks atau memiliki rekam jejak panjang. Setiap entri risiko harus mencantumkan tingkat prioritas yang ditunjukkan melalui skor risiko. Skor ini umumnya diperoleh dari hasil perkalian antara tingkat dampak dan

probabilitas terjadinya risiko. Metode perhitungannya dapat bervariasi, mulai dari yang sederhana hingga yang lebih kompleks, tergantung pada ketersediaan dan kualitas data pendukung. Bagian akhir dari risk register harus memuat rencana tindakan untuk mitigasi atau pengelolaan risiko, termasuk penunjukan risk owner yang bertanggung jawab untuk memastikan implementasi tindakan sesuai dengan timeline yang telah ditetapkan. Komponen tanggal/tenggat waktu menjadi kritikal dalam memantau progres penanganan risiko.

Dengan adanya risk register memudahkan pengendalian risiko yang lebih diprioritaskan. Database risiko, atau risk register, adalah alat utama bagi organisasi untuk digunakan untuk memantau dan mengurangi risiko, baik yang diidentifikasi selama penilaian keselamatan awal dan yang muncul selama operasi. Risk register memiliki pemahaman dasar tentang konsep risiko, melalui identifikasi dan ruang lingkup bahaya yang akan dimasukkan, hingga pengumpulan data dan populasi otomatis dari daftar risiko (Mukhlis et al., 2024).

Bahaya risk register menjadi latihan ketika pemilik dan kontributor tidak memiliki kemampuan nyata untuk mempengaruhi risiko bahaya tidak relevan. Terlepas dari pentingnya daftar risiko yang jelas dalam proses manajemen risiko, sangat sedikit panduan tentang pengembangan dan penerapannya.

3. METODE PENELITIAN

Komponen Kunci di MAH Register

Identifikasi MAH, memberikan basis untuk MAH yang akan dikembangkan menjadi diagram Bow Tie (Papageorgiou, Dermatis, Anastasiou, Liargovas, & Papadimitriou, 2024). Bahaya yang diidentifikasi dalam studi HAZID/HAZOP harus disaring untuk mendapatkan daftar bahaya utama. Proses penyaringan harus dilakukan dengan menandai tingkat keparahan konsekuensi potensi bahaya terhadap kriteria kecelakaan besar. Bahaya yang berpotensi menimbulkan konsekuensi dengan tingkat keparahan yang memenuhi skenario kecelakaan besar (Severity atau Dampak level 4/5) harus dikategorikan sebagai MAH.

Register Hazards in MAH, bahaya yang telah diidentifikasi pada langkah pertama sebagai MAH terlebih dahulu harus diregister dalam Daftar Bahaya Kecelakaan Besar (MAH Register), membuktikan bahwa konsekuensinya memenuhi kriteria kecelakaan besar.

MAH Register development, memberikan informasi Fasilitas yang spesifik dan memberikan referensi yang berguna bagi Facility Engineers dan Operations Managers mengenai sistem yang diperlukan untuk mengelola bahaya. Bow Tie development menyediakan representasi visual dari MAH Register untuk mengelola risiko MAH.

Analisis Bow Tie dengan BowTie Xp

Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan analisis *Bow-Tie* :

1. Mengidentifikasi Bahaya

Bahaya adalah suatu kegiatan operasional atau material yang berpotensi menimbulkan kerugian. Analisis *Bow Tie* dimulai dengan menentukan bahaya.

2. Menentukan Top Event

Top event adalah peristiwa puncak saat hilangnya kendali terhadap bahaya.

3. Menentukan Ancaman (*Threats*)

Ancaman digambarkan di sisi kiri (biasanya sisi pencegahan) dari diagram *Bow Tie*. Ancaman yang memulai peristiwa yang berpotensi melepaskan bahaya dan menghasilkan *top event*.

4. Menentukan Konsekuensi

Konsekuensi dari hilangnya kendali atas bahaya digambarkan di sisi kanan (biasanya sisi mitigasi) dari diagram *Bow Tie*. Konsekuensi adalah dampak langsung dari *accident sequence* yang mengakibatkan bahaya.

