

Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 (Seksi 1) Menggunakan Metode Bowtie

Audrey Anindita Pramesti dan Farida Rachmawati
 Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: farida_rahma@ce.its.ac.id

Abstrak—Risiko adalah suatu kemungkinan terjadinya suatu peristiwa yang memengaruhi suatu tujuan awal. Proyek Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) merupakan proyek yang berpotensi memiliki kecelakaan kerja tinggi yang disebabkan beberapa faktor seperti alat kerja, metode kerja, serta dari pekerja itu sendiri. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi risiko terkait kecelakaan kerja dengan menyebarkan kuisioner pendahuluan dan kuisioner utama. Pada tahap kuisioner utama dilakukan penilaian risiko pada risiko yang relevan menggunakan perhitungan *severity index* dan *likelihood index*. Berdasarkan hasil penilaian risiko ditemukan tiga risiko yang ekstrim yaitu segmen balok girder terguling, sling crane terlepas/terputus saat pengangkatan girder, dan girder runtuh. Setelah itu, dilakukan analisis risiko menggunakan metode bowtie sehingga diperoleh penyebab operator tidak terampil, pekerja kelelahan, perubahan cuaca mendadak, kondisi alat berat sudah tua, kelebihan beban, minim rambu keselamatan, manuver tidak memenuhi syarat, dan pemasangan girder tidak sempurna. Dampak dari risiko-risiko tersebut dapat berupa pekerja yang mengalami cedera dimana ada dapat dilakukan kontrol recovery berupa pemakaian APD dan kerusakan alat berat dimana dapat dilakukan faktor eskalasi berupa penggalakan penggunaan APD dan pengecekan kelayakan alat berat.

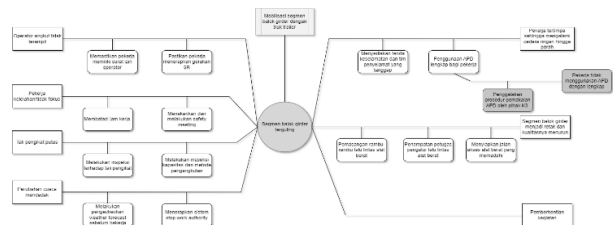
Kata Kunci—Analisis Risiko Kecelakaan Kerja, *Likelihood Index*, *Severity Index*, Metode Bowtie, *Bowtie Analysis*.

I. PENDAHULUAN

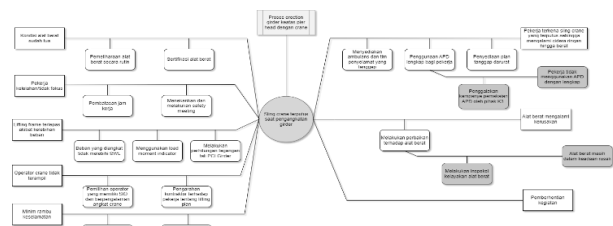
PESATNYA pertumbuhan penduduk di Indonesia sudah tidak dapat dipungkiri terutama di Pulau Jawa sebagai salah satu pusat ekonomi Indonesia. Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan meningkatnya kebutuhan mobilisasi penduduk, dimana mobilisasi adalah perpindahan dari satu tempat ke tempat lain guna memenuhi kebutuhan masing-masing penduduk.

Meningkatnya kebutuhan mobilitas membutuhkan sarana dan prasarana mobilitas yang memadai yaitu salah satunya adalah pembangunan jalan tol. Perkembangan konstruksi yang terus melaju ini selalu mencakup banyak aktivitas, teknologi, dan sumber daya sebagai aspek berlangsungnya sebuah pembangunan hingga mencapai target yang diinginkan. Dengan banyaknya sumber daya yang digunakan dan adanya batas rencana dalam sebuah pembangunan, maka akan menyebabkan banyak risiko yang dapat menghambat pekerjaan. Risiko adalah bahaya, akibat, atau konsekuensi yang dapat terjadi akibat sebuah proses yang sedang berlangsung atau kejadian yang akan datang.

