

**ANALISIS RESIKO KECELAKAAN
KERJA PADA PROYEK
PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH,
LABORATORIUM, DAN BENGKEL
JURUSAN TEKNIK MESIN,
POLITEKNIK NEGERI MALANG
DENGAN METODE *FAULT TREE*
ANALYSIS (FTA)**

**Bagus Firman Mahardika¹⁾, Syamsul
Arifin²⁾ dan Paksitya Purnama Putra^{3,*)}**

¹⁾Teknik Sipil, Universitas Jember, Email :
bagusmahardika180897@gmail.com

²⁾Teknik Sipil , Universitas Jember, Email :
syamsul.teknik@unej.ac.id

³⁾Teknik sipil, Universitas Jember, Email :
paksitya.putra@unej.ac.id

ABSTRAK

Keselamatan dan kesehatan kerja adalah hal yang perlu diperhatikan. Zaini Z. Ikhsan, selaku ketua umum Asosiasi Ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja mengatakan bahwa setiap tahun terjadi 96000 kasus kecelakaan kerja. Kesadaran pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja untuk memberikan rasa aman dan pencegahan terhadap kecelakaan kerja merupakan hal yang mampu untuk meningkatkan produktifitas kerja. Studi ini bertujuan untuk menganalisa resiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi pembangunan gedung kuliah, laboratorium, dan bengkel jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang. Metode yang digunakan adalah metode Fault Tree Analysis (FTA). Hasil studi menunjukkan bahwa 2 dari 34 resiko yang diteliti memiliki dampak resiko yang besar yakni pekerja terluka terkena besi pada pekerjaan pembesian dan pekerja terjatuh pada pekerjaan plafond. Kedua resiko yang memiliki dampak terbesar termasuk dalam quadrant 1 pada risk map. Resiko-resiko yang masuk ke dalam quadrant 1 memiliki arti bahwa resiko tersebut harus

diperhatikan secara serius dan memerlukan penanganan cepat.

Kata Kunci : dampak, kesehatan, keselamatan, risk map.

ABSTRACT

Occupational safety and health are things that need attention. Zaini Z. Ikhsan, chairman of the Occupational Safety and Health Expert Association, said that every year 96,000 work accident cases occur. Importance awareness of occupational safety and health to provide a sense of security and prevention of workplace accidents can increase work productivity. This study aims to analyze the risk of work accidents in the construction projects of lecture buildings, laboratories, and workshops majoring in Mechanical Engineering, State Polytechnic of Malang. The method used is the Fault Tree Analysis (FTA) method. The results of the study showed that 2 of the 34 risks studied had a significant risk impact, namely workers injured by exposure to iron in the commissioning work and workers falling on the ceiling work. The two risks that have the most significant impact are included in quadrant 1 on the risk map. Risks that go into quadrant 1 means that these risks must be taken seriously and require quick treatment.

Key Word: impact, health, safety, risk map.

1. PENDAHULUAN

Manusia memiliki peranan aktif dalam setiap kegiatan organisasi dikarenakan manusia akan menjadi perencana, penentu serta pelaku organisasi. Keberhasilan suatu organisasi tentunya akan ditunjang oleh kinerja para karyawan. Untuk itu kesehatan dan keselamatan kerja para pekerja perlu diperhatikan dengan cara adanya

pengawasan terhadap perilaku pekerja, peralatan yang digunakan oleh pekerja dan lingkungan kerja

Kesehatan kerja dalam perusahaan adalah hal yang spesial dalam ilmu kesehatan beserta dengan prakteknya yaitu mengadakan penilaian terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan penyakit dalam lingkungan kerja yang mana hasilnya nanti digunakan untuk dasar tindakan korektif atau pencegahan kepada lingkungan sekitarnya. Menurut Darmawi (2014), risiko, hazard (bahaya), dan peril (musibah) adalah hal yang berbeda dalam pengertiannya, meskipun mayoritas orang menganggapnya sama. Peril adalah suatu peristiwa yang dapat dan langsung menyebabkan kerugian, Hazard adalah keadaan yang menimbulkan atau meningkatkan terjadinya Chance of loss dari suatu bencana tertentu. Sedangkan menurut Rijanto (2011) bahaya merupakan segala sesuatu atau tindakan yang menimbulkan kecelakaan, cedera, luka, dan sakit pada manusia, atau kerusakan pada alan dan lingkungan.

Keselamatan kerja dalam perusahaan adalah dengan memperhatikan tindakan dalam bekerja, ini berfungsi sebagai penghindar dari resiko kecelakaan kerja yang sering terjadi karena adanya kelalaian atau kurang diperhatikan, ini bisa dibuktikan dengan banyaknya jumlah pekerja yang tidak menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) secara lengkap. Untuk merealisasikan K3 dengan baik dalam suatu perusahaan, maka perlu diadakannya sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3) sebagai meminimalisir angka kecelakaan kerja. Menurut Sucipto (2014) K3 merupakan usaha yang dilakukan untuk memberikan suatu perlindungan terhadap segala resiko/bahaya yang terjadi secara fisik, mental, ataupun emosional kepada para pekerja ataupun perusahaan. Kesehatan dan keselamatan kerja sering terabaikan di Indonesia yang dibuktikan dengan masih

tingginya angka kecelakaan kerja. Menurut Anas Zaini Z Iksan, selaku Ketua Umum Asosisasi Ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja (A2K4) mengatakan bahwa setiap tahun terjadi 96.000 kasus, yang didominasi terjadi pada proyek jasa konstruksi.

Studi ini membahas mengenai pengaruh penerapan K3 pada kinerja pekerja konstruksi pembangunan Gedung kuliah, Laboraturium, dan Bengkel Jurusan Teknik Mesin Polinema. Metode yang akan digunakan untuk menganalisa resiko kecelakaan kerja salah satunya adalah metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang lakukan adalah penelitian kualitatif dengan menggunakan konsep metode FTA (*Fault Tree Analysis*) yang dipusatkan pada penilaian resiko (*Risk Assesment*) faktor sumber daya manusia sebagai pelaku konstruksi. Penelitian ini akan menceritakan dan menggambarkan kejadian yang ada di lokasi, serta berbagai variabel yang terkait dengan permasalahan yang terkait atau biasa disebut penelitian secara deskriptif. Penelitian ini dilaksanakan di kawasan pembangunan Gedung Kuliah, Laboraturium, dan Bengkel Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

Penelitian dilakukan sejak minggu ke-2 bulan Februari 2020 hingga minggu ke-3 bulan April 2020. Diawali dengan studi literature dengan membaca beberapa referensi mengenai resiko – resiko yang biasa terjadi pada proyek pembangunan. Kemudian, mempelajari mengenai evaluasi penyebab resiko dan bagaimana tindakan mitigasinya. Selanjutnya penelitian dilakukan dengan membagikan kuisisioner pendahuluan yang berisi variabel – variabel resiko yang akan diteliti kepada sampel yang dituju. Tabel 1 menunjukkan pekerjaan yang diteliti.

Tabel 1.
Pekerjaan yang akan diteliti

NO	JENIS PEKERJAAN
A	Pekerjaan pengecoran
B	Pekerjaan bekisting
C	Pekerjaan pembesian
D	Pekerjaan pemasangan dinding
E	Pekerjaan pasang kusen
F	Pekerjaan pelapis lantai
G	Pekerjaan plafond
H	Pekerjaan sanitair
I	Pekerjaan railing
J	Penggunaan tower crane

Sumber : Data Sekunder PT Adhi Karya

Hasil dari kuisisioner pendahuluan selanjutnya digunakan untuk validasi dengan menggunakan rumus pearson pada rumusan 2 (Sylvia, 2015)

$$r = \frac{n(\sum XY) - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- n = Banyaknya pasangan data X dan Y
- $\sum x$ = Total Jumlah dari Variabel X
- $\sum y$ = Total Jumlah dari Variabel Y

Setelah validasi dilakukan, nilai yang terkolerasi dan tidak terkolerasi digunakan sebagai variabel kuisisioner utamayang mana di dalamnya berisi variabel yang telah dianggap relevan atau beresiko. Nilai yang tidak valid tidak disertakan dalam kuisisioner utama. Dalam kuisisioner utama terdapat tabel penilaian dengan skala 1-5 pada *probability* dan *impact* dimana nilai 1 merupakan nilai terendah dan nilai 5 merupakan nilai yang tertinggi.

Hasil dari penilaian variabel pada kuisisioner utama. Selanjutnya dicari *Severity Index* dengan rumus 1 (Yusuf, 2018)

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i x_i}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} (100\%) \dots\dots\dots(1)$$

Sebagai contoh yaitu dalam variabel “Terpercik api las” mendapatkan jawaban “frekuensi cukup” dari 2 responden, jawaban “sering” dari 1 responden dan jawaban “jarang” dari 2 responden, total jumlah responden adalah 5, maka pada frekuensi “Sangat jarang” dan “Sangat sering” nilainya 0, karena tidak ada responden yang memilih jawaban tersebut. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$SI = \frac{(0 \times 0) + (1 \times 2) + (2 \times 2) + (3 \times 1) + (4 \times 0)}{4 \times 5}$$

SI=45%

Nilai SI selanjutnya dikonversikan pada skala penilaian yang terdapat di tabel 2 :

Tabel 2.
Skala penilaian *severity index* (SI)

Severity Indeks (SI)	Keterangan
< 20	Sangat Rendah (SR)
>20 - 40	Rendah (R)
>40 - 60	Cukup (C)
>60 - 80	Tinggi (T)
>80 - 100	Sangat Tinggi (ST)

Sumber : Situmorang (2018)

Setelah mengetahui nilai SI, selanjutnyadilakukan perhitungan nilai tingkat risiko yaitu dengan mengkalikan nilai SI *Probabilityx Impact*. Berikut adalah skala penilaian untuk mengategorikan hasil perkalian.

1. Probabilitas
 - Sangat Rendah (SR) = 1
 - Rendah (R) = 2
 - Cukup (C) = 3
 - Tinggi (T) = 4
 - Sangat Tinggi (ST) = 5
2. Dampak
 - Sangat Rendah (SR) = 1
 - Rendah (R) = 2
 - Cukup (C) = 3
 - Tinggi (T) = 4

Sangat Tinggi (ST) = 5

Setelah dikategorikan dan dikalikan antara probabilitas dan dampak, hasil perkalian tersebut di plot ke dalam Matriks Probability dan Impact. berikut ini merupakan tabel matriks hasil perkalian

Probabilitas dengan dampak. Tabel 3 menunjukkan matriks penelitian.

Tabel 3
Matriks *probability x impact*

			impact				
			Infignificant	Minor	Moderate	Major	Catastropic
			1	2	3	4	5
Likelihood	Almost certain	5	5	10	15	20	25
	Likely	4	4	8	12	16	20
	Possible	3	3	6	9	12	15
	Unlikely	2	2	4	6	8	10
	Rare	1	1	2	3	4	5
LOW							
MODERATE							
HIGH							

Sumber : Situmorang (2018)

Nilai matriks yang termasuk dalam kategori *High* akan diteliti penyebab-penyebab risiko tersebut dengan metode *Fault Tree Analysis*(FTA). Penyebab-penyebab terkecil selanjutnya adalah menganalisis dengan menggunakan aljabar boolan. Setelah mendapatkan hasil dari analisa boolan, langkah terakhir adalah melakukan wawancara kepada bagian K3 untuk mengevaluasi penyebab-penyebab suatu risiko dan bagaimana tindakan mitigasi yang tepat untuk meminimalisir atau menghilangkan risiko tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4 menunjukkan risiko-risiko yang dianggap berpotensi terjadi pada proyek.

Tabel 4.
Risiko-risiko pada proyek

NO	Item Pekerjaan
A	Pekerjaan pengecoran (<i>Concreting</i>)
A1	Tertimpa <i>Bucket Concrete</i>
A2	Terjatuhnya pekerja dari ketinggian
A3	Jatuhnya material menimpa pekerja disebabkan <i>sling</i> yang putus
B	Pekerjaan bekisting (<i>Formwork installation</i>)
B1	Terjatuhnya pekerja dari ketinggian
B2	Tangan pekerja terkena serpihan kayu dan paku
B3	Terkena runtuh bekisting
C	Pekerjaan pembesian (<i>rebar & fabrication</i>)

NO	Item Pekerjaan
C1	Terlukanya pekerja terkena besi
C2	Tangan pekerja terkena <i>bar bender</i>
C3	Terjatuhnya pekerja dari ketinggian
D	Pekerjaan pemasangan dinding, plester, pasang keramik dan pengecatan
D1	Tertimpa material
D2	Debu mengganggu pernapasan
D3	<i>Precast</i> terjatuh dan menimpa pekerja
D4	Terjepitnya pekerja pada <i>precast</i>
D5	Cat terhirup pekerja
D6	Tercederai mesin pemotong keramik
D7	Tersengat listrik
E	Pekerjaan pasang kusen jendela dan pintu kayu
E1	Terkena mesin bor
E2	Terjepit kusen jendela dan pintu
E3	Tersengat listrik pada mesin bor
E4	Tertimpa kusen jendela dan pintu
F	Pekerjaan pelapis lantai (<i>plint lantai dan step nosing</i>)
F1	Tangan terkena <i>bar bender</i>
F2	Terhirupnya debu dari potong <i>plint</i> dan <i>step nosing</i> oleh pekerja
G	Pekerjaan <i>plafond</i> (<i>gyptile, gypsum, pengecatan</i>)
G1	Pekerja jatuh dari ketinggian
G2	Peralatan jatuh dan menimpa pekerja
G3	Menghirup cat
H	Pekerjaan <i>sanitair</i>

NO	Item Pekerjaan
H1	Peralatan <i>sanitair</i> jatuh dari ketinggian dan menimpa pekerja
H2	Pipa dan peralatan <i>sanitair</i> melukai pekerja
H3	Mesin pemotong pipa cedera pekerja
I	Pekerjaan <i>railing</i>
I1	Terjatuhnya pekerja dari ketinggian
I2	Listrik mesin menyengat pekerja
I3	Material jatuh menimpa pekerja
I4	Terpercik api las
J	Lifting material menggunakan <i>tower crane</i>
J1	Robohnya <i>crane</i> menimpa pekerja
J2	<i>Sling</i> putus menimpa pekerja

Sumber : Data Sekunder PT. Adhi Karya

Dari 34 variabel risiko yang dianggap berpotensi, seluruh responden menganggap bahwa risiko-risiko di atas adalah mungkin atau pernah terjadi, sehingga dalam tahap validasi berikutnya, seluruh variabel risiko tersebut tidak berkorelasi namun tetap valid. variabel yang valid selanjutnya dimasukkan dalam kuisisioner utama.

Tabel 5.
Probabilitas dengan tingkatan tinggi

NO	Probabilitas					Ttl	SI	Kat
B2	0	1	1	3	0	5	60	T
D2	0	0	2	3	0	5	65	T

Sumber : Data sekunder

Keterangan :

Ttl = Total atau Jumlah responden
 SI = *Severity Index* atau nilai risiko
 Kat = Kategori risiko

Dari tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa beberapa risiko dengan tingkatan

probabilitas tinggi terdapat pada pekerjaan bekisting (*formwork installation*) dan pekerjaan pemasangan dinding, plester, pasang keramik dan pengecatan. Selanjutnya mencari tingkat *impact* yang tergolong tinggi, dibawah ini adalah tabel *impact* dengan tingkatan tinggi.

Tabel 6.
Impact dengan tingkatan tinggi

NO	Probabilitas					Ttl	SI	Kat
A1	0	1	0	4	0	5	65	T
A2	0	0	1	1	3	5	85	ST
B1	0	0	1	3	1	5	75	T
C3	0	1	0	1	3	5	80	ST
D7	0	1	1	3	0	5	60	T
G1	0	0	0	3	2	5	85	ST
I1	0	0	0	3	2	5	85	ST
I2	0	0	2	3	0	5	65	T
J1	0	0	0	0	5	5	100	ST
J2	0	0	0	5	0	5	75	T

Sumber : Data sekunder

Keterangan :

Ttl = Total atau Jumlah responden
 SI = *Severity Index* atau nilai risiko
 Kat = Kategori risiko

Dari tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa beberapa risiko dengan tingkatan *impact* tinggi terdapat pada pekerjaan pengecoran (*Concerting*), pekerjaan bekisting (*Formwork installation*), pekerjaan pembesian (*rebar & fabrication*), pekerjaan pemasangan dinding, plester, pasang keramik dan pengecatan, pekerjaan *plafond* (*gyptile, gypsum, pengecatan*), pekerjaan *railing*, *lifting material* menggunakan *tower crane*.

Selanjutnya adalah mengkategorikan nilai *Severity Index* (SI) dan mengkalikan SI *probability* dengan SI *Impact*. Hasil perkalian antara SI *probability* dengan SI *Impact* dikategorikan kembali menggunakan Matriks *probability x impact*.

Nilai matriks antara 1 sampai 6 termasuk kategori *Low*, antara 8 sampai 12 termasuk kategori *Moderate*, dan antara 15 sampai 25 termasuk kategori *High*.

Tabel 7.
Risiko dengan kategori high

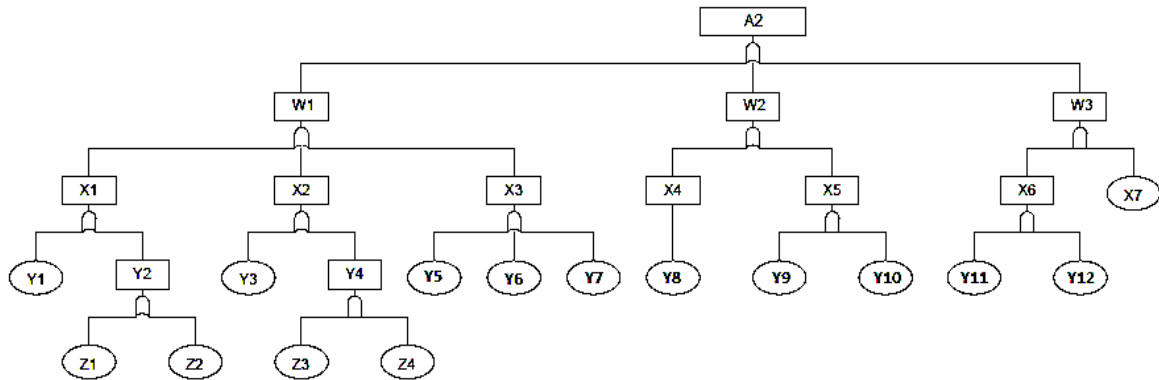
NO	SI	P	SI	1	Ttl	Kat
A2	C	3	ST	5	15	H
G1	C	3	ST	5	15	H

Sumber : Data sekunder

Keterangan :

Ttl = Total atau Jumlah responden
 SI = *Severity Index* atau nilai risiko
 Kat = Kategori risiko
 P = *Probability*
 I = *Impact*

Dari tabel 7 di atas dapat diketahui bahwa terdapat 2 pekerjaan yang didalamnya terdapat risiko dengan kategori *high*, ya itu risiko terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan pengecoran, dan terjatuh dari ketinggian dari pekerjaan *plafond*. Setelah mengkategorikan risiko dengan tabel matriks, langkah selanjutnya adalah membuat model *Fault Tree Analysis* (FTA) dari risiko yang tergolong *High*. Fungsi dari model FTA adalah untuk mengetahui penyebab-penyebab terkecil dari risiko tersebut. *Fault Tree Analysis* Risiko Terjatuh saat Pengecoran



Gambar 1.
Risiko Terjatuh saat Pengecoran

Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa terdapat banyak faktor yang menyebabkan terjadinya risiko terjatuh pada saat pengecoran. Terjatuh saat pengecoran biasanya disebabkan karena 3 faktor utama, yaitu faktor pekerja sendiri, faktor peralatan yang digunakan dan faktor lingkungan.

Tabel 8 dibawah ini nunjukkan keterangan setiap event penyebab risiko.

Tabel 8.
Keterangan *event* FTA pekerja terjatuh saat pengecoran

Event	Keterangan
A2	Terjatuh saat pengecoran
W1	Faktor personal
W2	Faktor peralatan
W3	Faktor lingkungan
X1	Stres
X2	Kurang terampil
X3	Ceroboh
X4	APD tidak dapat digunakan dengan baik
X5	APD berkualitas rendah
X6	Lantai kerja licin
X7	Terhempas angin kencang
Y1	Lelah

Event	Keterangan
Y2	Ada masalah
Y3	Kurang motivasi
Y4	Kurang terampil
Y5	Melamun
Y6	Meremehkan
Y7	Tergesa-gesa
Y8	APD tidak lengkap
Y9	Tidak diperhatikan
Y10	APD terlalu lama/tua digunakan
Y11	Hujan
Y12	Lumut
Z1	Kondisi tempat kerja
Z2	Permasalahan antar pekerja
Z3	Kurang pendidikan
Z4	Kurang pelatihan

Sumber : Data sekunder PT. Adhi Karya

Berikut ini adalah aljabar boeelan dari model grafis FTA di atas :

$$\begin{aligned}
 A2 &= W1+W2+W3 \\
 W1 &= X1+X2+X3 \\
 W2 &= X4+X5 \\
 W3 &= X6.X7 \\
 X1 &= Y1+Y2 \\
 X2 &= Y3+Y4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X3 &= Y5+Y6+Y7 \\ X4 &= Y8 \\ X5 &= Y9.Y10 \\ X6 &= Y11.Y12 \\ Y2 &= Z1+Z2 \\ Y4 &= Z3.Z4 \end{aligned}$$

Setelah menganalisis aljabar Boolean, langkah selanjutnya adalah mencari minimal *cut set*. Berikut adalah hasil kombinasi dari aljabar Boolean menurut hukum-hukumnya.

$$\begin{aligned} A2 &= W1+W2+W3 \\ &= X1+X2+X3+X4+X5+(X6.X7) \\ &= Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+ \\ &\quad Y8+(Y9.Y10)+((Y11.Y12).X7) \\ &= Y1+Z1+Z2+Y3+(Z3.Z4)+Y7+ \\ &\quad Y8+(Y9.Y10)+(X7.Y11.Y12) \end{aligned}$$

Tabel 9.
Minimal *cut set*

No	Kombinasi event
1	Y1
2	Z1
3	Z2
4	Y3
5	(Z3.Z4)
6	Y7
7	Y8
8	(Y9.Y10)
9	(X7.Y11.Y12)

Sumber : Data sekunder

Tabel 9 menunjukkan minimal *cut set* atau penyebab-penyebab paling dasar dari risiko tersebut. Beberapa penyebab membentuk suatu kombinasi untuk menimbulkan *intermediate event*. Kombinasi *event* antara lain :

5. Kurang pendidikan, dan kurang pelatihan.
8. Alat tidak diperhatikan dan APD terlalu lama/tua digunakan.
9. Terhempas angin kencang, hujan, dan lumut.

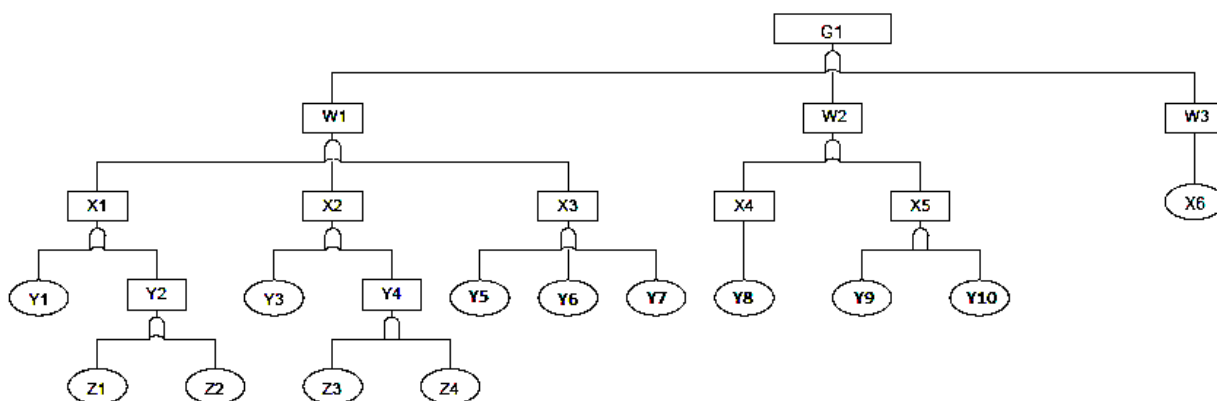
Dari tabel minimal *cut set*, dapat diketahui banyak kejadian muncul. Banyak kejadian atau penyebab yang muncul ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 10.
Banyak kejadian muncul

No	Event	Jumlah
1	X7	1
2	Y1	1
3	Y3	1
4	Y7	1
5	Y8	1
6	Y9	1
7	Y10	1
8	Y11	1
9	Y12	1
10	Z1	1
11	Z2	1
12	Z3	1
13	Z4	1

Sumber : Data sekunder

Tabel 10 menunjukkan bahwa tidak ada risiko dominan penyebab pekerja terjatuh saat pekerjaan pengecoran. Tidak adanya risiko dasar yang dominan berarti menunjukkan bahwa jumlah kejadian dasar adalah sama, dan beberapa hanya tergantung pada kombinasi yang nantinya akan menimbulkan dampak pada *intermediate event*. *Fault Tree Analysis* risiko terjatuh pada pekerjaan *plafond*



Gambar 2.
Risiko Terjatuh pada Pekerjaan *Plafond*

Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa terdapat banyak faktor yang menyebabkan terjadinya risiko terjatuh pada pekerjaan *plafond* (*gyptile, gypsum, pengecatan*). Terjatuh pada pekerjaan *plafond* (*gyptile, gypsum, pengecatan*) biasanya disebabkan karena 3 faktor utama, yaitu faktor pekerja sendiri, faktor peralatan yang digunakan dan faktor lingkungan. Tabel 11 menunjukkan keterangan setiap event yang terdapat dalam model *Fault Tree Analysis* (FTA) (gambar 2).

Tabel 11.
Keterangan event FTA pekerja terjatuh pada pekerjaan *plafond*

Event	Keterangan
G1	Terjatuh saat pekerjaan plafond
W1	Faktor personal
W2	Faktor peralatan
W3	Faktor lingkungan
X1	Stres
X2	Kurang terampil
X3	Ceroboh
X4	Kelebihan beban pada pijakan
X5	APD berkualitas rendah
X6	Terhempas angin kencang
Y1	Lelah

Event	Keterangan
Y2	Ada masalah
Y3	Kurang motivasi
Y4	Kurang terampil
Y5	Melamun
Y6	Meremehkan
Y7	Tergesa-gesa
Y8	Pijakan tidak diperhatikan
Y9	Tidak diperhatikan
Y10	APD terlalu lama/tua digunakan
Z1	Kondisi tempat kerja
Z2	Permasalahan antar pekerja
Z3	Kurang pendidikan
Z4	Kurang pelatihan

Sumber : Data sekunder PT. Adhi Karya

Berikut ini adalah aljabar booleen dari model grafis FTA di atas

$$\begin{aligned}
 G1 &= W1+W2+W3 \\
 W1 &= X1+X2+X3 \\
 W2 &= X4+X5 \\
 W3 &= X6 \\
 X1 &= Y1+Y2 \\
 X2 &= Y3+Y4 \\
 X3 &= Y5+Y6+Y7 \\
 X4 &= Y8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X5 &= Y9.Y10 \\ Y2 &= Z1+Z2 \\ Y4 &= Z3.Z4 \end{aligned}$$

Setelah menganalisis aljabar Boolean, langkah selanjutnya adalah mencari minimal *cut set*. Berikut adalah hasil kombinasi dari aljabar Boolean menurut hukum-hukumnya.

$$\begin{aligned} G1 &= W1+W2+W3 \\ &= X1+X2+X3+X4+X5+X6 \\ &= Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+ \\ &\quad Y8+(Y9.Y10)+X6 \\ &= Y1+Z1+Z2+Y3+(Z3.Z4)+Y7+ \\ &\quad Y8+(Y9.Y10)+X6 \end{aligned}$$

Tabel 12.
Minimal *cut set*

No	Kombinasi event
1	Y1
2	Z1
3	Z2
4	Y3
5	(Z3 . Z4)
6	Y7
7	Y8
8	(Y9. Y10)
9	X6

Sumber : Data sekunder

Tabel 12 menunjukkan minimal *cut set* atau penyebab-penyebab paling dasar dari risiko tersebut. Beberapa penyebab membentuk suatu kombinasi untuk menimbulkan *intermediate event*. Kombinasi *event* antara lain :

1. Kurang pendidikan, dan kurang pelatihan.
2. Alat tidak diperhatikan dan APD terlalu lama/tua digunakan.

Dari tabel minimal *cut set*, dapat diketahui banyak kejadian muncul. Banyak kejadian atau penyebab yang muncul ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

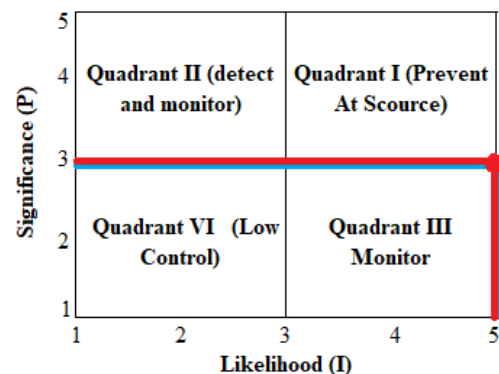
Tabel 13.
Banyak kejadian muncul

No	Event	Jumlah
1	X6	1
2	Y1	1
3	Y3	1
4	Y7	1
5	Y8	1
6	Y8	1
7	Y9	1
8	Y10	1
9	Z1	1
10	Z2	1
11	Z3	1
12	Z4	1

Sumber : Data sekunder

Tabel 13 diatas menunjukkan bahwa tidak ada risiko dominan penyebab pekerja terjatuh saat pekerjaan pemasangan *plafond*. Tidak adanya risiko dasar yang dominan berarti menunjukkan bahwa jumlah kejadian dasar adalah sama, dan beberapa hanya tergantung pada kombinasi yang nantinya akan menimbulkan dampak pada *intermediate event*.

Tahap selanjutnya adalah mencari respon risiko menggunakan *risk map*. Hasil dari respon risiko dapat dilihat pada gambar 3 *risk map* dibawah ini



Gambar 3.
Risk map yang dominan

Pada gambar 3 dijelaskan bahwa risiko berwarna biru adalah risiko terjatuh saat pekerjaan plafond, sedangkan risiko berwarna merah adalah risiko terjatuh saat pengecoran, keduanya memiliki nilai yang sama, yaitu nilai 5 untuk *likelihood* dan nilai 3 untuk *significance*. Penjelasan akan Risk Map diatas antara lain :

Risiko pertama adalah risiko terjatuh saat pengecoran. Pada *Risk Matrix* diatas, risiko ini masuk pada Quadrant I dan Quadrant III , namun untuk meminimalisir risiko secara maksimal maka risiko terjatuh saat pengecoran digolongkan pada Quadrant I yang berarti risiko tersebut harus diperhatikan secara serius dan harus ditangani.

Tindakan mitigasi untuk meminimalisir pekerja terjatuh pada saat pengecoran adalah dengan memperhatikan kondisi fisik diri sendiri dan mental agar tetap berfokus pada pekerjaan, kelengkapan APD juga perlu diperhatikan cara pemakaian dan kelengkapannya. Pada lantai kerja harus bersih dari lumut, sehingga ketika terkena hujan tidak menimbulkan risiko terpeleset dan terjatuh.

Tindakan mitigasi yang tepat untuk meminimalisir pekerja terjatuh saat pekerjaan *plafond* adalah dengan memperhatikan kondisi fisik dari diri sendiri, kondisi lingkungan, dan memperhatikan tata cara penggunaan peralatan secara baik dan benar. Pada peralatan perlu perhatian khusus terhadap kelengkapan APD terutama pengait sebagai penahan ketika pekerja terjatuh, juga kualitas APD yang dipengaruhi oleh perawatan dan usia APD sehingga harus adanya pemberbaharuan APD. Pada peralatan juga perlu diperhatikan pijakannya, karena kayu yang lapuk atau besi yang mengalami korosi akan mengurangi kekuatan untuk menahan beban pekerja sehingga berisiko menyebabkan pekerja terjatuh dari pijakan

4. KESIMPULAN

Hasil akhir dari penelitian ini adalah dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari 34 risiko yang diteliti, seluruh responden menganggap variabel adalah berisiko, sehingga nilai seluruh variabel adalah tidak berkorelasi namun tetap tervalidasi, sehingga seluruh variabel dianggap pernah atau mungkin terjadi pada proyek pembangunan lanjutan Gedung Kuliah, Laboratorium, dan Bengkel Jurusan Teknik Mesin, Polinema.
2. Dari 34 risiko yang telah tervalidasi, 2 di antaranya memerlukan perhatian khusus dikarenakan risiko termasuk dalam tingkatan high, yang berarti menimbulkan dampak kecelakaan kerja cukup tinggi. Risiko yang termasuk pekerjaan plafond (gyptile, gypsum, dan pengecatan) adalah terjatuh dari ketinggian, sedangkan pada pekerjaan pengecoran yang berisiko adalah terjatuh dari ketinggian juga.
3. Tindakan mitigasi untuk meminimalisir pekerja terjatuh pada saat pengecoran adalah dengan memperhatikan kondisi fisik diri sendiri dan mental agar tetap berfokus pada pekerjaan, kelengkapan APD juga perlu diperhatikan cara pemakaian dan kelengkapannya. Pada lantai kerja harus bersih dari lumut, sehingga ketika terkena hujan tidak menimbulkan risiko terpeleset dan terjatuh.
4. Tindakan mitigasi yang tepat untuk meminimalisir pekerja terjatuh saat pekerjaan plafond adalah dengan memperhatikan kondisi fisik dari diri sendiri, kondisi lingkungan, dan memperhatikan tata cara penggunaan peralatan secara baik dan benar. Pada peralatan perlu perhatian khusus terhadap kelengkapan APD terutama pengait sebagai penahan ketika

pekerja terjatuh, juga kualitas APD yang dipengaruhi oleh perawatan dan usia APD sehingga harus adanya pemberbaharuan APD. Pada peralatan juga perlu diperhatikan pijakannya, karena kayu yang lapuk atau besi yang mengalami korosi akan mengurangi kekuatan untuk menahan beban pekerja sehingga berisiko menyebabkan pekerja terjatuh dari pijakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Darmawi, H., (2014), Manajemen Risiko. Bumi Aksara, Jakarta
- Ramli S., (2010), Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001. Dian Rakyat, Jakarta
- Rijanto, Boedi., (2011), Pedoman Pencegahan Kecelakaan di Industri. Mitra Wacana Media. Jakarta.
- Sylvia, Nur Indah., (2015), Pengaruh Penggunaan Media Pop-Up Book Terhadap Keterampilan Menulis Narasi Siswa Sekolah Dasar. JPGSD. Volume 03. Nomor 02.
- Sucipto, CD., (2014), Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Gosyen Publishing, Yogyakarta.
- Yusuf, Afdhalul Ilmi., (2018), Analisis Respon Risiko Proyek Shutdown Sto Tanjung Sari Menggunakan Metode Severity Index (Studi Kasus PT AFK). e-Proceeding of Engineering. