

Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Bowtie pada Proyek The Grandstand Surabaya

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

Abstrak—Risiko dapat didefinisikan sebagai suatu kemungkinan dari suatu kejadian yang dapat mempengaruhi suatu tujuan. Proyek konstruksi The Grandstand merupakan bangunan tingkat tinggi yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja sehingga perlu dilakukan analisa risiko untuk mengantisipasi kemungkinan kecelakaan kerja. Penelitian ini menggunakan standar *Risk Management Standard AS/NZ 4360:1999*. Penelitian ini dilakukan identifikasi risiko dengan menyebarkan kuisioner survey pendahuluan dan survey utama. Setelah itu dilakukan penilaian risiko berdasarkan hasil penyebaran kuisioner pada survey utama, dengan perhitungan likelihood dan severity yang kemudian didapatkan matriks analisis risiko sehingga dapat diketahui risiko kecelakaan kerja yang paling dominan. Kemudian risiko tersebut di analisis penyebab, dampak, dan kontrolnya menggunakan analisis metode bowtie. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui risiko kecelakaan kerja yang paling dominan yaitu alat berat excavator terjatuh pada hazard kondisi tanah becek/licin dan pekerja jatuh dari ketinggian pada hazard pengerjaan bekisting kolom. Setelah itu dilakukan analisis menggunakan metode bowtie sehingga diperoleh hasil bahwa penyebab dari risiko tersebut yaitu pekerja ceroboh atau tidak fokus, dampak dari risiko tersebut adalah alat berat(excavator) terperosok ke lubang dan pekerja terjatuh dari ketinggian yang bisa dimitigasi dengan dilakukannya pemakaian APD dan *fall arrest system* yang benar dan melakukan kampanye pemakaian APD oleh pihak K3 untuk mencegah risiko kecelakaan kerja.

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

I. PENDAHULUAN

PEMBANGUNAN di Indonesia setiap tahun selalu mengalami perubahan yang sangat pesat. Pembangunan dalam hakikatnya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan membangun berbagai sarana atau aset penunjang dalam kehidupan bermasyarakat. Seiring dengan globalisasi, pembangunan dalam berbagai bidang pun terpacu untuk mampu bersaing dengan tuntutan zaman. Pembangunan perekonomian yang ditandai dengan meningkatnya pendapatan perkapita, menurunnya tingkat pengangguran menunjukkan kemajuan pembangunan di Indonesia yang patut untuk di banggakan.

Pembangunan proyek gedung bertingkat merupakan salah satu pembangunan yang sangat beresiko tinggi dalam hal kecelakaan kerja. Pelaksanaan metode yang tidak baik atau tidak akurat dan kurang teliti dapat mengakibatkan risiko kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja di Indonesia saat ini secara umum masih terbilang terabaikan. Kecelakaan kerja dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang tidak di rencanakan yang dapat mengganggu jalanya aktivitas pada proyek. Hal-hal tersebut dapat diperbaiki dengan penggunaan alat keselamatan, peningkatan standar

lingkungan kerja

Proyek The Grand Stand Apartement yang beralamat di Jl. Raya Darmo Permai Selatan nomor. 90 Surabaya ini merupakan bangunan yang tergolong sebagai *High Risk Building*, memungkinkan terjadinya berbagai risiko kecelakaan kerja. Proyek The Grand Stand Apartement direncanakan akan dibangun 31 lantai dengan luas bangunan 29.361 m². Kondisi lapangan tidaklah cukup aman dikarenakan banyak lokasi yang tidak ada *safetynett* atau rambu-rambu lainnya di lokasi proyek. Untuk mengurangi dampak yang merugikan dalam pencapaian tujuan fungsional proyek tersebut, maka diperlukan suatu system manajemen K3 yang tepat untuk mencegah dan meminimalisir terjadinya resiko kecelakaan kerja, salah satunya yaitu dengan menganalisis risiko kecelakaan kerja. Analisis risiko kecelakaan kerja yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan metode *Bowtie*.

Penggunaan metode *Bowtie Analysis* sangat efisien karena dalam metode ini akan didapatkan penyebab (*Causes*), Dampak (*Effects*), dan Kontrol (*Control Measure Prevention* dan *Control Measure Mitigation*) dari kemungkinan kecelakaan kerja yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam memitigasi risiko kecelakaan kerja dalam proyek The Grand Stand Apartement.

A. Permasalahan Utama

Implementasi manajemen risiko K3 dengan metode bowtie pada proyek The Grand Stand Apartement.

