

STUDI LITERATUR : PENGUPAYAAN RISIKO KECELAKAAN KERJA PEKERJAAN MENGGUNAKAN METODE *BOWTIE*

Fitri Nur Azura Hari¹, Fitra Rifwan²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, 25131, Indonesia

Email: fitrinurazurahari@gmail.com

Abstrak: Kecelakaan kerja kerap kali menjadi momok menakutkan bagi seluruh sektor industri. Dampak yang ditimbulkan dari beberapa bahaya dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Upaya pengendalian potensi kecelakaan telah banyak dilakukan guna memperkecil angka kecelakaan kerja. Namun, pada beberapa sektor industri manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja belum dilaksanakan dengan tepat. Untuk itu bowtie memberikan solusi kompleks dengan konsep yang dapat dipahami oleh seluruh pihak yang terlibat dalam kegiatan industri. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran mengenai eksistensi metode *bowtie analysis* diberbagai sektor industri. Hasil yang didapatkan menyatakan bahwa *bowtie analysis* merupakan metode yang telah diterapkan diberbagai industri sebagai alat identifikasi bahaya dan analisis risiko pada sistem organisasi dengan tujuan terciptanya kerangka kerja manajemen risiko yang berkelanjutan.

Kata Kunci : *Bowtie Analysis*, Kecelakaan Kerja, Pengendalian Risiko, Industri, Konstruksi

Abstract: *Workplace accidents are often a frightening specter for the entire industrial sector. The impact caused by some hazards can cause losses to the company. Many efforts to control the potential for accidents have been made to minimize the number of work accidents. However, in some industrial sectors, Occupational Safety and Health (OHS) management has not been implemented properly. For the reason, bowtie provides a complex solution with an understanding that is easily understood by all parties involved in industrial activities. This research aims to provide an overview of its existence in various industrial sectors. The results obtained can state that bowtie analysis is a method that can be used as a tool for hazard identification and risk analysis in organizational systems in order to create a sustainable risk management framework.*

Keyword : *Bowtie Analysis, Work Accidents, Risk Control, Industry, Construction*

PENDAHULUAN

Kecelakaan kerja menjadi salah satu faktor yang menyebabkan gagalnya perencanaan awal sebuah kegiatan industri. Pengendalian risiko kecelakaan pada sebuah industri dapat menimbulkan kerugian material dan non material jika tidak memenuhi kriteria. Dalam upaya pengendalian risiko terjadinya kecelakaan perlu diterapkan prinsip K3 (Rifwan dkk, 2019). Risiko dapat diartikan sebagai kejadian yang tidak diinginkan, kemungkinan terjadinya suatu dampak, kerentanan, paparan bahaya, ketidakpastian akan hal-hal yang tidak diketahui dan lainnya (Cornier, R., 2020). Pengendalian risiko merupakan tindakan

pengendalian preventif terhadap bahaya yang dilengkapi dengan tata cara pengendalian proses kerja yang melibatkan bahan, alat, dan aktivitas kerja (Deisy dkk., 2020). Sedangkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah upaya yang dilakukan untuk menjaga keselamatan dan kesehatan pekerja dari risiko yang merugikan pekerjaan (Alfarid, A. dkk, 2019). Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) yang lemah pada sebuah industri dapat berdampak buruk bagi perusahaan. Sektor konstruksi menjadi salah satu sektor yang membutuhkan manajemen sistem keselamatan sebagai upaya pengendalian kecelakaan didalamnya. Pekerjaan konstruksi merupakan

pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi. Pekerjaan yang dilakukan dapat dikategorikan tinggi jika pelaksanaan kegiatannya dapat membahayakan keselamatan umum. Salah satu metode yang biasa digunakan oleh berbagai industri dalam pengendalian risiko adalah metode bowtie analysis.

Bowtie Analysis merupakan teknik identifikasi dan analisis risiko yang digunakan oleh berbagai industri (Zuijderdujin, C., 2000). *Bowtie* memiliki bentuk sederhana yang dapat dipahami secara intuitif, sehingga dapat digambarkan dalam bentuk yang mudah dipahami dan juga memiliki hubungan dinamis antara peristiwa yang ingin diungkapkan dan fungsi dari peran pada masing-masing risiko. *Bowtie* diagram sering kali salah dipahami secara akurat sehingga penyusunan konstruksi diagram menjadi tidak tepat. Kesalahan umum yang terjadi adalah tidak dapat membedakan antara penyebab/akibat langsung dan tidak langsung, sehingga penyusunan parameter penyebab/akibat menjadi tumpang tindih dalam banyak kondisi (Sung-Hoon Kim, 2022)

Penelitian mengenai *bowtie analysis* dalam pengendalian risiko kecelakaan kerja telah cukup banyak dilakukan diberbagai sektor industri seperti minyak dan gas, kimia, konstruksi, penerbangan, dan pembangunan kapal (Dimarikiputra dkk., 2017). Oleh karena itu, studi literatur ini menyajikan pengendalian risiko kecelakaan kerja menggunakan *bowtie analysis* dari beberapa sektor industri.

METODE PENELITIAN

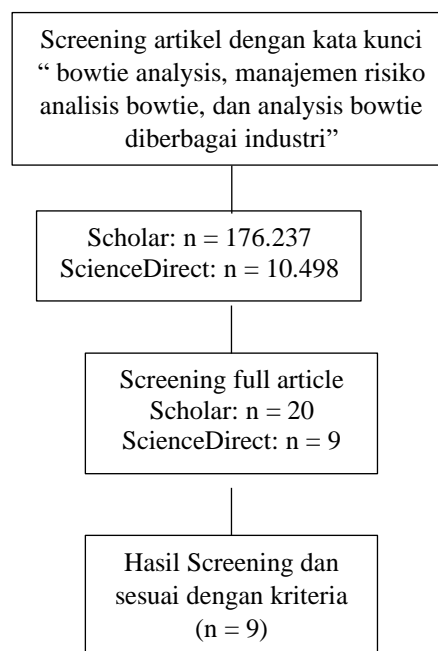
Penelitian ini dilakukan dengan meninjau beberapa literatur terkait pembahasan penelitian atau disebut literature review. Pencarian literatur dilakukan melalui dua database elektronik yaitu Google Scholar dan ScienceDirect. Referensi dicari dengan menggunakan kata kunci bowtie analysis, manajemen risiko analisis bowtie, dan analisis bowtie diberbagai industri dan didapatkan 186.735 literatur. Pencarian dilakukan berdasarkan kesesuaian dengan metode bowtie, dan permasalahan yang diangkat, sehingga didapatkan 9 literatur yang sesuai. Kriteria dalam pencarian artikel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Limitations of Searching Criteria

No	Searching	Limitation
1	Basis Data	Google Scholar, ScienceDirect.
2	Kata kunci	<i>bowtie analysis</i> , manajemen risiko
No	Searching	Limitation

		analisis <i>bowtie</i> , dan <i>analysis bowtie</i> diberbagai industri
3	Tahun	2016-2023
4	Date access	September 28, 2023

Mekanisme penilaian kelayakan artikel dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Penilaian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan sumber literatur yang di review didapatkan beberapa tindakan penerapan bowtie analysis pada berbagai sektor industri seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3.

Database Google Scholar

Tabel 2. Penerapan *Bowtie Analysis* pada Sektor Industri (Google Scholar)

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
1	Industri Konstruksi	Identifikasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode <i>Hazop</i> dan <i>Bowtie</i> pada PT Alis Jaya Ciptama (Thegar Gilang Rachmawan dan Widya Setiafindari, 2023)	<ul style="list-style-type: none"> Penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai kecelakaan kerja dominan terhadap 13 kasus kecelakaan kerja pada tahun 2021-2023 di PT Alis Jaya Ciptatama. Dan juga mencari