5. Menentukan *Barriers* (Pencegahan)

Barrier pencegahan, di sisi kiri diagram menghentikan ancaman agar tidak menghasilkan peristiwa *top event*. *Barrier* pencegahan efektif jika mampu dengan sendirinya mencegah ancaman berkembang menjadi *top event*.

6. Menentukan *Barriers* (Mitigasi)

Barrier Mitigasi, *Barriers* ditunjukkan di sebelah kanan *top event*, yang mengurangi dampak dari *top event* (yaitu, mengurangi skala dan kemungkinan dapat menghentikan konsekuensi yang tidak diinginkan). *Barrier* mitigasi efektif jika mampu sepenuhnya mengurangi konsekuensi atau mengurangi *severity*.

7. Menentukan Faktor Eskalasi/Faktor Degradasi

Faktor eskalasi adalah kondisi yang mengalahkan atau mengurangi efektivitas dari *barrier*. Faktor eskalasi harus kredibel, belajar dari insiden lain, dan fokus terhadap *critical controls*

Faktor degradasi dapat diterapkan untuk *barrier* pencegahan dan *barrier* mitigasi yang dapat menyebabkan gangguan atau kegagalan terhadap *barrier* yang melekat.

8. Menentukan *Barrier* Faktor Eskalasi/Kontrol Degradasi

EF *barrier* adalah *barrier* untuk eskalasi faktor. Kontrol degradasi berperan untuk mengurangi faktor degradasi, membantu mempertahankan *barrier* utama pada fungsi peruntukannya. Kontrol degradasi pada *barrier* dapat, tetapi tidak selalu bisa memenuhi,

efektif, independen, dan *auditable*.

Ringkasan MAH Register Platform Offshore

Pelaksanaan MAH Register mengacu pada Tata Kerja Organisasi Pengelolaan (TKO) Risiko Aspek Kecelakaan Besar/Major Accident Hazard (MAH) Section VII B [F]. Proses ini dimulai dengan melakukan evaluasi atau pemilahan terhadap risiko residual berdasarkan kajian risiko kualitatif yang memiliki dampak, konsekuensi, atau tingkat keparahan dengan level 5 (catastrophic) sesuai dengan Risk Matrix. Risiko-risiko yang telah diregistrasi ke dalam MAH Register kemudian akan diverifikasi lebih lanjut melalui kajian risiko kuantitatif guna memvalidasi skenario, dampak/konsekuensi, serta rekomendasinya. Verifikasi lanjutan terhadap MAH Register juga dapat dilakukan melalui workshop yang difasilitasi oleh Pemilik Risiko (Risk Owner). Berdasarkan hasil verifikasi terhadap skenario dan dampak/konsekuensi, risiko-risiko yang dikonfirmasi dan dikategorikan sebagai Aspek Kecelakaan Besar (MAH) akan tetap dipertahankan dalam MAH Register. Sebaliknya, risiko-risiko yang tidak terkonfirmasi sebagai MAH akan dikeluarkan dari register tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Variabel Risiko

Dalam survei ini, kami mengidentifikasi terlebih dahulu risiko kecelakaan yang dapat terjadi pada kegiatan aktivitas operasional di platform offshore. Berikut 10 variabel yang valid dari hasil identifikasi risiko yang sudah dilakukan:

Tabel 1. Variabel Identifikasi Risiko

Item Kegiatan	Bahaya	Kode	Identifikasi Risiko
Pemasangan dan penggantian jepitan sumur	Moving, falling and flying object	1a	Kejatuhan peralatan kerja yang dapat membuat cedera ringan - sedang dan juga menimbulkan kerusakan pada alat
Pengoperasian Sumur dengan membuka Manifold, Choke Prod dan Wing valve	Manual handling	1b	Kesalahan proses handling yang menyebabkan terkilir, keseleo, dan jari/tangan terluka
Mengukur tekanan tubing, casing, dan flowline sumur produksi	Moving, falling and flying object	1c	Kejatuhan peralatan kerja yang dapat membuat cedera ringan - sedang dan juga menimbulkan kerusakan pada alat
Pengukuran tekanan injeksi sumur	Chemical	1d	Efek dari terekspos bahan kimia (demulsifier, h2s scavenger dan corrosion inhibitor) membuat sulit bernafas, pusing, iritasi mata dan saluran pernafasan
Pengukuran level cairan di dalam Pressure Vessel (PV)	Slips, Trips and fall on the same level	1e	Terpeleset atau terjatuh yang menimbulkan luka memar dan keseleo
Pengoperasian Pompa Transfer Produksi	Moving, falling and flying object	1f	Kejatuhan peralatan kerja yang dapat membuat cedera ringan - sedang dan juga menimbulkan kerusakan pada alat
Hydrocarbon Gas	Pressure Increase due to incoming gas lift pipeline fails closed	1g	Loss of Containment (LoPC) pada Gas Lift System
Object Under Load (Structure)	Marine Vessel Operation (Drive off or Drift off)	1h	Ship Collision on Platform
Intoxicated driving	Driving a vehicle	1i	Losing control over the vehicle
Jumping rope failure	Personel Transfer	1j	Man Over Board (MOB)

