



Implementasi Metode Bowtie dalam Evaluasi Risiko Keselamatan Kerja pada Penggantian Jetty Fender: Studi Kasus di PT. Donggi Senoro LNG

The Implementation of Bowtie Method in Evaluating Occupational Safety Risks in Jetty Fender Replacement: A Case Study at PT. Donggi Senoro LNG

Muhammad Akmal¹⁾, Muhammad Nusran²⁾, Taufik Nur³⁾, Asrul Fole^{*4)}

¹²³⁴⁾ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

Email: akmal.anaogi@gmail.com¹⁾, muhammad.nusran@umi.ac.id²⁾, taufik.nur@umi.ac.id³⁾, asrulfole@umi.ac.id^{*4)}

Informasi Artikel

Diterima:
Submitted
23/12/2025

Disetujui:
Accepted
22/04/2026

Diterbitkan:
Published
30/04/2026

*) Asrul Fole
asrulfole@umi.ac.id

Abstrak

PT. Donggi Senoro LNG, sebuah produsen dan eksportir LNG terkemuka di Indonesia, telah menegaskan komitmennya terhadap keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sesuai dengan visi perusahaan sebagai penyedia LNG yang aman dan terpercaya. Dalam konteks infrastruktur pengapalan LNG yang krusial, seperti jetty fender, perlindungan kapal dan struktur jetty dari kerusakan selama proses labuh menjadi perhatian utama. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis risiko keselamatan kerja terkait penggantian Jetty Fender menggunakan metode Bowtie. Hasil penelitian menunjukkan adanya 21 aktivitas berpotensi risiko dan 4 risiko prioritas, termasuk potensi kebakaran dan ledakan, personil terjepit, tertimpa material atau peralatan, serta terjatuh ke laut. Rekomendasi pengendalian yang diusulkan mencakup inspeksi peralatan, detektor kebocoran, serta koordinasi tim guna memperkuat aspek keamanan. Dengan pendekatan yang terintegrasi, termasuk instruksi kerja yang komprehensif dan pelatihan yang tepat, PT. Donggi Senoro LNG berkomitmen menjadikan keselamatan kerja sebagai prioritas utama selama proyek penggantian Jetty Fender, sejalan dengan visi perusahaan sebagai penyedia LNG yang aman dan terpercaya.

Kata kunci: Jetty Fender, Bowtie, Risiko, Keselamatan Kerja

Abstract

PT. Donggi Senoro LNG, a leading LNG producer and exporter in Indonesia, has reaffirmed its commitment to occupational health and safety (K3) in line with the company's vision to be a safe and reliable LNG provider. In the context of crucial LNG shipping infrastructure such as jetty fenders, safeguarding ships and jetty structures from damage during mooring processes is of paramount importance. This research aims to conduct a safety risk analysis related to the replacement of Jetty Fenders using the Bowtie method. The research findings indicate 21 activities with potential risks and 4 priority risks, including fire and explosion hazards, personnel entrapment, being struck by materials or equipment, and falling into the sea. Proposed control recommendations include equipment inspections, leak detectors, and team coordination to strengthen safety aspects. Through an integrated approach involving comprehensive work instructions and appropriate training, PT. Donggi Senoro LNG is committed to prioritizing workplace safety during the Jetty Fender replacement project, aligning with the company's vision as a safe and trustworthy LNG provider.

Keywords: Jetty Fender, Bowtie, Risk, Occupational Safety

Copyright © 2026, Journal of Industrial Engineering Innovation Page | 33



Lisensi: cc-by-sa



Pendahuluan

Liquefied Natural Gas (LNG) memegang peran penting dalam lanskap energi global, menjadi alternatif bersih terhadap bahan bakar fosil tradisional (Botão et al., 2023; Litvinenko, 2020). Dengan penekanan yang semakin meningkat pada pengurangan emisi karbon, LNG muncul sebagai komponen krusial dalam transisi menuju masa depan energi yang lebih berkelanjutan (Simpa et al., 2024). Negara-negara produsen LNG utama seperti Qatar, Australia, dan Amerika Serikat telah berkontribusi secara signifikan terhadap pertumbuhan pasar LNG global, memenuhi permintaan yang semakin meningkat akan sumber energi bersih di seluruh dunia (Zou et al., 2022).

Indonesia, sebagai eksportir LNG terkemuka, berperan penting di pasar global (Butarbutar et al., 2022). Cadangan gas alam melimpah menjadikan negara ini pemain kunci dalam produksi dan ekspor LNG (Parwatha et al., 2022). Fasilitas LNG seperti di Bontang, Tangguh, dan Arun, mendukung kebutuhan energi domestik dan internasional (Utama et al., 2024). Sulawesi, pusat penting industri LNG, dengan peranan strategis dan kontribusi ekonomi lokal yang signifikan. LNG menjadi pilar vital dalam skala global dan lokal, terus berkembang demi energi bersih (Gati et al., 2022; Machfudiyanto et al., 2023).