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
			<p>dampak yang terjadi, serta usulan pengendalian risiko kecelakaan kerja yang tepat.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menghasilkan risiko dominan variabel 1 b dengan bahaya kerja "kayu terhempas". • Dampak yang terjadi dapat berupa luka pada beberapa bagian anggota tubuh. • Pengendalian dilakukan dengan penatan kayu yang sesuai dan meningkatkan
2	Industri Perkapalan	Penilaian Risiko Operasional pada KMP Drajat Paciran Menggunakan Metode FMEA dan Bow Tie Risk Assessment (Muhammad Fahrur Rozi dan Minto Basuki, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini dilakukan untuk menentukan cara penerapan program kompensasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada awak kapal. • Penelitian menghasilkan hasil analisis kebijakan kapal penyebrangan pelabuhan Drajat Paciran sudah terdapat divisi K3.
3	Industri Batu Bara	Analisis Insiden Alat Angkut	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menganalisis insiden alat

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
		Material pada Area Hauling (Febby Fauzia Deliani dan Mufti Wirawan, 2021)	<p>angkut material pada area</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menghasilkan 3 insiden berbahaya yang dominan terjadi diantaranya pengendalian yang tidak optimal (42%), microsleep operator (22%), masuknya warga/hewan ke hauling road (14%), area kerja yang berbahaya (22%). • Terdapat dua preventive barrier yaitu road maintenance, dan DMS (Driving Management System), dan fatigue test. • Faktor eskalasi adalah permukaan jalanan yang tidak rata (bumpy roads), jalan berlubang, dan tanah CPP yang licin • Escalation control (kontrol eskalasi) dilakukan dengan assessment rutin, monitoring dan beats. • Mitigasi kontrol dilakukan dengan cara penggunaan APD, bendungan dan emergency response tea.

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
4	Industri Pabrik Kelapa Sawit	Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Bowtie di PT X (Ekie Gilang Permata, dkk., 2021)	<p>Penelitian ini mengangkat permasalahan kerugian perusahaan kelapa sawit akibat kecelakaan kerja.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menghasilkan 3 risiko signifikan diantaranya karyawan yang terkena besi panas, karyawan yang terkena/terhirup bahan kimia, dan kebisingan. • Penyebab dari potensi kecelakaan adalah pipa mengalami kebocoran, dilakukan pembukaan pintu rebusan saat tekanan tinggi, pintu rebusan tidak ditutup rapat, karyawan tidak mematuhi instruksi kerja, karyawan lalai terhadap pekerjaan tekanan udara tinggi, kurangnya alat pencegah kebisingan, dan terdapat bagian mesin yang aus. • Dampak yang ditimbulkan berupa luka bakar pada kulit, kerugian material kerja, mengalami sesak nafas, iritasi kulit,

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
			gangguan komunikasi, dan merusak pendengaran. Kontrol yang dilakukan dapat berupa menggunakan APD lengkap, menyediakan alat P3K dan
5	Industri Konstruksi dan Manufaktur	Metode Bowtie untuk Dampak Kecelakaan Kerja pada Proyek Jalan (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi I A) (Andi Maddepuנג dkk., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengangkat permasalahan tingginya angka kecelakaan kerja akibat dari pengembangan infrastruktur. • Penelitian ini menghasilkan 19 potensi risiko berkategori rendah, 31 potensi risiko sedang, dan 1 risiko berkategori tinggi yaitu balok girder jatuh dan menimpa pekerja (7b). • Penyebab kecelakaan kerja adalah kesalahan operator/staff, faktor alam/lingkungan, dan faktor mesin dan material. Dampak yang ditimbulkan berupa luka berat dan kematian, kerusakan alat berat, dan terbuangnya waktu pelaksanaan.

