

## Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Infrastruktur Jalan Tol Makassar Newport Tahap I dan Tahap II

Febiyuni Salsabila<sup>1,\*</sup>, Mohammad Arif Rohman<sup>1</sup>

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [salsabilfebiyuni9@gmail.com](mailto:salsabilfebiyuni9@gmail.com)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	06 Februari 2024	<i>Infrastructure development in Indonesia has become a major concern, the role of toll road infrastructure must be managed as a physical asset properly. This research aims to analyze the risk of work accidents that occur on the 32 KM Makassar Newport Toll Road infrastructure project in Makassar City using data collection methods through interviews and questionnaires which will then be processed using the Bowtie Analysis method. From the results of the Bowtie diagram, there are 2 (two) variables with a very high level of risk, namely Girder collapse and Workers falling at heights when installing pier reinforcement. In the Bowtie diagram, cause and effect results are obtained which will be followed by a 5w + 1h analysis to provide a roadmap for safety managers. . It is hoped that the results obtained can reduce and anticipate work accidents in infrastructure projects in Indonesia.</i>
Diperbaiki	29 Februari 2024	
Disetujui	29 Februari 2024	

Keywords: work accidents, roads, infrastructure, bowtie analysis

### Abstrak

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sudah menjadi perhatian utama, peranan infrastruktur Jalan tol harus dikelola sebagai aset fisik dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek infrastruktur Jalan Tol Makassar Newport sepanjang 32 KM yang ada di Kota Makassar dengan metode pengumpulan data secara wawancara dan kuesioner yang selanjutnya akan diolah menggunakan metode Bowtie Analisis. Dari hasil diagram Bowtie terdapat 2 (dua) variabel dengan tingkat risiko sangat tinggi yaitu Girder runtuh dan Pekerja terjatuh pada ketinggian saat pemasangan tulangan pier dimana pada diagram bowtie tersebut didapatkan hasil sebab akibat yang akan dilanjutkan dengan analisis 5w + 1h untuk memberikan roadmap bagi manager keselamatan. Hasil yang didapat diharapkan dapat mengurangi dan mengantisipasi kecelakaan kerja yang ada pada proyek infrastruktur dan dapat mengambil tindakan preventif dalam rangka meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja yang fatal yang ada di Indonesia.

Kata kunci: kecelakaan kerja, jalan, infrastruktur, bowtie analysis

### 1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sudah menjadi perhatian utama, diakui bahwa peningkatan infrastruktur sosial ekonomi dapat meningkatkan otonomi suatu negara. Peranan infrastruktur dalam arti fisik seperti Jalan Tol harus dikelola sebagai aset fisik yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat saat ini dan yang akan datang. Untuk mencapai hal tersebut, pemerintah terus berupaya untuk meningkatkan penyediaan infrastruktur jalan dan jalan tol melaksanakan penyediaan infrastruktur jalan tol yang bekerjasama dengan berbagai pihak salah satunya Jalan Tol Makassar New Port yang ada di Kota Makassar hal ini tidak terhindarkan dari risiko-risiko yang dapat timbul pada saat proses pembangunan Jalan dan Jalan Tol ini sendiri.

Tingkat kecelakaan kerja dan berbagai ancaman keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di Indonesia masih cukup tinggi. Penyebab kecelakaan kerja ini biasanya terjadi karena kelalaian pekerja itu sendiri serta kondisi lingkungan

kerjanya di lokasi proyek. Berbagai kecelakaan kerja masih sering terjadi dalam proses produksi terutama di sektor jasa konstruksi. Berdasarkan laporan *International Labor Organization* (ILO), setiap hari terjadi 6.000 kasus kecelakaan kerja yang mengakibatkan korban fatal. Sementara di Indonesia setiap 100 ribu tenaga kerja terdapat 20 korban yang fatal akibat kecelakaan kerja [1].

Salah satu kunci keberhasilan proyek dipengaruhi oleh faktor-faktor penting (*critical success factors*). Salah satu faktor-faktor penting tersebut adalah aspek keselamatan (*safety*) dalam pelaksanaan proyek. Hal ini dikarenakan kecelakaan kerja di proyek konstruksi dapat menyebabkan pemberhentian sementara (kerugian waktu kerja), rendahnya semangat kerja, dan terganggunya kelancaran pekerjaan (penurunan produktivitas). Kerugian yang ditimbulkan termasuk juga kerugian terkait pekerja, biaya kerusakan peralatan dan material terbuang akibat terjadinya kecelakaan tersebut [2]. Selain itu konstruksi, mengakibatkan kematian

pekerja dalam jumlah yang cukup besar dan penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan [3].