Penyebaran Kuesioner Likelihood dan Severity

Dilakukan penyebaran kuesioner guna memperoleh nilai likelihood dan severity index terhadap para ahli atau pakar di bidangnya. Temuan ditentukan menggunakan skala kemungkinan dan level keparahan melalui tabel risiko di bawah ini:

Tabel 2. Parameter “Probability/likelihood of hazard”

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
5	Almost certain	Terjadi setiap waktu
4	Likely	Selalu terjadi
3	Posibble	Kadang-kadang terjadi
2	Unlikely	jarang terjadi
1	Rare	Hampir tidak pernah terjadi

Sumber: (Arifin & Octaviani, 2022)

Tabel 3. Parameter “Severity of hazard”

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
5	Insignificant	Tidak ada yang salah, hanya kehilangan sedikit uang
4	Minor	kerugian kecil dalam bentuk uang dan tubuh
3	Moderate	Cedera ringan yang membutuhkan perhatian medis mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan.
2	Major	beberapa korban jiwa, kerugian finansial yang besar, dan gangguan produksi
1	Catastrophic	Kerusakannya sangat luas, banyak korban jiwa, kerugian finansial yang signifikan, dan aktivitas perusahaan benar-benar terpengaruh.

Sumber: (Arifin & Octaviani, 2022)

Penilaian Risiko

Setelah mengetahui penyebab munculnya risiko selama bekerja dan di ruang kerja, langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian risiko. Tahapan tersebut dilakukan agar menentukan seluas mana bahaya kerugian yang telah terjadi, untuk menentukan level/tingkat risiko dari setiap bahaya yang terkena dampak sebelumnya. Standar Australia/Standar Selandia Baru untuk Manajemen Risiko (*AS/NZS 3260*, 2004).

Tujuan dari analisis risiko adalah untuk mengukur risiko dengan memperhitungkan dampak potensial dan kemungkinan terjadinya. Hasil penelitian digunakan untuk menilai risiko yang dapat berpengaruh signifikan terhadap bisnis dan risiko yang kecil atau tidak ada sama sekali. Hasil analisis risiko dievaluasi dan dibandingkan menggunakan standar dan praktik yang ditentukan untuk menentukan apakah risiko dapat diterima atau tidak. Jika risiko diterima, maka harus dikelola dan dikendalikan dengan baik (Radiansyah et al., n.d.).

Dengan mengendalikan risiko dan bahaya akibat kerja, tujuan utama K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) adalah untuk mencegah kecelakaan, penyakit, dan cedera akibat kerja. Untuk membuat dan menerapkan tindakan pencegahan dan perlindungan yang tepat, prosedur identifikasi bahaya dan penilaian risiko harus diikuti untuk mengidentifikasi alasan yang berbahaya bagi pelaut, properti, dan lingkungan, terutama tempat kerja.