Database ScienceDirect

Tabel 3. Penerapan Bowtie Analysis pada Sektor Industri (ScienceDirect)

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
1	Industri Konstruksi	Risk Analysis of TBM Tunneling Projects Base on Generic Bow-Tie Risk Analysis Approach in Difficult Ground Conditions (Abubakar Sharafat, Kamran Latif, and Jongwon Seo, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengangkat permasalahan tingginya risiko penggunaan mesin bor terowongan pada kondisi tanah yang sulit. • Penelitian ini menghasilkan penerapan bowtie analysis pada kasus penggunaan mesin bor terowongan menunjukkan bahwa metode ini sangat efektif digunakan sehingga membantu ahli untuk menyelidiki, mengevaluasi, dan memitigasi risiko bawaan secara sistematis.
2	Industri Transportasi	Assesing the Safety Effect of Cooperative Intelligent Transport Systems: A Bowtie Analysis Approach (Ute Christine Ehlers, Eirin Olausen Ryeng, Edward McCormack, Faisal	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengangkat permasalahan ketidakpastian dampak keselamatan dari Cooperative Intelligent Transport System (C-ITS). • Penelitian ini menghasilkan bahwa metode bowtie memiliki keuntungan untuk

No	Industri Tinjauan	Referensi	Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
		Khan and Soren	diterapkan pada sistem
		Ehlers, 2016)	(C-ITS) karena memiliki sistem yang kompleks
3	Industri Penambangan Bawa Laut	Risk Assessment for Deep Sea Mining: An Overview of Risk (Roland Cornier and Jemma Lonsdale, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai dampak kegiatan penambangan bawah laut terhadap lingkungan laut, kesehatan dan keselamatan manusia, serta pertimbangan sosial-ekonomi. • Penelitian ini menghasilkan perbaikan terhadap manajemen keselamatan yang dikeluarkan oleh United Nations Convention on The Law of The Sea (UNCLOS) guna memberikan kejelasan pada leksikon definisi keselamatan bagi para pemangku kepentingan yang terlibat
4	Industri Minyak dan Gas	Dynamic Failure Probability Analysis of Urban Gas Pipeline Network (Wenhe Wang, Dan Mou, Feng Li, Chuanfu	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengangkat permasalahan risiko kegagalan dinamis jaringan pipa gas perkotaan. • Penelitian ini menghasilkan faktor utama yang

No	Industri Tinjauan	Dong, and Faisal Referensi	berkontribusi terhadap Temuan Utama (Permasalahan dan Hasil)
		Khan, 2021)	kebocoran pipa gas.
			perkotaan yang terkubur diidentifikasi sebagai kerusakan pihak ketiga, korosi, cacat pipa dan pengoperasian yang salah. •Terdapat 41 kejadian kegagalan pelaksanaan dari 81 kejadian dasar yang teridentifikasi.

Berdasarkan sebagian besar penelitian mengenai *bowtie analysis*, teknik ini digunakan sebagai bagian dari penilaian tipe FSA (*Formal Safety Assesment*) dengan tujuan meminimalisir kecelakaan kerja yang melibatkan peralatan seperti petrochemicals, dan kendaraan (Alizadeh, S., S., 2015). *Bowtie analysis* telah digunakan di berbagai sektor industri, namun kurangnya landasan teoritis yang kuat dan bukti ilmiah yang menunjukkan validitasnya sebagai pendekatan terhadap identifikasi risiko dan manajemen bahaya membuat teknik ini jarang di sektor industri konstruksi. Beberapa instansi terkait keselamatan yang telah menerbitkan panduan resmi mengenai penerapan *bowtie analysis* adalah *Chartered Institute of Ergonomics and Human factors* (CIEHF), Inggris untuk menangani faktor manusia dan organisasi dalam manajemen penghalang dan *Center for Chemical Process* (CCPS) di industri minyak dan gas, kimia dan proses global (Ronald, W., M. & Paul Bowie, 2018).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari studi literatur ini menyatakan bahwa eksistensi *bowtie* sebagai alat identifikasi dan analisis risiko tidak dapat diragukan. *Bowtie analysis* telah diterapkan di berbagai industri seperti minyak dan gas, kimia, tambang, batu bara, manufaktur, dan konstruksi. Dalam penerapannya *bowtie* mencoba mengidentifikasi secara menyeluruh rangkaian peristiwa yang memberikan dampak buruk bagi perusahaan. *Bowtie analysis* melengkapi alat identifikasi bahaya dan analisis