Penyebab langsung dan berkontribusi terjadinya kecelakaan meliputi perilaku tidak aman dan kondisi tidak aman. Perilaku tidak aman dari pekerja menjadi akar penyebab utama dari 88% kecelakaan kerja pada industri konstruksi, 10% dikarenakan kondisi tidak aman, dan 2% disebabkan hal-hal yang tidak dapat dihindari [4]. Perilaku tidak aman dari pekerja menjadi akar penyebab utama dari 88% kecelakaan konstruksi ketika dikombinasikan dengan kondisi tidak aman pada lokasi konstruksi [5]. Perilaku tidak aman/kesalahan manusia menyebabkan 80% dari semua insiden dan kecelakaan pada industri berisiko tinggi dan kompleks seperti pertambangan, konstruksi, dan tenaga nuklir. Hal ini dikarenakan karakteristik proyek dengan lokasi proyek yang terpisah dan desentralisasi menyebabkan kesulitan dalam mengidentifikasi dan mengelola perilaku tidak aman [6].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek infrastruktur Jalan Tol Makassar Newport sepanjang 32 KM yang berada di Kota Makassar dengan metode pengumpulan data secara studi literatur, wawancara dan kuesioner yang selanjutnya akan diolah menggunakan metode *Bowtie Analysis*. Metode *Bowtie Analysis* sangat efisien karena dalam metode ini menggambarkan berbagai bahaya yang dapat terjadi serta proses dan peralatan yang ada sebagai control untuk mencegah dan mengurangi dampak kerugian akibat kecelakaan kerja. Pendekatan yang diusulkan didasarkan pada fase pembelajaran struktur yang berhubungan dengan komponen grafis bowtie dan fase pembelajaran parameter yang berhubungan dengan komponen numeriknya. Metode ini yang memungkinkan kecelakaan kerja yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam memitigasi risiko kecelakaan kerja dalam proyek Jalan Tol Makassar Newport.

## 2. Metode

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memodelkan risiko kecelakaan kerja pada proyek infrastruktur dengan *Bowtie Analysis* untuk memitigasi kecelakaan kerja yang dapat terjadi, maka penelitian ini melibatkan pengumpulan data dengan metode *qualitative method research*, yaitu pengumpulan data secara kualitatif. Fase pertama yaitu dengan survei dalam penentuan prioritas berbagai faktor yang mempengaruhi risiko kecelakaan kerja proyek infrastruktur dari sudut pandang para ahli yang akan diolah. Terdapat tiga cara untuk memperoleh data penelitian kualitatif dalam penelitian yaitu : wawancara, observasi, dan sumber rekaman (*record*)

yang tersedia ataupun literatur dari penelitian terdahulu. Sehingga dari metode ini untuk evaluasi dan perhitungan data dapat digunakan software BowtieXp.

### A. Metode Pengumpulan Data

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung. Data sekunder pada penelitian ini diperoleh melalui buku-buku literatur dan jurnal yang umumnya berupa teori, konsep dasar maupun metode-metode yang dapat mendukung penulisan tesis ini. Selain itu penelitian ini menggunakan studi kasus suatu proyek untuk dapat dijadikan sebagai validasi model, maka diperlukan pula data teknis proyek studi kasus yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti seperti data lingkup pekerjaan proyek.

Data primer merupakan sumber data yang diberikan langsung kepada pengumpul data. Dalam penelitian ini data primer diperoleh dari hasil pengisian kuesioner atau angket secara langsung dan secara online menggunakan form oleh sejumlah responden, yaitu para pihak yang bekerja di proyek konstruksi jalan tol makassar Newport.

### B. Metode Analisa Data Bowtie

Dalam metode Bowtie ini dapat mengetahui visualisasi hubungan antara kejadian yang tidak diinginkan, penyebab, pencegahan, dan kontrol untuk mengurangi risiko kejadian untuk meminimalisir dampak. Setelah didapatkan variabel risiko “*High*” dari penilaian tingkat risiko. Tahapan awal untuk menentukan variabel-variabel yaitu dengan menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap durasi aktivitas proyek konstruksi melalui studi literatur dan sintesa penelitian. Dari hasil sintesa penelitian tersebut kemudian dilakukan penentuan faktor yang paling dominan atau berperan terhadap kecelakaan kerja dengan menggunakan survey kepada para pakar/ahli konstruksi. Selain survey dilakukan pula dengan menyebarkan kuesioner kepada responden. Hasil kuesioner kemudian dianalisa dengan menggunakan perhitungan rata-rata (*mean*) dari semua jawaban responden yang telah mengisi kuesioner.