Matriks Penilaian Risiko HSSE

DAMPAK		PROBABILITY (LIKELIHOOD)				
LEVEL	DESCRIPTION	1	2	3	4	5
		0% < X < 20%	20% < X < 40%	40% < X < 60%	60% < X < 80%	80% < X < 100%
		<10 ⁻⁶ per year	10 ⁻⁶ to 10 ⁻⁵ per year	10 ⁻⁵ to 10 ⁻⁴ per year	10 ⁻⁴ to 1 per year	>1 per year
5	Catastrophic	5	10	15	20	25
4	Significant	4	8	12	16	20
3	Moderate	3	6	9	12	15
2	Minor	2	4	6	8	10
1	Insignificant	1	2	3	4	5

Gambar 1. Matriks Penilaian Risiko HSSE

Tabel 4. Identifikasi Risiko

Item Kegiatan	Bahaya	Kode	Identifikasi Risiko	S	LL	RR
Pemasangan dan penggantian jepitan sumur	Moving, falling and flying object	1a	Kejatuhan peralatan kerja yang dapat membuat cedera ringan - sedang dan juga menimbulkan kerusakan pada alat	2	3	6
Pengoperasian Sumur dengan membuka Manifold, Choke Prod dan Wing valve	Manual handling	1b	Kesalahan proses handling yang menyebabkan terkilir, keseleo, dan jari/tangan terluka	2	2	4
Mengukur tekanan tubing, casing, dan flowline sumur produksi	Moving, falling and flying object	1c	Kejatuhan peralatan kerja yang dapat membuat cedera ringan - sedang dan juga menimbulkan kerusakan pada alat	2	2	4
Pengukuran tekanan injeksi sumur	Chemical	1d	Efek dari terekspos bahan kimia (demulsifier, h2s scavenger dan corrosion inhibitor) membuat sulit bernafas, pusing, iritasi mata dan saluran pernafasan	2	2	4
Pengukuran level cairan di dalam Pressure Vessel (PV)	Slips, Trips and fall on the same level	1e	Terpeleset atau terjatuh yang menimbulkan luka memar dan keseleo	2	3	4
Pengoperasian Pompa Transfer Produksi	Moving, falling and flying object	1f	Kejatuhan peralatan kerja yang dapat membuat cedera ringan - sedang dan juga menimbulkan kerusakan pada alat	2	3	6
Hydrocarbon Gas	Pressure Increase due to incoming gas lift pipeline fails closed	1g	Loss of Containment (LoPC) pada Gas Lift System	5	4	20
Object Under Load (Structure)	Marine Vessel Operation (Drive off or Drift off)	1h	Ship Collision on Platform	5	4	20
Intoxicated driving	Driving a vehicle	1i	Losing control over the vehicle	1	3	3

Mengacu kepada metodologi identifikasi, 2 (dua) Major Accident Hazard (MAH)/ Bahaya Kecelakaan Besar yang teridentifikasi di Platform seperti yang ditunjukkan di dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5. Identifikasi Bahaya Kecelakaan

Code	Major Accident Hazard (MAH)	Threat No.	Cause	Major Accident Event (MAE)/ Top Event	Consequence	S	LLRR
li	Hydrocarbon Gas	1	Pressure Increase due to incoming gas lift pipeline fails closed	Loss of Containment (LoPC) pada Gas Lift System	Fire & Explosion Event Environmental Pollution	5	4 20
lj	Object Under Load (Structure)	1	Marine Vessel Operation (Drive off or Drift off)	Ship Collision on Platform	Platform Collapse	5	4 20

Konsekuensi yang timbul dari Hazard seperti tertuang dalam tabel di atas adalah Fire & Explosion, Environmental Pollution dan Platform Collapse (Asset Damage) yang teridentifikasi memiliki Severity Level 5 di Initial Risk nya berdasarkan penilaian kajian HAZID dan HAZOP. Sehingga konsekuensi tersebut dinilai memiliki dampak yang serius dan telah dikategorikan sebagai Major Accident Hazard (MAH).