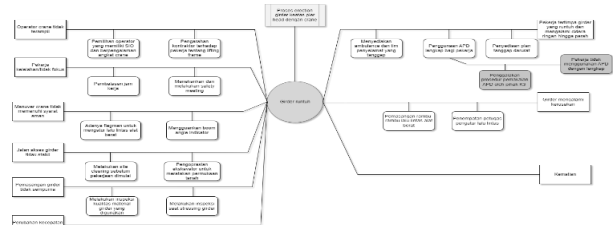
Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) merupakan proyek dengan panjang rute 11,131 km. Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) melibatkan banyak sumber daya



Gambar 1. Diagram Bowtie pada Risiko 6b.



Gambar 2. Diagram Bowtie pada Risiko 6r.



Gambar 3. Diagram Bowtie pada Risiko 6t.

manusia dan alat berat yang banyak untuk mendapat hasil yang optimal. Banyaknya jumlah sumber daya pekerja dan alat berat membuat proyek pembangunan jalan tol termasuk dalam proyek yang berpotensi memiliki risiko kecelakaan kerja yang tinggi. Sesuai dengan sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja dinyatakan bahwa perlu diterapkan dan dilaksanakannya prosedur seperti menggunakan APD, inspeksi alat berat, dan pengawasan metode kerja dimana kelalaian terhadap prosedur tersebut kerap nampak terjadi di lapangan. Maka untuk mengurangi dampak yang merugikan bagi pencapaian tujuan fungsional proyek, diperlukan suatu sistem manajemen risiko kecelakaan kerja guna meningkatkan produktivitas, kinerja, dan kualitas dalam sebuah pembangunan proyek. Salah satu caranya adalah dengan menganalisis risiko kecelakaan kerja dengan mengidentifikasi sumber penyebab, akibat, dan menganalisa respon risiko yang terjadi selama proses Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) khususnya pada STA 68+650 - STA 68+655. Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah Metode *Bowtie*.

Tujuan penelitian ini meliputi: (1) Identifikasi bahaya dan risiko kecelakaan kerja yang dominan terjadi pada Proyek

Tabel 1.
Variabel Risiko yang Relevan

No	Item Pekerjaan	Kode	Hazard	Risk
1	Pekerjaan Persiapan	1a	Pembersihan lahan	Pekerja tertabrak alat berat
		1b	menggunakan alat berat (excavator, dumptruck)	Pekerja tertimpa material atau peralatan di lokasi
		1c		Alat berat menabrak material atau peralatan di lokasi
		1d	Lokasi pembersihan lahan kurang steril	Pekerja terpapar debu atau asap (dump truck, excavator)
		1e		Pekerja terluka akibat benda tajam yang berserakan
2	Pekerjaan Galian dan Timbunan	2a	Kondisi tanah yang lunak dan licin	Tanah galian mengalami longsor
		2b		Alat berat terperosok ke dalam longsor tanah
		2c		Pekerja tergelincir longsor tanah yang licin
		3a	Penggunaan alat bor (<i>bore mini crane</i>) untuk pengeboran awal	Pekerja terkena manuver/swing alat berat
		3b		Pekerja terperosok saat memasuki tanah merah dan masuk ke dalam lubang galian
		3c		Alat drilling rig tidak seimbang dan tepat sasaran
		3d		Casing terjatuh akibat kawat sling crane tidak aman
		3e		Pekerja tersenggol casing bore pile
		3f		Alat drilling rig tidak seimbang dan tepat sasaran
		3g		Mesin pembangkit listrik rusak saat fabrikasi tulangan
3h		Pekerja tersayat, tertusuk, dan terjepit tulangan besi saat fabrikasi		
3	Pekerjaan Bore Pile	3i	Pekerjaan fabrikasi dan pemasangan tulangan bore pile	Pekerja tersengat arus listrik saat pengelasan
		3j		Alat excavator untuk mobilisasi rakitan tulangan dari site fabrikasi tidak seimbang sehingga material terguling
		3k		Rakitan tulangan besi yang terjatuh akibat kawat sling terputus
		3l		Tersenggol TM saat mengatur concrete bucket
		3m	Pengecoran Bore Pile	Terjatuhnya pipa tremie karena sling tidak kuat
		3n		Pekerja terpapar tumpahan pasta beton
		3o		Pekerja terbentur concrete bucket
		3p	Pembobokan Bore Pile	Terkena hantaman alat kerja (palu godam)
		3q		Tertusuk besi pile

Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) 68+650 - STA 68+655 (2) Analisa penyebab (*threats*), dampak (*consequences*), dan respon risiko (*control measure prevention dan control measure mitigation*) terjadinya kecelakaan kerja di Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) 68+650 - STA 68+655.

(*likelihood*) dan risiko berdasarkan keparahan (*severity*) [2]. Perhitungan dilakukan menggunakan skala angka 0 sampai dengan 4, kemudian hasil perhitungan dari kuisioner utama diklasifikasikan berdasarkan matriks risiko pada Tabel 2. Rumus *Likelihood Index* dan *Severity Index*:

$$LI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i x_i}{4N} \times 100\% \tag{1}$$

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i x_i}{4N} \times 100\% \tag{2}$$

II. URAIAN PENELITIAN

A. Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja adalah sistem organisasi yang digunakan untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan K3 dan mengelola risiko K3. Manajemen merupakan kumpulan kegiatan dan prosedur yang saling terkait yang digunakan untuk menetapkan kebijakan. Sistem manajemen sendiri berupa struktur organisasi, aktivitas perencanaan, penilaian risiko, tanggung jawab, prosedur, dan sumber daya [1].

B. Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah fungsi manajemen untuk menilai dan menemukan penyebab dan efek risiko yang tidak pasti dalam suatu organisasi. Tujuan dari manajemen risiko adalah agar organisasi dapat mencapai *goal* dan objektif melalui jalan yang efisien.. Langkah manajemen risiko identifikasi, penilaian, evaluasi, pengendalian dan pengawasan risiko [2].

C. Penilaian Risiko

Penilaian risiko adalah evaluasi dari risiko-risiko yang diakibatkan adanya bahaya-bahaya, dengan memperhatikan kecukupan pengendalian yang dimiliki, dan menentukan apakah risiko tersebut dapat diterima atau tidak. Ada dua aspek yang dinilai yaitu risiko berdasarkan kemungkinan

Dimana:

- a = konstanta penilaian (0 s/d 4)
- xi = probabilitas responden
- i = 0,1,2,3,4,...n
- N = total jumlah responden

Risiko yang dianggap ekstrim adalah risiko yang akan dianalisa penyebab, dampak, dan kontrolnya menggunakan metode *bowtie*. Klasifikasi penilaian risiko dapat dilihat pada Tabel 4 dan skala matriks risiko dapat dilihat pada Tabel 5 [3].

D. Bowtie Analysis

Bowtie Analysis adalah analisa menggunakan diagram yang menyerupai bentuk dasi kupu-kupu yang menyatakan hubungan antara skenario bahaya, ancaman, kendali, dan dampak. Berikut adalah tahapan untuk menganalisa menggunakan *Bowtie Analysis*:

1) Identify Bowtie Hazard

Hazard adalah sesuatu yang berada di dalam atau di sekitar yang memiliki potensi untuk menimbulkan kerusakan Hazard terletak di bagian paling atas pada Diagram *Bowtie*.

2) Top Event

Top event muncul setelah hazard ditentukan. Berdasarkan

Tabel 2.
Variabel Risiko yang Relevan

No	Item Pekerjaan	Kode	Hazard	Risk
4	Pekerjaan Pilecap	4a	Pekerjaan fabrikasi pile cap	Pekerja tersayat, tertusuk, dan terjepit tulangan besi saat fabrikasi
		4b	Pengecoran pilecap	Pekerja terpapar tumpahan pasta beton
		5a	Mobilisasi material tulangan	Truk pengangkut material tulangan mengalami kecelakaan
		5b		Material tulangan pier terjatuh dan tercecer di perjalanan
		5c	Pekerjaan loading dan unloading material	Tali sling crane terputus saat mengangkat
		5d		Material rakitan tulangan terguling dan menimpa pekerja
		5e		Mesin pembangkit listrik rusak saat fabrikasi tulangan
		5f	Fabrikasi tulangan pier	Alat bar bender mengalami kemacetan
5g	Pekerja tertusuk material besi, kawat bendrat, dan material tajam lainnya			
5	Pekerjaan Pier/Abutment	5h	Pekerja tersandung tulangan pier	
		5i	Menginstall rakitan tulangan pier	Pekerja terjatuh saat pemasangan tulangan pier di ketinggian
		5j	Pemasangan dan pelepasan bekisiting	Scaffolding dan tangga untuk pijakan pekerja ringkih
		5k		Terkena paku, palu, atau gergaji
		5l	Pekerja terjatuh dari ketinggian	
		5m	Pekerja kejatuhan benda dari atas (palu, kaso, dll)	
		5n	Pekerja terserempet TM	
		5o	Terkena selang pompa	
		5p	Pengecoran Pier/Abutment	Suara bising truck mixer dan pompa
		5q		Anggota tubuh terkena pasta semen
5r	Pekerja terjatuh dari ketinggian			

analisis Bowtie untuk *Top Event* juga bisa disebut *Risk Event*. *Top event* dipilih sebelum peristiwa yang menimbulkan kerusakan yang sebenarnya.

3) *Asses the Threats*

Threats atau ancaman adalah suatu yang yang akan menimbulkan *Top Event*. *Threats* berada di sisi paling kiri diagram. *Threats* adalah sesuatu yang berpotensi akan menyebabkan pelepasan dari bahaya.

4) *Asses the Consequences*

Konsekuensi adalah dampak dari pelepasan bahaya, pada diagram bowtie consequences berada di di sisi paling kanan diagram.

5) *Preventive and Recovery Controls*

Kontrol adalah ukuran pelindung untuk mencegah ancaman dari melepaskan bahaya. Pada Bowtie kontrol berada diantara *threats* atau *consequences* dan top event. Barriers digunakan untuk mengontrol scenario yang tidak diinginkan ke konsekuensi yang mengakibatkan kerusakan.

6) *Ecsclation Factor*

Faktor eksklasi digunakan untuk mengetahui fakta dari barriers yang belum sempurna dan dilakukan kontrol kembali [4].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Identifikasi Risiko*

Langkah awal dalam menganalisis risiko adalah dengan melakukan identifikasi variabel risiko kecelakaan yang spesifik dengan proyek yang menjadi studi kasus dengan cara menyebarkan kuisisioner pendahuluan kepada 6 responden. Observasi juga dilakukan untuk mengidentifikasi relevansi

dengan kondisi di lapangan.

Berdasarkan studi literatur terdahulu, jika ada satu dari 6 responden yaitu menyatakan bahwa risiko tersebut relevan, maka risiko tersebut cocok dengan kejadian di lapangan dan variabel-variabel tersebut layak untuk dimasukkan kembali pada langkah berikutnya yaitu kuisisioner utama. Hasil kuisisioner pendahuluan menunjukkan bahwa 66 variabel risiko baru dari para ahli. Risiko yang relevan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

B. *Hasil Penilaian Risiko*

Penyebaran kuisisioner risiko terhadap kemungkinan (*likelihood*) dan terhadap keparahan (*severity*) dilakukan ke 6 responden terpilih yaitu *Project Director*, *HSE Manager*, *HSE Supervisor*, *Site Engineering*, *Engineering Supervisor* dan *Site Officer*. Pada kuisisioner utama, para responden mengisi kriteria penilaian risiko berdasarkan Tabel 4, dan hasilnya diklasifikasikan pada matriks risiko pada Tabel 5 untuk mengetahui tingkat risiko. Setelah melakukan perhitungan, maka hasil kuisisioner utama dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa terdapat 3 risiko yang dianggap ekstrim yaitu pada kode 6b, 6r, dan 6t. Jika risiko tersebut terjadi, maka dapat dianggap memiliki dampak cukup besar bagi keberlangsungan proyek sehingga layak untuk dianalisis kembali penyebab, dampak, dan kontrolnya menggunakan metode *bowtie*.