Keselamatan kerja dalam industri LNG sangat penting karena proses produksi dan transportasinya berisiko tinggi, seperti kebakaran, ledakan, dan kebocoran gas (Palestini & Sassu, 2021). Penerapan standar keselamatan yang ketat adalah kunci untuk melindungi pekerja, mengurangi risiko kecelakaan, dan menjaga kelancaran operasi (Animah & Shafiee, 2020; Fole & Mujaddid, 2023). Pelatihan, pemahaman prosedur keselamatan, dan penggunaan peralatan pelindung diri yang tepat sangat vital dalam mencegah kecelakaan kerja (Fole, 2023).

Keselamatan kerja tidak hanya melindungi pekerja, tetapi juga meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional (Kusrini et al., 2022). Lingkungan kerja yang aman menciptakan motivasi dan mempererat hubungan perusahaan-karyawan (Malik et al., 2024). Prioritas keselamatan kerja dalam industri LNG mencerminkan tanggung jawab sosial perusahaan dan keberlanjutan lingkungan. Menjaga keselamatan kerja adalah investasi jangka panjang yang krusial bagi industri LNG, memastikan operasi yang bertanggung jawab dan berkelanjutan (Adekoya et al., 2024).

PT. Donggi Senoro LNG (DSLNG), sebagai produsen dan eksportir LNG di Indonesia, menegaskan komitmennya terhadap keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sejalan dengan visi perusahaan untuk menjadi penyedia LNG yang aman dan terpercaya (Samrain et al., 2024). Fokus pada infrastruktur pengapalan LNG, seperti jetty fender, menjadi krusial dalam melindungi kapal dan struktur jetty dari kerusakan selama proses labuh.

Jetty fender adalah bantalan vital di depan dermaga yang mencegah kerusakan pada kapal dan jetty akibat benturan atau gesekan saat berlabuh. Serupa dengan pelindung kendaraan, fungsinya disesuaikan untuk kapal dengan material seperti karet, busa, atau logam yang menyerap energi benturan (Putri, 2023). Penggantian fender, baik dalam perawatan rutin maupun tidak terencana, menantang dalam mengurangi risiko keselamatan kerja. Proses ini melibatkan banyak pekerja, baik internal maupun kontraktor luar, dengan penggunaan peralatan berat, perancah, akses terbatas, pekerjaan panas, dan risiko paparan bahan berbahaya. Manajemen risiko yang efektif menjadi krusial untuk mencegah kecelakaan atau insiden serius dalam penggantian jetty fender (Abdelwahab et al., 2024).

Pada penilaian kinerja K3 dan pemeriksaan dokumen kerja di DSLNG, terdapat kekurangan dalam mengenali potensi bahaya dan risiko, serta mencatat insiden





hampir kecelakaan, situasi tidak aman, dan perilaku berisiko. Insiden-insiden dengan tingkat keparahan yang rendah hingga sedang sering terjadi saat merawat jetty fender, seperti kejepitan jari, cedera dari palu, jatuh ke laut, luka kulit karena percikan api, dan kerusakan harta benda. Dalam konteks yang kompleks dari penggantian jetty fender, pemahaman dan identifikasi risiko di setiap tugas menjadi sangat penting guna mencapai standar keselamatan kerja yang optimal di lingkungan kerja (Gao et al., 2021).

Penelitian sebelumnya tentang evaluasi risiko keselamatan kerja telah memberikan wawasan berharga terkait faktor-faktor keselamatan di lingkungan kerja, menyoroti pentingnya identifikasi bahaya, analisis risiko, dan pencegahan kecelakaan (Yuan et al., 2024). Studi-studi ini menegaskan peran budaya keselamatan, pelatihan, pemeliharaan peralatan, serta kepatuhan pada prosedur keselamatan dalam menciptakan tempat kerja yang aman (Derdowski & Mathisen, 2023). Penelitian dengan metode Bowtie turut memberikan pemahaman mendalam terhadap risiko kerja, menekankan kolaborasi manajemen-pekerja, teknologi canggih, dan pemantauan kondisi kerja untuk meningkatkan standar keselamatan (Dewi et al., 2024). Hasil-hasil ini memberikan landasan untuk langkah-langkah preventif proaktif dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi seluruh anggota organisasi (Nam & Yoo, 2023).

Metode Bowtie dipilih karena dapat menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif yang mendalam, memungkinkan identifikasi risiko komprehensif dan penilaian dampaknya. Kolaborasi antara manajemen dan pekerja membangun budaya keselamatan yang kokoh. Integrasi teknologi canggih memperbaiki efisiensi evaluasi risiko dan pemantauan kondisi kerja secara real-time (Almeida et al., 2023). Berdasarkan penjelasan di atas, maka kebaruan pada penelitian ini adalah dengan menerapkan metode Bowtie yang mendukung implementasi langkah-langkah preventif yang proaktif dan efektif, menciptakan lingkungan kerja yang aman,

produktif, dan berkelanjutan bagi semua tenaga kerja pada penggantian jetty fender di DSLNG.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi risiko keselamatan kerja yang terkait dengan penggantian Jetty Fender menggunakan metode Bowtie di lingkungan kerja DSLNG. Dengan menerapkan metode Bowtie memberikan keuntungan pada perusahaan berupa peningkatan kolaborasi antara manajemen dan pekerja, memperkuat budaya keselamatan, serta meningkatkan efisiensi evaluasi risiko melalui integrasi teknologi canggih untuk pemantauan kondisi kerja secara real-time. Hal ini diharapkan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, produktif, dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif pada penyelesaian masalahnya. Dengan menerapkan metode Bowtie, yang dilakukan pada penggantian jetty fender di di *Maintenance Workshop* PT. Donggi Senoro LNG yang berlokasi di Uso, Batui, Banggai, Sulawesi Tengah, dengan waktu kurang lebih satu bulan. Data yang digunakan berupa wawancara kepada para ahli K3 dan pekerja internal yang terkait dengan risiko kecelakaan kerja saat penggantian Jetty Fender. Data kuesioner survei pendahuluan bertujuan memvalidasi relevansi variabel risiko kecelakaan kerja, sementara kuesioner survei utama mengidentifikasi tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan keparahan (*severity*) risiko.

Proses analisis data dengan menggunakan metode Bowtie dilakukan berdasarkan beberapa tahapan yaitu identifikasi proses penggantian jetty fender, identifikasi risiko, penilaian tingkat risiko pada *likelihood* dan *severity*, rekapitulasi tingkat risiko, analisis metode Bowtie yaitu pembuatan diagram bowtie, identifikasi penyebab dan dampak serta pengendalian risiko. Hasil analisis ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai manajemen risiko keselamatan kerja selama penggantian Jetty Fender.





Hasil dan Pembahasan

Hasil Penentuan Kegiatan Penggantian Jetty Fender

Pada penentuan kegiatan penggantian jatty fender, dilakukan dengan proses wawancara dan diskusi pada pihak DSLNG. Adapun hasil kegiatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Kegiatan Penggantian Jetty Fender

Table with 2 columns: No, Pernyataan Kegiatan. It lists 8 activities related to the jetty fender replacement process, such as mobilizing equipment, unloading/loading materials, crane adjustments, and installation of new fenders.

Table with 2 columns: No, Pernyataan Kegiatan. It shows activity 9: Pelepasan dan pengangkatan fender yang lama (yang diganti) and Pengangkatan dan pemasangan fender yang baru beserta aksesoris.

Sumber :data peroleh 2024

Pada tabel 1 diatas, diketahui jumlah kegiatan yang dilakukan pada proses penggantian jetty fender yaitu 9 aktifitas dengan pada aktivitas 1, 2,3, 5, dan 9 terdapat dua aktivitas kegiatan.

Hasil Identifikasi Risiko Pada Aktivitas Penggantian Jetty Fender

Pada tahap identifikasi risiko dalam penggantian jetty fender, dilakukan dengan penialian oleh ahli K3 lapangan terhadap bahaya dan risiko yang relevan pada penggantian jetty fender. Hasil identifikasi risiko dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Penentuan Identifikasi Risiko

Table with 4 columns: No, Bahaya, Risiko, Kode. It lists 10 identified risks, such as equipment falling, crane accidents, and manual handling errors, with corresponding risk codes like A1, B1, C3, D1, D2, D3, D5, and E1.



Lisensi: cc-by-sa



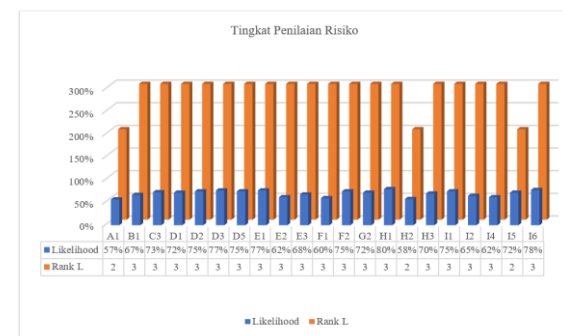
No	Bahaya	Risiko	Kode
	Perancah scaffolding tidak terpasang sesuai dengan desain yang sudah diperhitungkan dan ambruk/runtuh saat digunakan	Personil terjatuh ke laut.	E2
	Bekerja di atas permukaan yang terbatas dan tidak rata	Personil dan peralatan / material terjatuh ke laut.	E3
6	Kesalahan pemasangan aksesoris alat angkat sehingga terjadi kegagalan.	Personil tertimpa material / peralatan	F1
	Bekerja di atas permukaan yang tidak rata dan di atas permukaan laut	Personil dan peralatan/material jatuh ke laut.	F2
7	Bekerja di atas permukaan kapal dan dermaga tanpa pembatas	Personil terjatuh ke laut	G2
8	Gas yang mudah terbakar, api dan percikan dari alat pemotong (cutting torch)	Potensi kebakaran dan ledakan serta percikan mengenai personil	H1
	Pergerakan tidak terbaca dan terkontrol dari rantai yang dipotong	Rantai menghantam personil	H2
	Bekerja di atas permukaan yang tidak rata dan di atas permukaan laut	Personil dan peralatan / material jatuh ke laut.	H3
9	Penggunaan power tools, palu dan kunci-kunci yang besar dan berat, alat-alat mekanis serta bahan kimia.	Palu / kunci meleset, kegagalan powertools dan alat mekanis, terpapar bahan kimia, dan area rawan terjepit	I1
	Pergerakan tidak terbaca dan terkontrol dari kapal / fender setelah semua baut terlepas / ataupun saat pemasangan fender baru.	Pekerja terjepit atau terjatuh ke laut	I2
	Objek yang berat (rantai, aksesoris alat angkat, baut, dll)	Personil tertimpa material / peralatan	I4
	Kegagalan crane kapal pengangkat	Personil tertimpa material / peralatan	I5
	Bekerja di atas permukaan yang tidak rata dan di atas permukaan laut, serta di atas perancah scaffolding	Personil dan peralatan / material terjatuh ke laut.	I6

Sumber : data diolah 2024

Pada tabel 2 diatas, dapat dilihat bahwa aktivitas 1 memperoleh satu bahaya dan risiko yang diberi kode A1, aktivitas 2 memperoleh satu bahaya dan risiko yang diberi kode B1, aktivitas 3 memperoleh satu bahaya dan risiko yang diberi kode C1, aktivitas 4 memperoleh empat bahaya dan risiko yang diberi kode D1,D2,D3,D4. Pada aktivitas 5 memperoleh tiga bahaya dan risiko yang diberi kode E1, E2, E3, aktivitas 6 memperoleh dua bahaya dan risiko yang diberi kode F1, F2, aktivitas 7 memperoleh satu bahaya dan risiko yang diberi kode G2, aktivitas 8 memperoleh tiga bahaya dan risiko yang diberi kode H1, H2,H3, aktivitas 9 memperoleh enam bahaya dan risiko yang diberi kode I1,I2,I3,I4,I5,I6. Berdasarkan hasil penialian diperoleh dari 9 aktifitas menjadi 21 bahaya dan risiko pada penggantian jety fender di DSLNG.

Hasil Penilaian Risiko Terhadap Likelihood dan Severity Pada Penggantian Jetty Fender

Pada tahap penilaian risiko terhadap tingkat kemungkinan dan tingkat keparahan risiko dinilai berdasarkan skala penialian yaitu 0 : *Extremely Ineffective* = 0% < SI ≤ 20%, 1 : *Ineffective* = 20% < SI ≤ 40%, 2 : *Moderately Effective* = 40% < SI ≤ 60%, 3 : *Very Effective* = 60% < SI ≤ 80%, dan 4 : *Extremely Effective* = 80% < SI ≤ 100%. Adapun hasil penilaian dapat dilihat dibawah ini.



Sumber: data diolah 2024

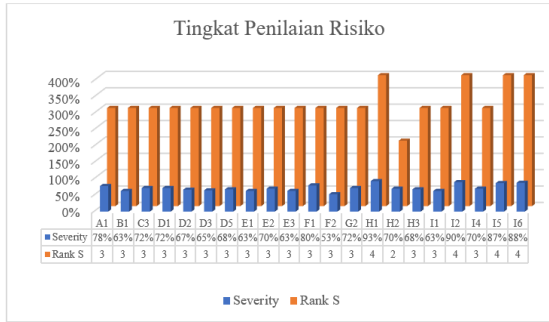
Gambar 1. Hasil Penentuan Tingkat Kemungkinan Risiko



Lisensi: cc-by-sa



Pada gambar 1 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan tingkat kemungkinan risiko pada penggantian jetty fender. Diperoleh tiga aktivitas risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 2 yaitu A1, H2, I5. Kemudian untuk delapanbelas aktivitas memperoleh skoring sebanyak 3.



Sumber: data diolah 2024

Gambar 2. Hasil Penentuan Tingkat Keparahan Risiko

Pada gambar 2 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan tingkat keparahan risiko pada penggantian jetty fender. Diperoleh satu aktivitas risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 2 yaitu H2, tujuhbelas aktivitas risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 3, dan empat risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 4 yaitu H1, I2, I5, I6.

Rekapitulasi Hasil Kategori Risiko Pada Penggantian Jetty Fender

Pada penentuan rekapitulasi hasil kategori penggantian jetty fender dengan menggunakan tabel kategori matriks risiko. Adapun hasil plot kategori risiko berdasarkan warna hijau mewakili rendah yaitu perlu aturan/prosedur/ rambu, warna kuning mewakili sedang yaitu perlu tindakan langsung, warna merah mewakili tinggi yaitu perlu perencanaan pengendalian, dan warna ungu mewakili ekstrim yaitu perlu perhatian dari manajemen atas dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 3. Kategori Hasil Matriks Risiko

Likelihood	Severity				
	1	2	3	4	5



Lisensi: cc-by-sa

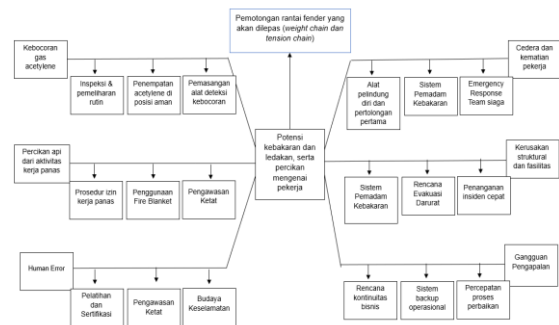
4					
3					
2			B1,C3,D1,D2, D3,D5,E1,E2, E3,F1,F2,G2, H3, I1,I4	H1, I2, I6	
1		H2	A1	I5	
0					

Sumber: data diolah 2024

Pada tabel 3 diatas, dapat dilihat bahwa berdasarkan kategori hasil matriks risiko diperoleh 17 aktivitas risiko berada di area kuning yaitu perlu tindakan penanganan langsung risiko yang dialami. Selanjutnya terdapat 4 aktivitas pada area merah yaitu perlu perencanaan pengendalian risiko pada proses penggantian jetty fender.

Hasil Penentuan Metode Bowtie

Pada penentuan analisis metode Bowtie untuk mencari suber penyebab (*Causes*), dampak (*Effects*), dan koontrol (*Control Measure Prevention* dan *Control Measure Mitigation*) dan kategori tertinggi dalam penilaian matriks risiko. Hasil penentuan metode Bowtie dengan menggunakan diagram bowtie dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



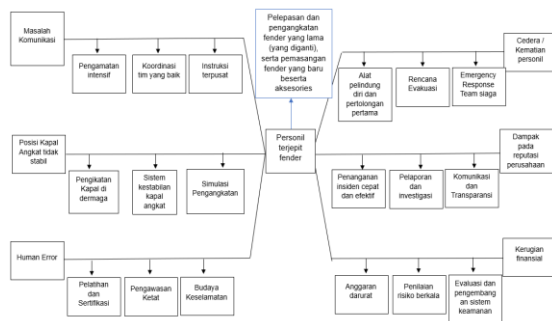
Sumber: data diolah 2024

Gambar 3. Hasil Penentuan Diagram Bowtie H1

Pada gambar 3 diatas, dapat dilihat bahwa risiko kebocoran gas acetylene (H1) akan memicu terjadinya ledakan atau kebakaran pada proses penggantian jetty fender. Penyebab pertama adalah kebocoran

gas *acetylene* sendiri, dengan pengendalian berupa inspeksi dan pemeliharaan peralatan, penempatan tabung gas *acetylene* diposisi aman, dan pemasangan detektor kebocoran. Penyebab kedua adalah percikan api dari aktivitas pekerjaan panas dengan pengendalian berupa prosedur ijin kerja, menggunakan *fire blanket*, dan pengawasan ketat. Penyebab ketiga adalah *human error* atau kelalihan yang diakibatkan manusia, dengan pengendalian berupa mengadakan pelatihan dan sertifikasi, pengawasan yang ketat, dan membudayakan perilaku K3.

Selanjutnya dampak pertama dari H1 adalah cedera dan kematian pekerja, dengan pengendalian berupa tersedianya APD dan peralatan pertolongan pertama, tersedianya sistem pemadam kebakaran, dan tersedianya *emergency response team siaga*. Dampak yang kedua adalah kerusakan struktural pada jetty dan fasilitas sekitarnya, dengan pengendalian berupa tersedianya sistem pemadam kebakaran, tersedianya rencana evakuasi darurat, dan penanganan insiden cepat dan efektif dalam kondisi darurat.



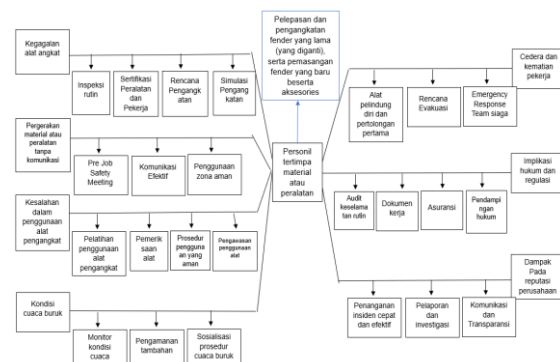
Sumber: data diolah 2024

Gambar 4. Hasil Penentuan Diagram Bowtie I2

Pada gambar 4 diatas, dapat dilihat bahwa risiko personil terjepit fender (I2) terjadi pada beberapa kondisi seperti kesalahan komunikasi antar pekerja, posisi kapal angkat yang tidak stabil, dan *human error*. Penyebab pertama adalah masalah komunikasi, dengan pengendalian berupa pengamatan intensif, koordinasi tim yang baik, dan instruksi

terpusat. Penyebab kedua adalah posisi kapal angkat tidak stabil, dengan pengendalian berupa pengikatan kapal didermaga, sistem kestabilan kapal angkat dan simulasi pengangkatan sebelum diaplikasikan. Penyebab ketiga adalah *human error* atau kelalihan yang diakibatkan manusia, dengan pengendalian berupa mengadakan pelatihan dan sertifikasi, pengawasan yang ketat, dan membudayakan perilaku K3.

Selanjutnya dampak pertama pada risiko I2 adalah cedera pada personil, dengan pengendalian berupa tersedianya APD dan peralatan pertolongan pertama, tersedianya sistem pemadam kebakaran, dan tersedianya *emergency response team siaga*. Dampak yang kedua adalah berdampak pada reputasi perusahaan, dengan pengendalian berupa penanganan insiden cepat, pelaporan dan investigasi, komunikasi dan transportasi. Dampak yang ketiga adalah kerugian finansial, dengan pengendalian berupa anggar darurat, penilaian resiko berkala, dan evaluasi pengembangan sistem keamanan.



Sumber: data diolah 2024

Gambar 5. Hasil Penentuan Diagram Bowtie I5

Pada gambar 5 diatas, dapat dilihat bahwa risiko personil tertimpa material atau peralatan (I5) diakibatkan pada beberapa kondisi yaitu kegagalan alat angkat, pergerakan dan pengangkatan material / peralatan tanpa komunikasi, kesalahan dalam penggunaan alat angkat, serta kondisi lingkungan tidak aman (cuaca buruk). Penyebab pertama adalah



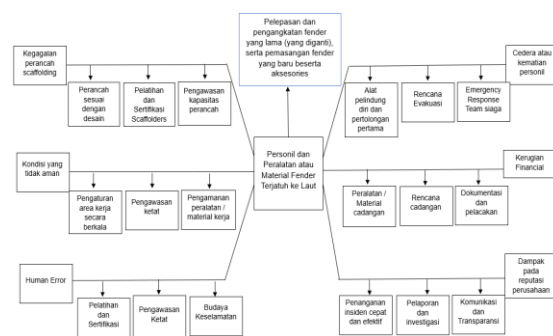
Lisensi: cc-by-sa

kegagalan alat angkat, dengan pengendalian berupa inspeksi rutin, sertifikasi peralatan dan pekerja, rencana pengangkatan, dan simulasi pengangkatan sebelum dilakukan kegiatan. Penyebab kedua adalah pergerakan material atau peralatan tanpa komunikasi, dengan pengendalian berupa *pre-job safety meeting*, komunikasi efektif, dan penggunaan zona aman. Penyebab ketiga adalah kesalahan penggunaan alat pengangkat, dengan pengendalian berupa pelatihan penggunaan alat pengangkat, pemeriksaan alat pengangkat, prosedur penggunaan yang aman, dan pengawasan penggunaan alat. Penyebab keempat adalah kondisi cuaca buruk, dengan pengendalian berupa memonitor kondisi cuaca, pengamanan tambahan, dan sosialisasi prosedur cuaca buruk.

Selanjutnya dampak pertama pada risiko I5 adalah cedera pada personil atau kematian, dengan pengendalian berupa tersedianya APD dan peralatan pertolongan pertama, tersedianya sistem pemadam kebakaran, dan tersedianya *emergency response team siaga*. Dampak kedua adalah implikasi hukum dan regulasi, dengan pengendalian berupa audit keselamatan rutin, dokumen kerja, asuransi, dan pendampingan hukum. Dampak yang ketiga adalah berdampak pada reputasi perusahaan, dengan pengendalian berupa penanganan insiden cepat, pelaporan dan investigasi, komunikasi dan transportasi.

Pada gambar 6 diatas, dapat dilihat bahwa risiko personil dan peralatan atau material fender terjatuh ke laut (I6) diakibatkan beberapa kondisi yaitu kegagalan perancah scaffolding, kondisi yang tidak aman, dan kelalaian manusia. Penyebab pertama adalah kegagalan perancah scaffolding, dengan pengendalian berupa perancah sesuai dengan desain, pelatihan dan sertifikasi Scaffolders, dan pengawasan kapasitas perancah. Penyebab kedua adalah kondisi yang tidak aman, dengan pengendalian berupa pengaturan area kerja secara berkala, pengawasan ketat, dan pengamanan pemasangan material kerja. Penyebab ketiga adalah *human error* atau kelalaian yang diakibatkan manusia, dengan pengendalian berupa pelatihan dan sertifikasi, pengawasan ketat, dan budaya keselamatan.

Selanjutnya dampak pertama pada risiko I6 adalah cedera atau kematian personil, dengan pengendalian berupa tersedianya APD dan peralatan pertolongan pertama, tersedianya sistem pemadam kebakaran, dan tersedianya *emergency response team siaga*. Dampak kedua adalah kerugian finansial, dengan pengendalian berupa anggaran darurat, penilaian resiko berkala, dan evaluasi pengembangan sistem keamanan. Dampak yang ketiga adalah berdampak pada reputasi perusahaan, dengan pengendalian berupa penanganan insiden cepat, pelaporan dan investigasi, komunikasi dan transportasi.



Sumber: data diolah 2024

Gambar 6. Hasil Penentuan Diagram Bowtie I6

Pembahasan

Berdasarkan hasil identifikasi risiko pada penggantian jetty fender, terdapat 9 aktivitas yang berpotensi menimbulkan risiko. Selanjutnya, hasil identifikasi bahaya dan risiko pada aktivitas penggantian jetty fender diajukan dalam 29 bahaya dan risiko sesuai dengan kondisi lapangan yang diperoleh dari penilaian ahli K3 menunjukkan adanya 21 bahaya dan risiko yang dianggap mewakili risiko pada penggantian jetty fender.

Pada penentuan penilaian risiko diperoleh kemungkinan risiko berdasarkan penilaian *likelihood* terdapat tiga aktivitas





risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 2 yaitu A1, H2, I5. Kemudian untuk delapanbelas aktivitas memperoleh skoring sebanyak 3. Pada tingkat keparahan risiko berdasarkan penilaian *severity* terdapat satu aktivitas risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 2 yaitu H2, tujuhbelas aktivitas risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 3, dan empat risiko yang mempunyai skoring skala sebanyak 4 yaitu H1, I2, I5, I6.

Pada pengkategorian risiko diperoleh 17 aktivitas risiko berada di area kuning yaitu perlu tindakan penanganan langsung risiko yang dialami. Selanjutnya terdapat 4 aktivitas pada area merah yaitu perlu perencanaan pengendalian risiko pada proses penggantian jetty fender. Dengan menerapkan metode Bowtie, risiko yang perlu dilakukan pengendalian dikategorikan berdasarkan bahaya dan dampaknya untuk ditindak lanjuti berdasarkan pengendalian setiap risiko.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, dalam analisis risiko keselamatan kerja terkait penggantian Jetty Fender dengan metode Bowtie, dapat disimpulkan bahwa dari 9 aktivitas penggantian fender, teridentifikasi 21 aktivitas berpotensi risiko kecelakaan kerja dan 4 risiko prioritas, yaitu potensi kebakaran dan ledakan, personil terjepit, tertimpa material atau peralatan, serta terjatuh ke laut. Rekomendasi pengendalian termasuk inspeksi peralatan, penempatan tabung gas aman, detektor kebocoran, prosedur ijin kerja, pengawasan ketat, pencegahan human error, koordinasi tim, instruksi komunikasi, kestabilan kapal, simulasi, sertifikasi pekerja dan peralatan, rencana pengangkatan, pre-job safety meeting, komunikasi efektif, zona aman, perancah sesuai desain, pelatihan scaffolders, pengawasan area kerja, serta rekomendasi peningkatan pada perusahaan dan penelitian lanjutan untuk pengembangan strategi keamanan lebih lanjut. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada evaluasi efektivitas implementasi rekomendasi pengendalian risiko dalam konteks penggantian Jetty Fender, dengan mengeksplorasi

dampaknya terhadap tingkat kecelakaan kerja dan identifikasi potensi perbaikan lebih lanjut untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan di lingkungan kerja maritim. Dengan menerapkan instruksi kerja yang komprehensif dan menyediakan pelatihan yang memadai, DS LNG dapat memastikan bahwa keselamatan kerja menjadi prioritas utama selama pelaksanaan proyek penggantian Jetty Fender.

Ucapan Terima Kasih

Kami sangat berterima kasih kepada pihak PT. Donggi Senoro LNG, yang telah mengizinkan dalam penelitian dan pengambilan data terkait dengan penggantian Jetty Fender. Kami ucapkan juga pada jurusan Teknik Industri Universitas Muslim Indonesia atas fasilitas dan dukungan yang diberikan dalam proses penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdelwahab, H. S., Pinheiro, L., Santos, J. A., Fortes, C. J. E. M., & Guedes Soares, C. (2024). Experimental investigation of wave severity and mooring pretension on the operability of a moored tanker in a port terminal. *Ocean Engineering*, 291(116243), 1–24.
- Adekoya, O. O., Adefemi, A., Tula, O. A., Umoh, A. A., & Gidiagba, J. O. (2024). A comprehensive review of Liquefied Natural Gas (LNG) market dynamics: Analyzing the current trends, challenges, and opportunities in the global LNG market. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 058–074.
- Almeida, R. S., Vasconcelos da Silva, F., & Vianna, S. S. V. (2023). Combining the bow-tie method and fuzzy logic using Mamdani inference model. *Process Safety and Environmental Protection*, 169, 159–168.
- Animah, I., & Shafiee, M. (2020). Application of risk analysis in the liquefied natural gas (LNG) sector: An overview. In *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* (Vol. 63, pp. 1–34).





- Botão, R. P., de Medeiros Costa, H. K., & dos Santos, E. M. (2023). Global Gas and LNG Markets: Demand, Supply Dynamics, and Implications for the Future. *Energies*, 16(13), 1–14.
- Butarbutar, R., Saut Gurning, R. O., & Semin. (2022). LNG as marine fuel within Indonesia shipping sector, a literature review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 972(1), 012076.
- Derdowski, L. A., & Mathisen, G. E. (2023). Psychosocial factors and safety in high-risk industries: A systematic literature review. In *Safety Science* (Vol. 157, Issue 105948, pp. 1–19). Elsevier B.V.
- Dewi, R. Y., Dita, N., & Putra, P. (2024). The Risk Analysis of Work Accidents Using The Bowtie Method in The Ciputra Hospital Construction Project. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 1–12.
- Fole, A. (2023). Designing a Risk Mitigation Strategy for CV. JAT Business Processes Using the House of Risk Method. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 1(02), 54-64
- Fole, A., & Mujaddid. (2023). Identifikasi Jalur Evakuasi Institut Teknologi Dan Bisnis Nobel Indonesia. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 1(1), 10-17.
- Gao, F., Hu, K., Shen, W. J., & Li, Y. (2021). Study on the safety guarantee of ship mooring from frequent cable accidents. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 621(1), 012007.
- Gati, R. A., Prasetyanti, R., & Posumah, R. Y. (2022). A Sustainability Perspective Analysis of the Donggi-Senoro Gas Refinery Development. *KnE Social Sciences*, 1(1), 1124–1136.
- Kusrini, E., Safitri, K. N., & Fole, A. (2022). Risk Mitigation In Distribution Sustainable Supply Chain Management Using The Method Of House Of Risk (HOR). *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 14-23.
- Litvinenko, V. (2020). The role of hydrocarbons in the global energy agenda: The focus on liquefied natural gas. In *Resources* (Vol. 9, Issue 5, pp. 1–22). MDPI AG.
- Machfudiyanto, R. A., Muslim, F., Humang, W. P., Wahjuningsih, N., Kamil, I., Ichsan, M., & Adi Putra, Y. Y. (2023). Optimization of the risk-based small-scale LNG supply chain in the Indonesian archipelago. *Heliyon*, 9(8), 1–14.
- Malik, R., Ihwan Safutra, N., Fole, A., & Amal Pangestu, F. (2024). Improving Resilience in Water Distribution Systems: An Application of the House of Risk Method at PDAM Gowa Unit Tompobulu. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 26(2), 199–209.
- Nam, M.-S., & Yoo, B.-T. (2023). Hazardous Material Process Risk Evaluation Using HAZOP and Bow-tie. *Journal of the Korean Institute of Gas*, 28(1), 35–43.
- Palestini, L., & Sassu, F. (2021). Risks and safety measures associated with the storage and transport of liquefied natural gas (Lng). *International Journal of Safety and Security Engineering*, 11(4), 409–418.
- Parwatha, I. G. jaya, Kusuma, C., & Indriyanto, M. (2022). Analisa Ekonomi Pemanfaatan Gas LNG Sebagai Bahan Bakar Penggerak Kapal Ferry. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 3(5), 119–126.
- Putri, S. R. (2023). Penentuan Tipe Fender Dermaga Untuk Kapal Multipurpose Berukuran Maksimum 30.000 DWT. *Jurnal Teknik Transportasi*, 2(1), 1–13.
- Samrain, Musdalifah, Alim, A., & Badwi, A. (2024). Studi Kualitatif Pencegahan dan Penanggulangan Bahaya Kebakaran di Lingkungan Kerja PT. Donggi Senoro LNG. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 14-23.
- Simpa, P., Solomon, N. O., Adenekan, O. A., & Obasi, S. C. (2024). Sustainability and environmental impact in the LNG value chain: Current trends and future opportunities. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(2), 581–601.





- Utama, B. R., Anggoro, Y., & Prawiraatmadja, W. (2024). Investment Analysis of LNG Storage Facility Development in Indonesia. *International Journal of Current Science Research and Review*, 07(06).
- Yuan, S., Yang, M., & Reniers, G. (2024). Integrated process safety and process security risk assessment of industrial cyber-physical systems in chemical plants. *Computers in Industry*, 155(104056), 1–18.
- Zou, Q., Yi, C., Wang, K., Yin, X., & Zhang, Y. (2022). Global LNG market: Supply-demand and economic analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 983(1), 012051.