Analisis Risiko

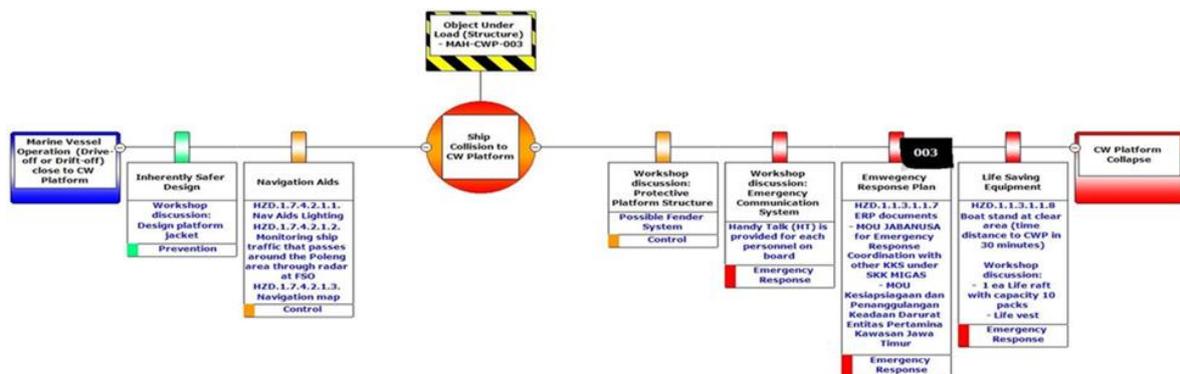
Dari hasil analisis major accident maka dapat dihasilkan Risk Register untuk scenario tabrakan antara kapal dengan platform offshore, yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Analisis Risk Register MAH Ship Collision on Platform

Tabel 6. Analisis Risk Register MAH Ship Collision on Platform

Deskripsi MAH (Description)	Penyebab (Cause)	Rencana Pengelolaan MAH (MAH Barrier) Prevention	MAH Event	Rencana Pengelolaan MAH (MAH Barrier)				Tingkat Risiko Residual (Residual Risk Level)	Remarks
				Detection	Control	Mitigation	Recovery		
Collision Boat & Platform. Dynamic Situation. Hazards, On-water transport (Boating). MAH No. : MAH-CWP-003 Object Under Load (Structure)	marine Vessel Operation (Drive off or Drift off) close to CW Platform	1. Inherently Safer Design (ISD)	Ship Collision		1. Navigation Aids → Nav Aids Lighting → Monitoring ship traffic → Navigation map 2. Protective Platform Structure → Possible Fender System		1. Emergency Communication System → HT 2. Life Saving Equipment → Boat → Medic → Life Raft → Life Vest	Severity : 5 Probability : 4 Risk Level : 20	

Hazard Reference: N-1.7.4 On-water

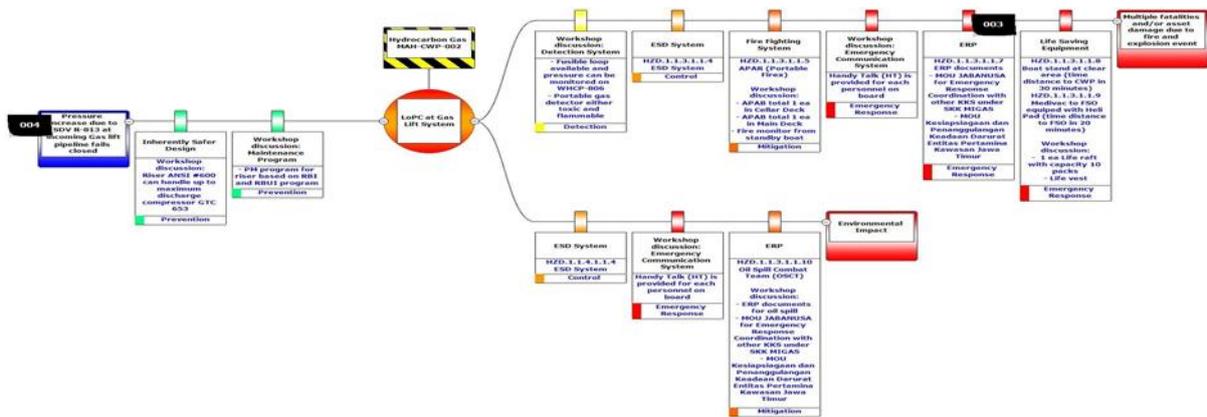


Gambar 2. Diagram Bowtie 1g Ship Collision on Platform

Analisis Risk Register MAH Hydrocarbon Gas

Tabel 7. Analisis Risk Register MAH Hydrocarbon Gas

Deskripsi MAH (Description)	Penyebab (Cause)	Rencana Pengelolaan MAH (MAH Barrier) Prevention	MAH Event	Rencana Pengelolaan MAH (MAH Barrier)				Tingkat Risiko Residual (Residual Risk Level)	Remarks
				Detection	Control	Mitigation	Recovery		
MAH No. : MAH-CWP-002 Hydrocarbon Gas Hazard Reference: N-1.1.4. Hydrocarbon gas	pressure Increase due to SDV R-813 at incoming Gas lift pipeline fails closed	1. Inherently Safer Design (ISD) -> Riser ANSI #600 cm handle up to maximum discharge compressor GTC 653 2. Maintenance Program -> PM program for flowline based on RBI and RBUI program	Loss of containment Gas	1. Detection System -> Fusible loop available and pressure cable monitored on WHCP-806 -> Portable gas detector either toxic and flammable	1. Protective Instrument -> PAHH 653-D set @1800 psig will trip Compressor GTC 653 -> TAHH 653-B set @350°F will trip Compressor GTC 653 2. ESD System 3. Secondary Containment -> Plating under MPPM (M-802), Production Header & Test Header	1. Fire Fighting System -> APAR (portable Firex): APAB total 1ea in Cellar Deck APAB total 1ea in Main Deck	1. Emergency Communication System -> Handy talk (HT) is provided for each personnel on board 2. Life Saving Equipment -> Boat stand at clear area (time distance to CWP in 30 minutes) -> Medivic to FSO Equipped with Heli Pad (Time Distance to FSO in 20 minutes) -> 1x Life Raft with capacity 10 packs -> Life Vest 3. ERP -> Oil Spill Combat Team (OSCT)	Severity : 5 Probability : 2 Risk Level : 10	
MAH No. : MAH-CWP-003 Object Under Load (Structure) Hazard Reference: N-1.7.4. On-water transport (Boating)	marine Vessel Operation (Drive oof or Drift off) close to CW Platform	1. Inherently Safer Design (ISD) -> Design platform jacket	Ship Collision	1. Navigation Aids -> Nav Aids Lighting -> Monitoring ship traffic that passes around the Poling area through radar at FSO -> Navigation map 2. Protective Structure -> Possible Fender System	1. Emergency Communication System -> Handy talk (HT) is provided for each personnel on board 2. Life Saving Equipment -> Boat stand at clear area (time distance to CWP in 30 minutes) -> Medivic to FSO Equipped with Heli Pad (Time Distance to FSO in 20 minutes) -> 1x Life Raft with capacity 10	Severity : 5 Probability : 1 Risk Level : 5			



Gambar 3. Diagram Bowtie 1j Ship Collision on Platform

5. KESIMPULAN

Platform offshore menghadapi dua risiko utama kategori Major Accident Hazard: (1) tabrakan kapal dengan platform akibat manuver operasional, dan (2) kebocoran gas hidrokarbon pada fasilitas produksi. Untuk risiko tabrakan kapal, langkah pencegahan meliputi pemasangan pelindung benturan, lampu navigasi, dan koordinasi jadwal kapal, sedangkan penanganannya mencakup penggunaan fender system dan prosedur evakuasi. Sementara untuk kebocoran gas, mitigasinya berupa desain ulang fasilitas sesuai standar ANSI 600, pemeliharaan rutin, serta instalasi sistem deteksi gas dan emergency shutdown.

Jika terjadi insiden, langkah pertama adalah mengaktifkan sistem komunikasi darurat dan mobilisasi tim tanggap darurat. Untuk tabrakan kapal, dilakukan manuver pengalihan menggunakan fender system. Pada kasus kebocoran gas, digunakan alat pemadam kebakaran (APAR/APAB). Jika situasi memburuk, prosedur evakuasi dengan life jacket dan medical evacuation segera dijalankan. Seluruh protokol dirancang untuk meminimalkan dampak sekaligus memastikan keselamatan personel..