C. *Analisa Penyebab, Dampak, dan Kontrol dengan Metode Bowtie*

Setelah menganalisa risiko ekstrim dan penilaian tingkat risiko, maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *bowtie* untuk menganalisis penyebab, dampak, serta kontrol dari risiko tersebut. Diagram bowtie disusun untuk 3

Tabel 3.
Variabel Risiko yang Relevan

No	Item Pekerjaan	Kode	Hazard	Risk
6	Pekerjaan Girder	6a	Mobilisasi segmen	Kecelakaan kendaraan saat pengangkutan girder
		6b	balok girder dengan	Segmen balok girder terguling
		6c	truk trailer	Keretakan pada material girder
		6d		Tertabrak truk trailer yang sedang melintas
		6e	Unloading girder dari	Sling crane terputus saat penurunan girder dari trailer
		6f	truk trailer	Girder miring/terguling
		6g		Pekerja tertimpa/tergencet balok girder saat penurunan girder
		6h	Proses joint girder	Sling crane terputus saat penjejeran girder
		6i	pada tumpuan	Pekerja terjepit girder saat proses penataan girder
		6j	Proses strssing girder	Pekerja terkena kabel stressing
		6k	di lapangan	Strand terputus saat penarikan
		6l		Pekerja terjepit alat jack stress
		6m	Proses pemotongan	Terkena pisau cutter
		6n	strand dan grouting	Pekerja tertusuk kabel strand
		6o		Mata dan tangan terkena percikan grouting
		6p	Mobilisasi lokal	Kendaraan terperosok
		6q	girder dengan boogie truck	Pekerja tertimpa girder
6r	Proses erection girder	Ikatan sling pada girder terlepas/terputus		
6s	dengan crane	Crane collapse saat pengangkutan girder		
6t		Girder runtuh		
6u		Pekerja tertimpa girder		

Tabel 4.
Skala Penilaian Likelihood dan Severity

No	Skala	Uraian
0	Rare / Insignificant	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal / Kejadian tidak menimbulkan cedera
1	Unlikely / Low	Terjadi beberapa kali dalam waktu tertentu / Cidera ringan dan kerugian kecil
2	Possible / Medium	Risiko dapat terjadi tidak sering / Cidera berat dan kerugian sedang
3	Likely / High	Risiko terkadang terjadi / Cidera parah dan kerugian besar
4	Almost Certain / Extreme	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu / Pemberhentian kegiatan

Tabel 5.
Matriks Risiko

Likelihood	Severity				
	Insignificant (0)	Minor (1)	Moderate (2)	Major (3)	Catastrophic (4)
Almost Certain (4)	H	H	E	E	E
Likely (3)	M	H	H	E	E
Possible (2)	L	M	H	E	E
Unlikely (1)	L	L	M	H	E
Rare (0)	L	L	M	H	H

variabel yang mempunyai tingkat risiko ekstrim yaitu pada variabel 6b (segmen balok girder terguling saat mobilisasi girder), 6r (sling crane terputus/terlepas saat erection girder), dan 6t (girder runtuh saat erection girder). Diagram Bowtie dimulai dari hazard yaitu dengan cara studi literatur dan melakukan kuisioner pendahuluan. Hazard adalah sesuatu yang berada di dalam atau di sekitar yang memiliki potensi untuk menimbulkan kerusakan. Setelah mengidentifikasi hazard, kita dapat menentukan top event dimana top event adalah sebuah peristiwa yang terjadi akibat sebuah hazard dan bisa disebut juga sebagai risk event. Setelah menentukan top event, dapat dianalisa penyebab, akibat, dan kontrol dari top event tersebut.

Pada penelitian ini, dilakukan wawancara kepada 3 ahli yaitu HSE Manager, HSE Supervisor, dan Safety Officer untuk mendapatkan opini, pandangan, dan diskusi mengenai penyebab, akibat, dan juga kontrol dari risiko yang dianggap dominan. Wawancara tersebut dilakukan dengan memvisualisasikan Diagram Bowtie kepada para ahli sehingga mempermudah untuk menghubungkan skenario bahaya, risiko, penyebab, akibat, dan kontrol dari sebuah risiko. Ada beberapa pertanyaan yang diajukan kepada para ahli yaitu: (1) Apa sumber risiko, (2) Apakah efeknya bagi tujuan perusahaan, (3) Apakah ada pengendalian yang dilakukan saat ini, (4) Kapan, dimana, dan bagaimana saat

risiko ini bisa atau mungkin terjadi, (5) Apa yang menyebabkan pengendalian ini kurang efektif.

Pertanyaan (1) memberikan output berupa penyebab dari risiko. Pertanyaan (2) memberikan output mengenai dampak yang terjadi bila risiko tersebut terjadi. Pertanyaan (3) memberikan output berupa kontrol preventif untuk mengetahui tindakan untuk mencegah sebuah penyebab terjadi dan juga kontrol mitigasi untuk mengetahui tindakan yang dilakukan untuk mengurangi keparahan dari sebuah dampak, diskusi pada wawancara ini digunakan untuk memperjelas deskripsi dari setiap kontrol. Pertanyaan (4) memberikan output berupa detail dari sebuah risiko yang dapat terjadi di lapangan sehingga mempermudah untuk membayangkan. Pertanyaan (5) memberikan output yaitu berupa faktor ekskalasi dimana ketika sebuah kontrol belum sempurna maka diperlukan penyempurnaan dari faktor ekskalasi tersebut berupa kontrol ekskalasi. Diagram bowtie dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

D. Residual Risk

Residual risiko didapatkan berdasarkan hasil wawancara terhadap 2 para ahli yaitu HSE Manager dan HSE Supervisor. Ada 2 pertanyaan yang disampaikan kepada para ahli untuk menanyakan opini mengenai pengendalian dan residual risiko yaitu: (1) Apakah kontrol dari setiap risiko

Tabel 6.
Rekapitulasi Penilaian Risiko

Kode	Likelihood Index (%)	Rank	Severity Index (%)	Rank	Matrix Category	Kode	Likelihood Index (%)	Rank	Severity Index (%)	Rank	Matrix Category
1a	54	2	58	2	H	5g	67	2	58	2	H
1b	42	2	38	1	M	5h	42	1	33	1	M
1c	58	2	54	2	H	5i	38	2	67	3	H
1d	38	1	63	3	H	5j	33	3	63	3	H
1e	25	1	42	2	M	5k	33	2	75	3	H
2a	50	2	54	2	H	5l	25	2	54	2	H
2b	58	2	46	2	H	5m	38	2	75	3	H
2c	50	2	54	2	H	5n	54	2	50	2	H
3a	50	2	46	2	H	5o	33	2	25	1	L
3b	50	2	58	2	H	5p	33	2	38	1	L
3c	50	2	33	1	M	5q	38	1	50	2	L
3d	50	2	38	1	M	5r	54	1	42	2	H
3e	33	1	46	2	M	6a	42	2	54	2	H
3f	29	1	38	1	L	6b	58	1	83	4	E
3g	58	2	29	1	M	6c	50	1	75	3	H
3h	42	2	58	2	H	6d	17	2	75	3	H
3i	50	2	29	1	M	6e	46	1	50	2	H
3j	58	2	42	2	H	6f	46	2	50	2	H
3k	25	1	42	2	L	6g	50	2	50	2	H
3l	46	2	50	2	H	6h	46	2	58	2	H
3m	29	1	29	1	L	6i	38	1	75	3	H
3n	29	1	50	2	L	6j	54	2	54	2	H
3o	29	1	50	2	L	6k	33	2	67	3	H
3p	75	3	38	1	H	6l	29	1	75	3	H
3q	75	3	54	2	H	6m	38	2	75	3	H
4a	58	2	58	2	H	6n	38	2	75	3	H
4b	33	1	25	1	L	6o	33	1	75	3	H
5a	63	3	38	1	H	6p	46	1	46	2	H
5b	75	3	46	2	H	6q	38	2	63	3	H
5c	63	3	38	1	H	6r	63	1	63	3	E
5d	46	2	75	3	H	6s	33	3	63	3	H
5e	42	2	38	1	M	6t	33	1	83	4	E
5f	42	2	33	1	M	6u	21	1	67	3	H

yang ekstrim sudah sesuai dengan hirarki kontrol, dan (2) Ketika kontrol-kontrol tersebut sudah dilaksanakan akan mengurangi probabilitas frekuensi serta keparahan risiko sampai skala berapa. Pertanyaan tersebut memberikan output berupa opini dan juga frekuensi probabilitas dan keparahan.

Setelah dilakukannya pengendalian risiko berdasarkan hierarki kontrol dan disesuaikan dengan matriks risiko pada Tabel 2. Berdasarkan hasil wawancara dengan para ahli, didapatkan 3 *extreme risk* yaitu pada matriks (2x4), (3x3) dan (1x4) setelah dilakukan kontrol preventif untuk penyebab dan kontrol *recovery* untuk dampak, risiko yang ekstrim dapat diminimalisir menjadi kategori *medium risk* dengan matriks (1x2).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan analisis penyebab, dampak, dan kontrol menggunakan metode bowtie, (1) Risiko yang dominan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1) yaitu pekerjaan girder dengan *hazard* mobilisasi segmen balok girder dengan truk trailer, memiliki *top event*/risiko segmen balok girder terguling (6b), pekerjaan girder dengan *hazard erection* girder ke atas pier, memiliki

top event/risiko *sling crane* terputus/terlepas saat pengangkatan girder (6r), pekerjaan girder dengan *hazard erection* girder ke atas pier, memiliki *top event*/risiko girder runtuh (6t). Berdasarkan hasil analisa dengan Metode Bowtie didapatkan penyebab, dampak, kontrol preventif dan kontrol *recovery* dari ketiga risiko yang dianggap ekstrim. Kontrol-kontrol tersebut sudah memperhatikan hierarki pengendalian berdasarkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja berbasis SNI ISO 45001:2018 yang tergolong dalam kategori Administratif, Pengendalian Teknis, dan Penggunaan APD. Kontrol tersebut sudah sesuai untuk menghindari segala *unsafe condition* dan *unsafe acts* pada Proyek Pembangunan Tol Yogyakarta – Bawen Paket 1 (Seksi 1). Penelitian ini juga dapat diaplikasikan ke proyek jalan *elevated* yang lain serta proyek lain yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Pusat Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Pemerintah Pusat Republik Indonesia, LN. 2012 No. 100, TLN No. 5309, LL SETNEG : 17 HLM, 2012.
- [2] S. Australia and S. N. Zealand, *AS/NZS 4360:2004 Risk Management*.

Strathfield, New South Wales: Standards Association of Australia, ISBN: 0-7337-2647-X, 2004.

- [3] L. Le-Hoai, Y. D. Lee, and J.-Y. Lee, "Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: a comparison with other selected countries," *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 12, no. 6, pp. 367–377, 2008, doi: 10.1007/s12205-008-0367-7.
- [4] International Standard, IEC/FDIS 31010 *Risk management—Risk Assessment Techniques*. Jenewa, Swiss: International Electrotechnical Commission, 2009.