Teknik Bowtie Diagram atau sering dikenal Teknik BTA terdiri dari beberapa bagian yang saling terhubung untuk menjelaskan hubungan sebuah peristiwa risiko dengan penyebab dan konsekuensi, serta memaparkan bagaimana peristiwa risiko tersebut dapat ditangani. Berikut ini adalah beberapa bagian dari Teknik BTA :

#### 1. Bahaya (Hazard)

Teknik BTA selalu dimulai dengan menentukan suatu bahaya yaitu sesuatu hal, baik di dalam, di sekitar, atau bagian dari organisasi yang memiliki potensi menyebabkan kerusakan atau kerugian. Contoh : tidak menggunakan APD pada saat bekerja di proyek konstruksi. Hal penting pada

bagian ini adalah untuk menemukan hal-hal/peristiwa risiko dari proyek konstruksi yang dapat memberikan konsekuensi negatif jika kontrol atau penanganan terhadap peristiwa risiko tersebut hilang atau tidak ada.

2. Peristiwa Puncak (Top Event) / Peristiwa Risiko Puncak  
Ketika sebuah bahaya telah teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan peristiwa puncak apa yang mungkin terjadi. Peristiwa puncak merupakan keadaan atau situasi ketika kontrol atau penanganan terhadap bahaya tersebut hilang atau tidak ada. Dengan kata lain peristiwa puncak dipilih sebelum mengakibatkan konsekuensi aktual.

Peristiwa puncak dapat diformulasikan ulang setelah BTA selesai dibuat. Anda tidak perlu khawatir pada tahapan formulasi ini, Anda dapat mulai dengan sebuah peristiwa puncak yang umum terlebih dahulu.



**Gambar 1.** Contoh Bahaya dan Top Event

**Gambar 1** Menjelaskan hubungan antara bahaya dengan peristiwa puncak dengan memberikan contoh bahaya bekerja ditempat yang tinggi dimana peristiwa puncaknya adalah jatuh dari tempat yang tinggi.

### 3. Penyebab (cause)

Penyebab adalah segala sesuatu yang dapat menyebabkan peristiwa puncak terjadi. Satu peristiwa puncak dapat memiliki lebih dari satu penyebab. Pada saat menentukan penyebab, cobalah untuk menghindari formulasi yang bersifat umum seperti: kesalahan manusia, kegagalan fungsi peralatan, dan kondisi cuaca sebagai suatu penyebab. Mulailah dengan formulasi yang spesifik dan konkret dengan cara mampu mengenali perihai. Apabila menggambarkan suatu penyebab yang spesifik, maka dapat menentukan kontrol yang tepat untuk menangani penyebab tersebut.

### 4. Konsekuensi (consequence)

Konsekuensi adalah dampak negatif dari peristiwa puncak. Satu peristiwa puncak dapat memiliki lebih dari satu konsekuensi. Sama seperti tahapan menentukan penyebab fokus pada konsekuensi yang bersifat spesifik.

### 5. Hasil Bowtie Analysis

Hasil Teknik BTA adalah sebuah ilustrasi yang menggambarkan hubungan antara penyebab dengan risiko dan risiko dengan konsekuensi. Keluaran Teknik BTA adalah Kontrol Pencegahan, Mitigasi dan Pemulihan

(*Prevention, Mitigation and Recovery Controls*) dan Faktor Eskalasi dan Kontrol Eskalasi (*Escalation Factors and Escalation Controls*). Kontrol pada teknik ini muncul di kedua sisi peristiwa puncak, sisi kiri (kontrol pencegahan) dan sisi kanan (kontrol mitigasi dan pemulihan). Kontrol pencegahan di sisi kiri berfungsi untuk menahan agar penyebab tidak terjadi, dan jika sampai terjadi, tidak mengakibatkan terjadinya peristiwa puncak (dalam contoh sebelumnya adalah kehilangan kendali terhadap mobil yang dikemudikan). Sementara itu, kontrol mitigasi dan pemulihan di sisi kanan memastikan bahwa jika peristiwa puncak terjadi, skenario dari konsekuensi yang dibuat tidak meningkat menjadi konsekuensi aktual dan/atau untuk meminimalisir konsekuensi yang akan diterima/ditanggung.

Bowtie Diagram mewakili logika yang sesuai dengan kegagalan sistem yang kompleks. Struktur model yang terintegrasi diwakili oleh kerangka Bowtie Diagram. Yang terakhir bercabang dari peristiwa kritis awal ke konsekuensi potensial dari kecelekaan kerja proyek infrastruktur. Garis penghubung dari *Fault Tree basic fault* ke konsekuensi ujung cabang Event Tree mana pun membentuk skenario, jadi satu diagram bowtie dapat menampilkan banyak skenario.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan survey pendahuluan untuk mengetahui apakah variabel yang digunakan dalam penelitian berdasarkan tinjauan pustaka adalah relevan dengan objek yang ada dilapangan. Survey utama telah dilakukan dengan penyebaran kuesioner terhadap 40 dari 50 responden yang telah disebar kepada stakeholder, Manajer HSE, Staff HSE, Konsultan pengawas, Staff yang terlibat dalam proses pembangunan proyek infrastructure jalan tol.

Adapun langkah pertama dalam menganalisis risiko kecelekaan kerja dengan mengidentifikasi jenis risiko kecelekaan kerja proyek. Untuk item pekerjaan didapatkan dari safety officer atau Manajer HSE proyek jalan tol Makassar Newport. Untuk item pekerjaan didapatkan dari safety officer Proyek Jalan Tol Makassar Newport. Untuk hazar, diidentifikasi berdasarkan brainstorming/ ide-ide pemikiran yang mengacu pada definisi hazard berdasarkan OHSAS 1800:2007 yaitu sumber, situasi, atau tindakan yang berpotensi menciderai manusia atau sakit penyakit. Untuk risk, didapatkan dari sumber literatur serta hasil dari studi literatur.

Setelah melakukan identifikasi risiko, kemudian divalidasi dengan penyebaran kuesioner survei pendahuluan ini bertujuan untuk mendapatkan masukan dari para ahli/pakar proyek Jalan Tol Makassar Newport. Para ahli/pakar

diminta untuk memberikan pendapat terhadap kuesioner. Dari hasil survei pendahuluan yang dilakukan, maka didapatkan variabel risiko yang dianggap relevan dengan keadaan di lapangan. Pada tahap survei pendahuluan ini dianggap relevan seluruhnya, serta tidak ada penambahan variabel risiko baru dari para responden. Analisa data pada survei pendahuluan berasumsi bahwa apabila terdapat variabel yang dicentang “relevan” maka variabel tersebut layak untuk dicantumkan dan dianalisa kembali pada kuesioner survei utama.

		Severity					
		1	2	3	4	5	
		Tidak Parah	Cukup Parah	Parah	Lumayan Parah	Sangat Parah	
Likelihood	∞	Sangat Sering Terjadi					
	∞	Sering Terjadi		5A		6F	
	∞	Cukup Sering Terjadi		3B, 4E, 5B, 5C, 5D, 5E, 5G	4D		4B
	∞	Jarang Terjadi		1C, 4A, 4E, 6D, 6E	1B, 2A, 2B, 3A, 3C, 4C, 5F, 6A, 6C	1A	6B
	∞	Tidak Pernah Terjadi					

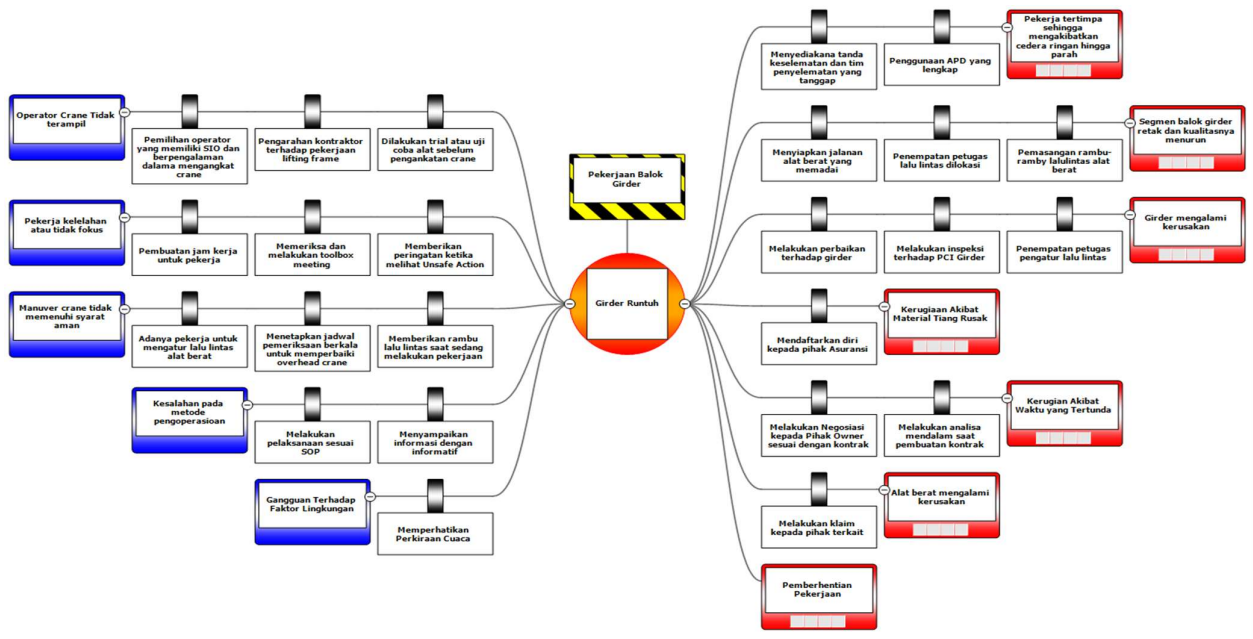
  

Rendah	1. Extremely Ineffective = 0% < SI = 20%
Sedang	2. Ineffective = 20% < SI = 40%
Tinggi	3. Moderately Effective = 40% < SI = 60%
Sangat Tinggi	4. Very Effective = 60% < SI = 80%
	5. Extremely Effective = 80% < SI = 100% T

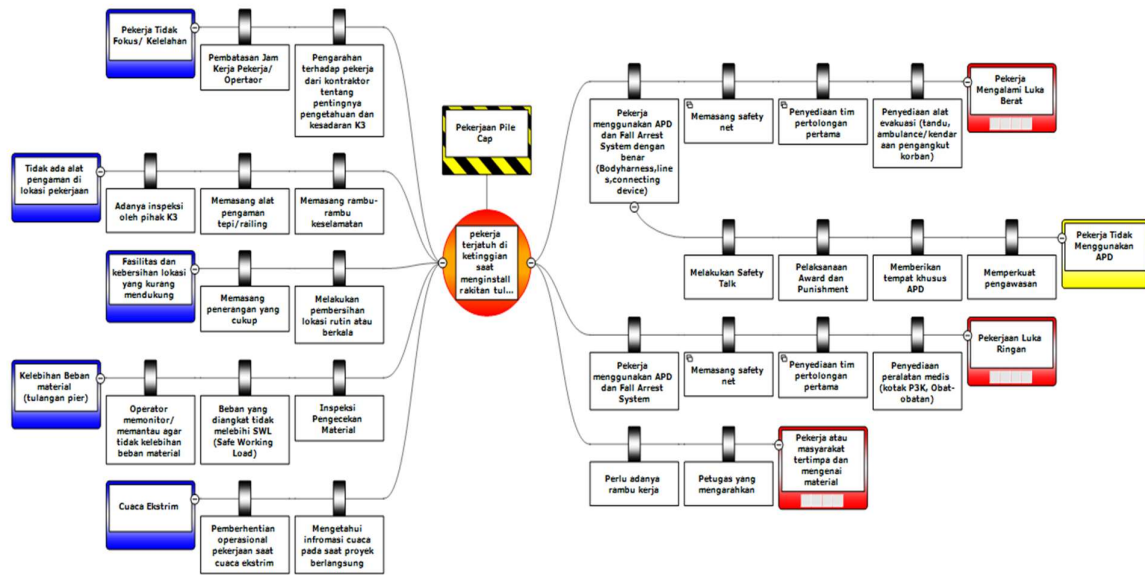
Gambar 2. Matriks Analisis Risiko

Variabel 1A hingga 6F merupakan variabel risiko kecelakaan kerja pada matriks analisis risiko. Gambar 2 menunjukkan adanya 2 variabel dengan tingkat risiko “Sangat Tinggi” yaitu pada variabel 6F (Girder Terjatuh) dan 4B (Pekerja terjatuh di ketinggian saat pemasangan tulangan pier). Variabel dengan tingkat risiko “Sangat Tinggi” memiliki pengaruh yang cukup besar dalam pelaksanaan proyek tersebut dan dianggap dominan, sehingga layak untuk dianalisis kembali penyebab, dampak, dan kontrol dari variabel risiko tersebut dengan metode Bowtie. Kategori Matriks” penulis tetap mengacu pada isi tabel sesuai standar AS NZS 4360 : 2004.

Setelah didapatkan variable risiko ekstrim (dominan) dari penilaian tingkat risiko maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode bowtie guna menganalisis penyebab, dampak, serta kendali dari risiko tersebut. Didapatkan 2 variabel dengan tingkat risiko “Sangat Tinggi” yaitu pada variable 6F (Girder Runtuh) dan 4B (pekerja terjatuh di ketinggian saat pemasangan tulangan pier dan menginstall rakitan tulangan pier). Berikut adalah diagram bowtie dari risiko sangat tinggi yang terpilih.



Gambar 3. Diagram Bowtie girder runtuh



**Gambar 4.** Diagram Bowtie pekerja terjatuh di ketinggian saat pemasangan tulangan pier dan menginstall rakitan tulangan pier

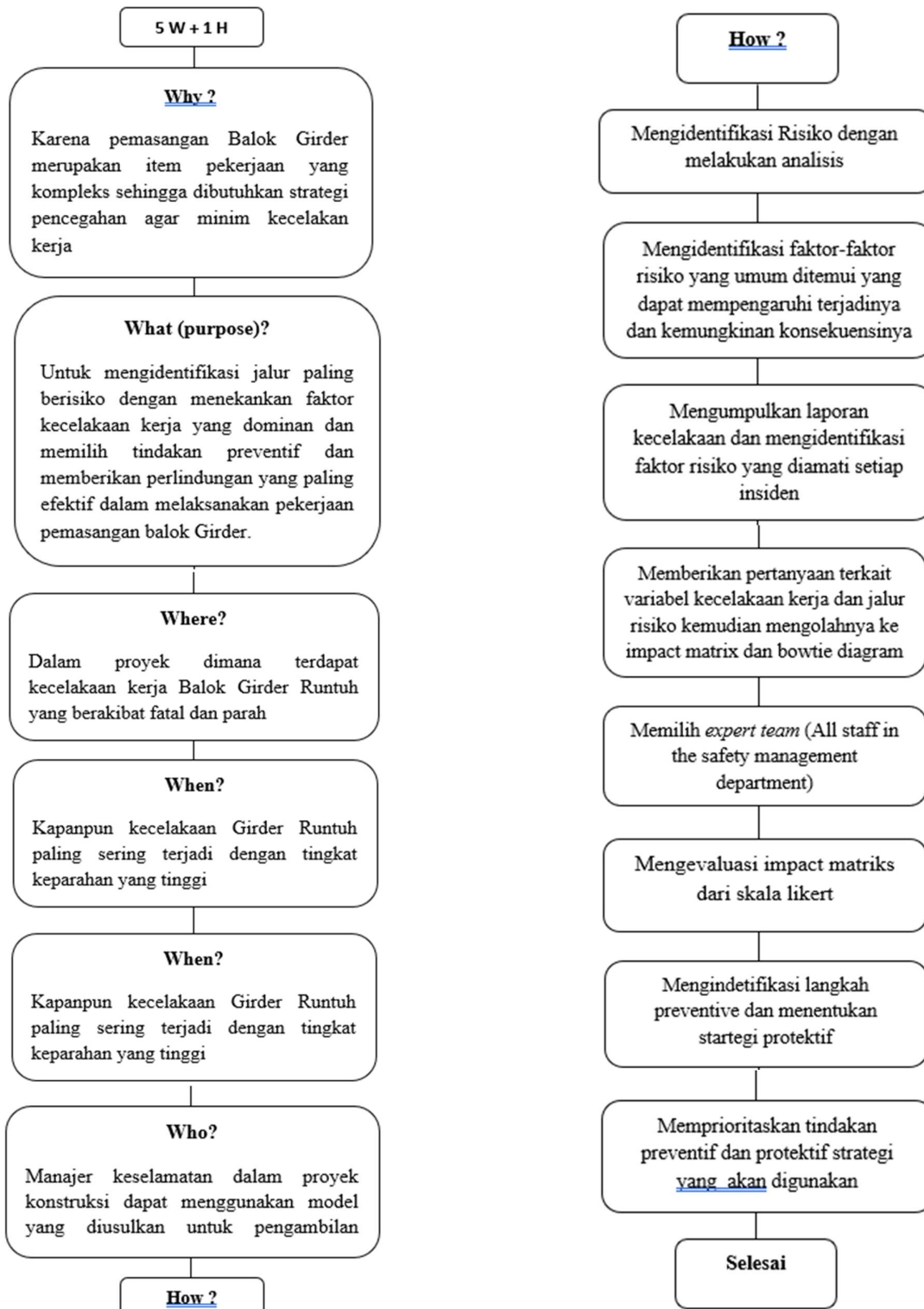
**Gambar 3 dan 4** Menunjukkan hasil diagram Bowtie pada proyek pembangunan Jalan Tol Makassar Newport dimana terdapat 2 (dua) variabel dengan tingkat risiko sangat tinggi yaitu variabel 6F (Girder runtuh) dan 4B (Pekerja terjatuh pada ketinggian saat pemasangan tulangan pier) dimana berdasarkan hasil diagram bowtie analisis pada variabel 6F (Girder runtuh) Pada proyek pembangunan Jalan Tol Makassar Newport proses pekerjaan pemasangan balok girder yang dilakukan yang harus diperhatikan dalam pembuatan atau penyusunan balok, segemen balok girder diujarkan sesuai bagiannya dan bagian ujung pertemuan harus diberikan pelumas agar balok dapat bergerak mengimbangi gaya pratekan yang diberikan, kabel strand dipotong sesuai dengan kebutuhan dilapangan dan pemotongan diusahakan seminimal mungkin agar tidak ada kabel yang terbuang, variabel girder runtuh ini terjadi akibat beberapa hal yaitu operator crane tidak terampil, pekerja kelelahan atau tidak fokus, manuver crane tidak memenuhi syarat aman, kesalahan pada metode pengoperasian, gangguan terhadap faktor lingkungan dan adapun akibat yang bisa ditimbulkan yaitu pekerja mengalami cedera ringan hingga parah, segmen girder retak dan kualitasnya menurun, kerugian akibat waktu yang tertunda dan alat berat mengalami kerusakan.

Untuk variabel 4B (pekerja terjatuh di ketinggian saat pemasangan tulangan pier dan menginstall rakitan tulangan) terjadi akibat beberapa hal yaitu pekerja tidak fokus atau

kelelahan, tidak ada alat pengaman pada lokasi pekerjaan, dan cuaca ekstrem. Adapun akibat yang bisa ditimbulkan yaitu pekerja mengalami luka berat, pekerja terjatuh dan tertimpa material. Oleh karena itu, ada beberapa hal yang bisa dilakukan sebagai mitigasi awal mengurangi dampak kecelakaan kerja yaitu dengan menggunakan APD (alat perlindungan diri) yang tepat sehingga dapat melindungi pekerja dan orang lain yang berada disekitar area konstruksi, penyediaan tim prtolongan pertama dilakukan guna menangani korban secara cepat dan tanggap serta menyediakan alat evakuasi baik berupa tandu maupun ambulance.

Setelah menganalisis bowtie diagram selanjutnya dilakukan penelitian lainnya yaitu penggunaan teori infromasi timbal balik mengacu pada jurnal diusulkan untuk menentukan hubungan sebab akibat antara faktor-faktor risiko yang membentuk jalur paling risiko. Mengembangkan model BT yang memvisualisasikan dinamika kecelakaan dan menawarkan strategi pencegahan dan perlindungan yang paling efektif. Dengan mengukur hubungan antar faktor risiko teori informasi timbal balik dan menyusun jalur risiko yang sesuai, manajer proyek dan profesional keselamatan akan dapat menggunakan model yang diusulkan untuk mengidentifikasi kondisi paling beresiko untuk kecelakaan kerja Girder Runtuh. Bagaimana mengubah faktor risiko menjadi strategi manajemen risiko, berdasarkan hasil wawancara dari ahli pakar [7].





Gambar 5. Konsep 5W 1H dan Roadmap bagi manager keselamatan untuk menerapkan model yang diusulkan.

**Gambar 5** menunjukkan teori informasi timbal balik untuk menentukan hubungan sebab akibat antara faktor-faktor risiko yang membentuk jalur yang paling berisiko. Dari hasil analisis risiko maka didapatkan beberapa faktor risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada Tol Makassar Newport Tahap I dan Tahap II dan risiko yang paling tinggi yaitu girder runtuh sehingga dengan adanya teori 5w+1h diharapkan dapat mencegah dan memberikan tindakan preventif pada kecelakaan kerja girder runtuh.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis faktor yang telah dilakukan dalam penelitian mengenai faktor-faktor kecelekaan kerja pada proyek infrastruktur jalan tol dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Dari hasil diagram Bowtie pada proyek pembangunan Jalan Tol Makassar Newport dimana terdapat 2 (dua) variabel dengan tingkat risiko sangat tinggi yaitu variabel 6F (Girder runtuh) dan 4B (Pekerja terjatuh pada ketinggian saat pemasangan tulangan pier) dimana berdasarkan hasil diagram bowtie analisis pada variabel 6F (Girder runtuh) terjadi akibat beberapa hal yaitu operator crane tidak terampil, pekerja kelelahan atau tidak fokus, manuver crane tidak memenuhi syarat aman, kesalahan pada metode pengoperasian, gangguan terhadap faktor lingkungan dan adapun akibat yang bisa ditimbulkan yaitu pekerja mengalami cedera ringan hingga parah, segmen girder retak dan kualitasnya menurun, kerugian akibat waktu yang tertunda dan alat berat mengalami kerusakan. Untuk variabel 4B (pekerja terjatuh di ketinggian saat pemasangan tulangan pier dan menginstall rakitan tulangan pier) terjadi akibat beberapa hal yaitu pekerja tidak fokus /kelelahan, tidak ada alat pengaman pada lokasi pekerjaan, dan cuaca ekstrim. Adapun akibat yang bisa ditimbulkan yaitu pekerja mengalami luka berat, pekerja terjatuh dan tertimpa material.
- b. Dari hasil analisis diagram bowtie selanjutnya dilakukan wawancara dari pakar ahli kemudian dianalisis dengan Bowtie Diagram didapatkan hasil faktor sebab akibat yang dapat dilihat pada Bowtie Diagram Girder

Runtuh. Kemudian dilanjutkan dengan survei wawancara pada manager untuk mendapatkan langkah-langkah untuk mencegah atau mengatasi tindakan kecelakaan kerja pada proyek infrastruktur jalan tol yang paling berisiko yang memunculkan variabel sebab akibat dari kecelakaan kerja untuk memberikan tindakan preventif untuk mengatasi risiko kecelakaan kerja pada jalan tol Makassar Newport Tahap I dan Tahap II.

#### Daftar Pustaka

- [1] Cheng, C. W., Lin, C. C., Leu, S.S. "Use of association rules to explore cause-effect relationships in occupational", *Safety Science*, No.48, hal. 436–444.2010.
- [2] Alzahrani, J. I. dan Emsley, M. W. "The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation". *International Journal of Project Management*, 31(2), 313322.doi.2013http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.006
- [3] Khosravi. Y., Mahabadi, H. A., Hajizadeh. E., Rangi. N. H., Bastani, H., dan Behzadan A. H. "Factors Influencing Unsafe Behaviors and Accidents on Construction Sites: A Review". *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Vol. 20, No. 1, 3–17. 2014.
- [4] Abdelhamid, A.R., Abd Majid, M.Z. dan Singh, B.. "Causes Of Accidents At Construction Sites". *Malaysian Journal of Civil Engineering* 20(2) : 242 – 259. 2000.
- [5] Chi, Seokho., Han, Sangwon. dan Young, K., D. "Relationship between Unsafe Working Conditions and Workers' Behavior and Impact of Working Conditions on Injury Severity in U.S. Construction Industry". *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 139, No. 7. 2013.
- [6] Wang, J., Zou, P. X.W. dan Li P. P. "Critical factors and paths influencing construction workers' safetyrisk tolerances". *Accident Analysis and Prevention* 93, 267–279.2018.
- [7] Koc Kerim., Kuzucuoglu., Kazar., Tokdemir, "Prioritization of risk mitigation strategies for contact with sharp object accidents using hybrid bow-tie approach. 2023.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**