risiko pada sistem organisasi agar terciptanya kerangka kerja manajemen risiko yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarid, A., Gusmareta, Y., & Rifwan, F. (2019). Tinjauan Penerapan K3 Oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Dalam Pelaksanaan Praktek Lapangan Industri Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. *CIVED*, 6(3).
- Alizadeh. Sayed Shamseddin. (2020). The Bowtie Method in Safety Management System: A literature Review. *Scientific Journal of Review*, 4(9), 133-138.
- Cornier, Rolan and Jemma Londsedale. (2020). Risk Assessment for Deep Sea Mining: An Overview of Risk. *Science Direct*, 114, 103485.
- Deliani, Febby Fauzia dan Mufti Wirawan. (2021). Analisis Insiden Alat Angkut Material pada Area Hauling dengan Menggunakan Metode Bowtie di PT XYZ Periode 208-2020. *National Journal of Occupational Health and Safety*, 2 (2).
- Ehlers, Ute C., Eirin Olaussen Ryeng, Edward McCormack, Faisal Khan and Soren Ehlers. (2016). Assessing the Safety Effect of Cooperative Intelligent Transport Systems: A Bowtie Analysis Approach. *Science Direct*, 99 (A), 125-141.
- Erajati, Dimarizkiputra, Arief Subekti, & Mades Darul Khairansyah. (2017). Identifikasi Bahaya dengan Menggunakan Metode Bowtie untuk Keselamatan Proses pada Boiler UBB di Pabrik III PT. Petrokimis Gresik. *Proceeding Conference on Safety Engineering and ITS Application*, 1 (1), 147-152.
- Kim, Sung-Hoon. (2022). A Review of HAZID/Bowtie Methodology and its Improvement. *Jurnal of the Society of Naval Architects of Korea*, 59 (3), 164-172.
- Maddepungeng, Andi dkk. (2020). Metode Bowtie untuk Dampak Kecelakaan Kerja pada Proyek Jalan (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi I A). *Jurnal Konstruksia*, 12(1), 135-143.

- Mantiri, Deisy H. M., Grace Y. Malingkas, & R.J. M. Mandagi. (2020). Analisis Pengelompokan dan Pengendalian Risiko Kecelakaan Berdasarkan Aturan SMK3 Menggunakan Metode Ranking pada Proyek Pembangunan Instalasi Rawat Inap RSUD Maria Walanda Maramis Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10 (2), 105-116.
- Permata, Ekie Gilang dkk. (2021). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Bowtie di PT. X. *Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lindungan Lingkungan*, 7 (2), 455-464.
- Rachmawan, Thegar Gilang dan Widya Setiafindari. (2023). Identifikasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode *Hazop* dan *Bowtie* pada PT Alis Jaya Ciptama. *Jurnal Kendali Teknik dan Sains*, 1 (4), 15-26.
- Rifwan, F., Zola, P., & Yunila, M. (2019). Inspeksi Tingkat Risiko Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada Bengkel Konstruksi Teknik Sipil UNP Padang. *Jurnal Teknik Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan*, 2(2), 97-106.
- Ronald W. McLeod & Paul Bowie. (2018). Bowtie Analysis as A Prospective Risk Assessment Technique in Primary Helathcare, Policy and Practice in Healt and Safety, 16(2), 177-193.
- Rozi, Muhammad Fahrur dan Minto Basuki. (2021). Penilaian Risiko Operasional pada KMP Drajat Paciran Menggunakan Metode FMEA dan Bow Tie Risk Assessment. *PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)*, 3 (1), 60-64.
- Sharafat, Abubakar, Kamran Latif, and Jongwon Seo. (2021). Risk Analysis of TBM Tunneling Projects Base on Generic Bow-Tie Risk Analysis Approach in Difficult Ground Conditions. *Science Direct*, 111, 103860.
- Wang, Wenhe, Dan Mou, Feng Li, Chuanfu Dong, and Faisal Khan. (2021). Dynamic Failure Probability Analysis of Urban Gas Pipeline Network. *Science Direct*, 72, 10455.
- Zuijderdujin, C. (2000). Risk Management by Shell Refinery/Chemicals at Pernis, The Netherlands. EU Joint Research Centre Conference on Seveso II Safety Cases, Athens.