DAFTAR REFERENSI

- Alifianti, A. F., Hardiyono, H., & Ramdan, M. (2024). Analisa risiko kecelakaan kerja pada PT Expro Indonesia Balikpapan Base. *Identifikasi*, 10(1), 161–167.
- Arifin, M. D., & Octaviani, F. (2022). Occupational health and safety analysis using HIRA and AS/NZS 4360:2004 standard at XYZ shipyard. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 7(3), 145–152.
- AS/NZS 4360. (2004). *Risk management standard*. Standards Australia International.
- Dhaifullah, D. H. (2020). *Analisis Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) di Rig A Wellservice PT. XYZ Tahun 2022* [Skripsi, Universitas Binawan].
- Fauzan, D. A. (2011). *ISO/IEC Guide 73:2009*.
- Kartika, E., Rahayu, E. P., & Zaman, K. (2022). Analisis manajemen risiko dengan metode AS/NZS 4360:2004 pada tangki timbun minyak di Riau: Risk management analysis with AS/NZS 4360:2004 method on oil storage tank at Riau. *Afiasi: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1), 218–226.
- Kosim, M. E., & Hernawati, T. (2025). Penyusunan HSSE Plan PT Mulia Graha Abadi pada kontrak pengadaan jasa perbaikan dan instalasi wellhead lengkap dengan aksesorisnya di PT Pertamina EP Zona 4. *Journal Industrial Manufacturing*, 10(1), 1–14.
- Maharani, A. I., Aziza, A. H., Lubis, A. F., & Zaharani, Y. T. (2024). Manajemen risiko industri minyak bumi dan gas pada proses industri dan manajemen risiko. *Environment Conflict*, 1(1).
- Masuroh, J., Prabowo, F. G., Danti, G. A., Rosari, C., & Hardian, M. R. (2024). Rancangan risk register kategori lingkungan untuk meningkatkan manajemen risiko di Pertamina International Shipping. *Indonesian Conference of Maritime*, 501–532.
- Muhammad, A. W., & Purwanggono, B. (2024). Analisis potensi bahaya dengan menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) pada bagian warehouse PT XYZ. *Industrial Engineering Online Journal*, 14(1).
- Mukhlis, E. N. A., Judijanto, L., Sukma, F. H., Sari, H. P. R., Munizu, M., & Sinulingga, G. (2024). *Enterprise risk management: Teori dan implementasi manajemen risiko*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Novianti, T., & Tp, S. (2021). *Manajemen risiko*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).

- Papageorgiou, P., Dermatis, Z., Anastasiou, A., Liargovas, P., & Papadimitriou, S. (2024). Using a proposed risk computation procedure and bow-tie diagram as a method for maritime security assessment. *Transportation Research Record*, 2678(2), 318–339.
- Pradesa, H. A., Purba, C. O., & Priatna, R. (2021). Menilai risiko dari organisasi yang bertransformasi: Pelajaran terbaik untuk penguatan akuntabilitas pendidikan tinggi di Indonesia. *Jurnal Akuntabilitas Manajemen Pendidikan*, 9(2), 146–158.
- Purwanto, S. I. R., Safrudin, Y. N., & Susanto, H. (2024). Perancangan sistem pengendalian risiko menggunakan simplified bowtie analysis pada fasilitas FSO Federal II di PT XYZ. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(5), 1795–1805.
- Puspita, A., Finanta, D., & Sinulingga, C. R. I. (2025). Analisis penerapan manajemen risiko terhadap kecelakaan kerja di sektor manufaktur. *Journal Sains Student Research*, 3(1), 258–263.
- Putri, N. F. R. (2023). *Analisis risiko kecelakaan kerja menggunakan metode Bowtie pada proyek Sunset Quay A Makassar* [Skripsi, Universitas Hasanuddin].
- Radiansyah, A., Baroroh, N., Fatmah, F., Hulu, D., Syamil, A., Siswanto, A., & Nugroho, F. (n.d.). *Manajemen risiko perusahaan: Teori & studi kasus*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Septian, D. R. (2023). *Analisis risiko kecelakaan kerja pemeliharaan refrigerant compressor menggunakan metode FMEA dan HIRADC (Studi kasus PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap)* [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].
- Sudarsana, D. K., Widhiawati, I. A. R., Jaya, I. N. M., & Mgt, M. C. (2023). *Buku ajar: Manajemen keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan (MK3L)*. Kaizen Media Publishing.
- Widodo, I. D. S. (n.d.). *Keselamatan dan kesehatan kerja: Manajemen dan implementasi K3 di tempat kerja*. Sibuku.