B. Detail Permasalahan

Permasalahan dari penelitian ini meliputi: (1) Apa saja *hazard* pada pelaksanaan proyek The Grandstand Apartement?. (2) Risiko-risiko kecalakaan kerja apa saja yang paling dominan pada tahap pelaksanaan proyek pembangunan The Grandstand Apartement?. (3) Apa saja penyebab (*Causes*), Dampak (*Effects*), dan Kontrol (*Control Measure Prevention* dan *Control Measure Mitigation*) dari kemungkinan kecelakaan kerja yang dominan pada pelaksanaan The Grand Stand Apartement?.

II. ANALISIS DAN PERHITUNGAN

A. Identifikasi Risiko

Data risiko yang mungkin terjadi diperoleh dari kuisioner pdnahuluan yang didasarkan dari studi literatur terkait variabel risiko yang ada [1-2]. Risiko dikatakan relevan jika mungkin terjadi atau sudah terjadi pada proyek yang telah berlangsung dan dapat dikatakan tidak relevan apabila variabel risiko yang tidak terjadi pada proyek yang sedang berlangsung. Dalam proses ini responden yang akan

Tabel 1.
Variabel *hazard* dan *risk* yang relevan

No	Item Pekerjaan	Hazard	Risk	Kode	
1	Pekerjaan Persiapan	Penggunaan alat berat pada saat pembersihan lahan (dozer, dumptruck, excavator)	Pekerja Tertabrak alat berat	1a	
			Alat berat menabrak peralatan / material lainnya di lokasi (Kehilangan kendali dari alat berat)	1b	
			Pekerja Tertimpa Material	1c	
			Pekerja tergores material benda tajam	1d	
			Pekerja tertimpa material yang roboh/ambruk	1e	
			Pekerja Tertimbun tanah	2a	
			Pekerja terperosok/jatuh	2b	
			Alat berat terjatuh	2c	
			Pekerja terperosok/jatuh	2d	
			Alat berat terjatuh	2e	
2	Pekerjaan galian dan urugan	Kondisi tanah becek/licin	Pekerja tertabrak alat berat (Kehilangan kendali dari alat berat)	2f	
			Alat berat menabrak peralatan / material lainnya di lokasi	2g	
			Pekerja tertimpa material	2h	
			Lubang galian tergenang air	2i	
			Lubang galian terbuka tidak aman	2j	
			Pekerja tersengat listrik akibat terjadinya korsleting listrik	3a	
			Terjadi kebakaran akibat terjadinya korsleting listrik	3b	
			Penggunaan alat berat pada saat pemancangan (pile driver)	3c	
			Sling putus	3d	
			Tower crane collapse	3e	
3	Pemancangan	Lokasi pemancangan yang tidak steril/tidak bersih	Boom/jib patah	3f	
			Pekerja tertusuk material tajam berserakan	3g	
			Pekerja tergores material tajam berserakan	3h	
			Pekerja tertusuk	3i	
			Pekerja tergores	3j	
			Pekerja terpotong	3k	
			Pekerja tertimbun tanah longsor	3l	
			Pekerja terperosok/terjatuh	3m	
			Alat berat terperosok/terjatuh	3n	
			Pekerja terperosok/terjatuh	3o	
4	Pekerjaan Bekisting	Kondisi tanah becek/licin	Alat berat terperosok/terjatuh	3p	
			Alat berat terguling	3q	
			Pekerja terjatuh dari ketinggian	4a	
			Pengerjaan bekisting pada ketinggian	4b	
			Pemasangan bekisting menggunakan peralatan tajam (manual)	Pekerja tertusuk	4c
			Pekerja tergores	4d	
			Pekerja terpotong	4e	
			Pemasangan bekisting yang tidak kokoh	Pekerja tertimpa bekisting yang ambruk/roboh	4f
			Pekerja terjepit bekisting	4g	

digunakan adalah divisi *QHSE* dengan pertimbangan divisi tersebut adalah pihak yang memahami terkait risiko yang ada di proyek. Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan detail variabel *Hazard* dan *risk* yang tergolong relevan:

B. Penilaian Risiko

Penilaian risiko dilakukan dengan menggunakan metode kuisioner (kemungkinan dan keparahan). Dalam melakukan penilaian risiko digunakan skala penilaian *Probability* dan *Impact* yang didasarkan pada Standar AS/NZS 4360 [3].

Tabel 3 kemungkinan kejadian (*Probability*) dan Dampak (*Impact*) terdapat dalam lampiran. Dilakukan perhitungan dengan menggunakan skala angka 0 sampai 4. Selanjutnya dilakukan penyesuaian tabel gabungan antara kedua klasifikasi tersebut. selanjutnya dilakukan pengelompokan data sesuai dengan hasil kuisioner tersebut.

Responden yang akan diambil datanya yaitu Staff lapangan, Site Engineer, Safety Officer, Chief Supervisor, dan Project Manager.

Rumus *Likelihood Index* dan *Severity Index* [4].

$$LI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i \cdot n_i}{4N} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i \cdot n_i}{4N} \times 100\%$$

Dimana:

a = konstanta penilaian (0 s/d 4)

ni = probabilitas responden

i = 0,1,2,3,4, ...n

N = total jumlah responden

Hasil dari penilaian risiko pada Tabel 4 yang tergolong dominan akan digunakan sebagai *top event* untuk pembuatan diagram *Bowtie*.

C. Bowtie Analysis

Pembuatan *Bowtie* dilakukan sesuai dengan risiko-risiko yang telah ada pada kuisioner dan mencari penyebab dari risiko tersebut yang bisa dilakukan dengan diskusi dan studi literatur. Berikut adalah tahapan untuk menganalisa permasalahan menggunakan *Bowtie Analysis* yaitu sebagai berikut [4]:

1) *Identify the Bowtie Hazard*

The bowtie hazard terdiri dari 2 item yaitu bahaya/hazard dan event yang akan terjadi. Hazard: Bahaya memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan, termasuk sakit dan

Tabel 2.
Variabel *hazard* dan *risk* yang relevan lanjutan

No	Item Pekerjaan	Hazard	Risk	Kode		
5	Pekerjaan Pembesian	Penggunaan peralatan tajam pada saat pembesian (bar bender, bar cutter, kawat bendrat) Peralatan yang menggunakan sumber listrik (genset) Lokasi pembesian yang tidak steril/tidak bersih	Pekerja tertusuk	5a		
			Pekerja tergores	5b		
			Pekerjaan terpotong	5c		
			Pekerja tersengat listrik akibat terjadinya korsleting listrik	5d		
			Terjadi kebakaran akibat terjadinya korsleting listrik	5e		
		6	Pengecoran	Pembesian pada ketinggian	Pekerja tertusuk material tajam berserakan	5f
					Pekerja terjatuh dari ketinggian	5g
					Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	5h
					Pekerja tertabrak alat berat	6a
					Penggunaan alat berat pada saat pengecoran (concrete mixer, concrete pump truck)	Alat berat menabrak peralatan / material lainnya di lokasi (Kehilangan kendali dari alat berat)
7	Pekerjaan Atap			Pengecoran di ketinggian	Pekerja tertimpa material	6c
					Pekerja tersemprot beton	6d
					Pekerja jatuh dari ketinggian	6e
					Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	6f
					Pekerja terjepit beton	6g
		Pemasangan atap pada ketinggian	Pekerja terkena cipratan beton	6h		
			Pekerja tersemprot beton	6i		
			Pekerja tersengat listrik akibat terjadinya korsleting listrik	6j		
			Terjadi kebakaran akibat terjadinya korsleting listrik	6k		
			Pekerja tertusuk material tajam berserakan	6l		
Pengeelasan	Penggunaan Tower Crane dan Chainblock untuk mengangkat material	Sling putus	7a			
		Tower crane collapse	7b			
		Boom/jib patah	7c			
		Pekerja terjatuh dari ketinggian	7d			
		Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	7e			
Peralatan yang menggunakan sumber listrik (genset)		Pekerja terpapar pancaran sinar dan percikan api las	7f			
		Pekerja Menghirup gas	7g			
		Kebisingan di area pekerjaan	7h			
		Pekerja tersengat listrik akibat terjadinya korsleting listrik	7i			
		Terjadi kebakaran akibat terjadinya korsleting listrik	7j			

Tabel 3.
Skala penilaian *probability* dan *impact*

Level	Descriptor	Uraian
A	<i>Almost Certain</i>	Dapat terjadi setiap saat
B	<i>Likely</i>	Sering
C	<i>Possible</i>	Dapat terjadi sekali-sekali
D	<i>Unlikely</i>	Jarang
E	<i>Rare</i>	Hampir tidak pernah, sangat jarang terjadi

Tabel 4.
Matriks kemungkinan dan keparahan

Likelihood	Severity				
	Insignifcant (1)	Minor (2)	Moderate (3)	Major (4)	Catastrophic (5)
Almost Certain (A)	H	H	E	E	E
Likely (B)	M	H	H	E	E
Moderate (C)	L	M	H	E	E
Unlikely (D)	L	L	M	H	E
Rare (E)	L	L	M	H	H

cedera, keru sakan properti, produk atau lingkungan, dan kerugian produksi.

2) *Assess the Threats*

Ancaman berada di sisi paling kiri dari diagram. Ancaman adalah sesuatu yang berpotensi akan menyebabkan pelepasan dari bahaya yang telah diidentifikasi [5].

3) *Assess the Consequences*

Konsekuensi berada di sisi paling kanan dari diagram. Konsekuensi adalah dampak dari pelepasan bahaya.

4) *Control*

Kontrol adalah ukuran pelindung (kendali) diberlakukan untuk mencegah ancaman dari melepaskan bahaya. Pada diagram bowtie, mereka duduk diantara threats dan top event.

5) *Recover*

The recovery controls duduk di antara top event dan consequence. recovery controls adalah teknik, operasional, dan organisasi yang membatasi konsekuensi yang timbul dari event.

6) *Identify the Threats to the Controls*

Threats to the controls adalah kondisi yang menyebabkan peningkatan risiko akibat pelepasan bahaya dari kontrol.

7) *Identify the Controls for the Threats to the Controls*

Harus diletakkan di tempat untuk memastikan bahwa ancaman terhadap kontrol tidak menyebabkan kontrol tersebut gagal.

Tabel 5.
Hasil penilaian risiko

Kode	Likelihood Index (LI)	Rank	Severity Index (SI)	Rank	Kategori Matriks	Kode	Likelihood Index (LI)	Rank	Severity Index (SI)	Rank	Kategori Matriks
1a	95%	4	5%	0	H	4d	60%	3	20%	1	H
1b	50%	2	5%	0	L	4e	65%	3	20%	1	H
1c	50%	2	0%	0	L	4f	55%	2	15%	0	L
1d	70%	3	25%	1	M	4g	55%	2	10%	0	L
1e	55%	2	0%	0	L	5a	95%	4	10%	0	H
2a	70%	4	15%	0	H	5b	75%	3	25%	1	H
2c	55%	3	10%	0	M	5c	70%	3	15%	0	M
2d	35%	2	15%	0	L	5d	55%	2	20%	1	M
2e	80%	4	55%	2	E	5e	50%	2	15%	0	L
2f	65%	3	35%	1	H	5f	50%	2	15%	0	L
2g	75%	3	15%	0	M	5g	65%	3	25%	1	H
2h	70%	3	0%	0	M	5h	70%	3	15%	0	M
2i	60%	3	10%	0	M	6a	55%	2	15%	0	L
2j	65%	3	35%	1	H	6b	65%	3	15%	0	M
3a	65%	3	15%	0	M	6c	60%	3	30%	1	H
3b	65%	3	15%	0	M	6d	55%	2	15%	0	L
3c	70%	3	20%	1	H	6e	80%	4	40%	2	E
3d	70%	3	20%	1	H	6f	70%	3	15%	0	M
3e	70%	3	15%	0	M	6g	60%	3	10%	0	M
3f	60%	3	15%	0	M	6h	70%	3	20%	1	H
3g	65%	3	5%	0	M	6i	60%	3	15%	0	M
3h	70%	3	20%	1	H	6j	75%	3	15%	0	M
3i	65%	3	30%	1	H	6k	65%	3	15%	0	M
3j	65%	3	15%	0	M	6l	70%	3	20%	1	H
3k	75%	3	25%	1	H	7a	65%	3	20%	1	H
3l	70%	3	15%	0	M	7b	65%	3	20%	1	H
3m	65%	3	25%	1	H	7c	65%	3	15%	0	L
3n	65%	3	15%	0	M	7d	70%	3	50%	2	H
3o	65%	3	5%	0	M	7e	70%	3	5%	0	M
3p	70%	3	15%	0	M	7f	65%	3	10%	0	M
3q	60%	3	15%	0	M	7g	65%	3	5%	0	M
4a	90%	4	60%	3	E	7h	60%	3	5%	0	M
4b	65%	3	10%	0	M	7i	65%	3	20%	1	H
4c	55%	2	10%	0	L	7j	65%	3	20%	1	H

D. Penanganan Risiko

Dalam perencanaan mitigasi risiko dilakukan dengan memperhatikan penyebab risiko itu terjadi yang telah diperoleh dari hasil *Bowtie*, Risiko yang akan dimitigasi adalah risiko mayor dan penyebab risiko yang sering keluar. Bentuk pencegahan dan penanganan risiko akan dilakukan dengan metode studi literatur dan wawancara dengan divisi QHSE.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko dilakukan dengan melakukan studi literatur terkait risiko kecelakaan kerja yang selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap relevansi variabel risiko melalui kuisioner, dari hasil studi literatur didapatkan 69 variabel risiko yang akan di konfirmasi relevansinya dengan menggunakan kuisioner kepada divisi QHSE.

B. Penilaian Risiko

Penilaian risiko dilakukan dengan penyebaran kuisioner probability and impact terhadap 5 responden Staff lapangan, Site Engineer, Safety Officer, Chief Supervisor, dan Project Manager yang selanjutnya di proses dalam rumus *Likelihood Index* dan *Severity Index* untuk memperoleh tingkat dampak yang digunakan untuk pengelompokan risiko (Tabel 5).

Dari Tabel 5 sikap peringkat risiko diatas maka terdapat 3 variabel dengan tingkat risiko "Ekstrim" yaitu pada variabel 2e, 4a, dan 6e. variabel dengan tingkat risiko "Esktrim"

memiliki pengaruh yang cukup besar dalam pelaksanaan proyek tersebut dan dianggap dominan, sehingga layak untuk dianalisis kembali penyebab, dampak, dan kontrol dari variabel tersebut dengan metode *Bowtie Analysis*.

C. Bowtie Analysis

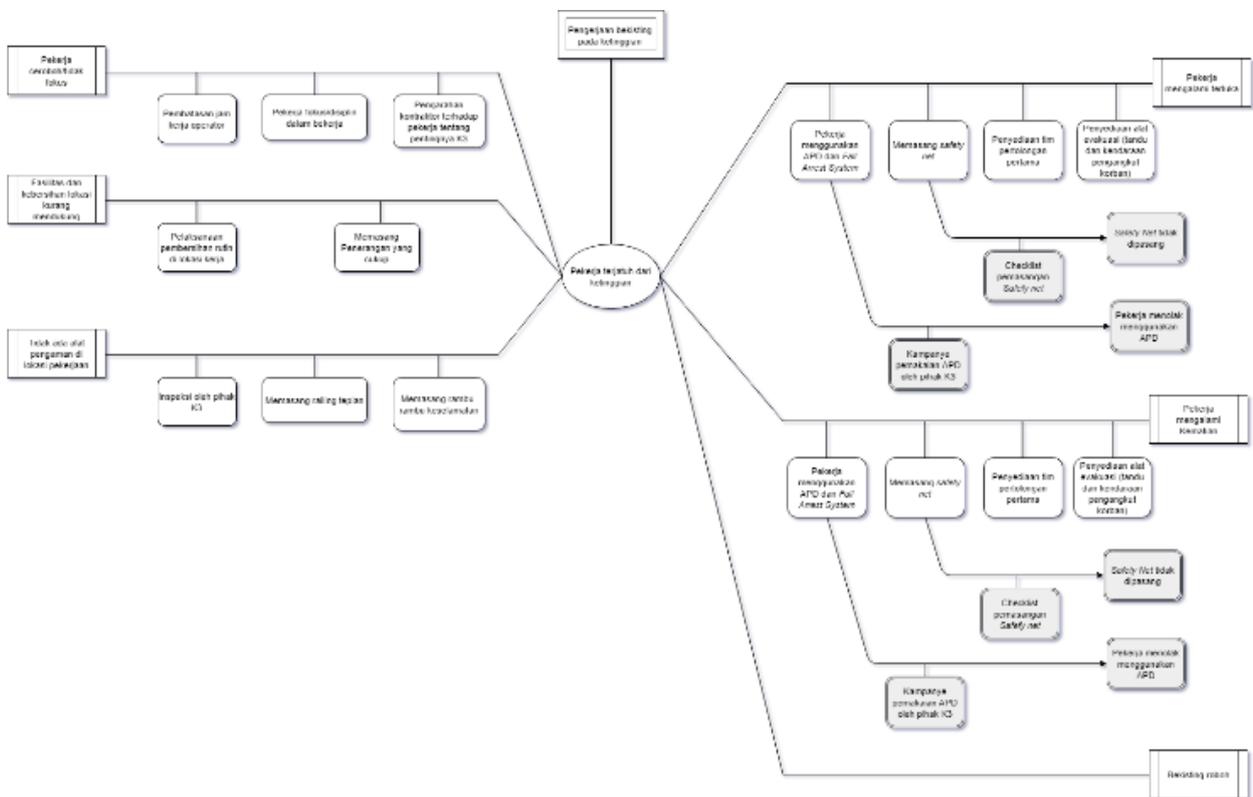
Setelah didapatkan variabel risiko "ekstrim" atau dominan dari penilaian tingkat risiko maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode bowtie untuk menganalisis penyebab, dampak serta kontrol dari risiko tersebut. Didapatkan 3 variabel dengan tingkat risiko "ekstrim" yaitu pada variabel 2e (alat berat terjatuh), 4a (pekerja jatuh pada ketinggian saat pekerjaan bekisting kolom), dan 6e (pekerja jatuh pada ketinggian saat pengecoran). Tetapi hanya dari variabel jatuh dari ketinggian dipilih hanya 4a dikarenakan kemungkinan dan keparahan presentase lebih tinggi dari variabel 6e. Berikut adalah diagram bowtie dari risiko yang tergolong "Ekstrim" yang terpilih yaitu pada Gambar 1 dan Gambar 2.

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis risiko dapat ditimbulkan bahwa: (1) Berikut ini adalah risiko kecelakaan kerja yang dominan pada proyek The Grandstand Apartement Surabaya adalah: (a) Pekerjaan galian dan urugan dengan hazard kondisi tanah becek dan licin, berisiko alat berat (excavator) terjatuh (2e). (b) Pekerjaan bekisting dengan hazard pengerjaan bekisting pada ketinggian (kolom), berisiko pekerja terjatuh dari ketinggian (4a). (2) Penyebab (cause), dampak (effects), dan



Gambar 1. Diagram bowtie alat berat (excavator) terjatuh.



Gambar 2. Diagram bowtie pekerja terjatuh dari ketinggian.

kontrol (control measure) dari risiko alat berat terjatuh yaitu: Penyebab dan Kontrolnya: (a) Operator mesin/pekerja tidak fokus atau kelelahan meliputi: pembatasan jam kerja operator, pengarahan kontraktor terhadap pekerja tentang pengetahuan K3. (b) Kondisi alat berat yang sudah tua, melakukan pengecekan berkala alat berat. (c) Cuaca Ekstrim, mengetahui informasi cuaca pada saat proyek berlangsung. (d) Kelebihan beban material, pemeliharaan alat berat secara berkala. Dampak dan Kontrolnya: pekerja mengalami luka berat/kematian, pekerja menggunakan APD dengan benar.

Faktor eskalasi: Pekerja menolak menggunakan APD dengan benar, kontrol faktor eskalasi: kampanye pemakaian APD oleh pihak K3. Alat berat tidak berfungsi dengan baik. Perbaikan alat berat, faktor eskalasi: alat berat masih dioperasikan walaupun dalam kondisi yang kurang baik,

kontrol eskalasi: inspeksi rutin terhadap kelayakan alat berat tersebut.

(3) Penyebab (cause), dampak (effect), dan kontrol (control measure) dari risiko pekerja terjatuh dari ketinggian yaitu penyebab dan kontrolnya: pekerja ceroboh/tidak fokus, pembatasan jam kerja operator, fasilitas dan kebersihan lokasi kurang mendukung, pelaksanaan pembersihan rutin dilokasi kerja, tidak ada alat pengaman di lokasi pekerjaan, inspeksi oleh pihak K3. Dampak dan kontrolnya: pekerja mengalami terluka, pekerja menggunakan APD dan fall arrest system.

Faktor eskalasi: pekerja menolak menggunakan APD, kontrol eskalasi: Kampanye pemakaian APD oleh pihak K3, memasang safety net. Faktor eskalasi: Safety Net tidak dipasang, kontrol eskalasi: ceklis pemasangan safety net.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fadhillah, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Bowtie pada Proyek One Galaxy Surabaya," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [2] M. A. Gita, "Analisa Risiko Kecelakaan Kerja Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan FTA (Fault Tree Analysis)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [3] AS/NZS 4360, *The Australian and New Zealand Standard in Risk Management*, 3rd ed. NSW Australia: Broadleaf Capital International Pty Ltd, 2004.
- [4] S. Lewis and K. Smith, "Lessons Learned from Real World Application of the Bow-tie Method/Prepared for Presentation at American Institute of Chemical Engineers 2010 Spring Meeting 6th Global Congress on Process Safety San Antonio, Texas, March 22--24, 2010," 2010.
- [5] S. Ramli, *Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001*, 1st ed. Jakarta, 2010.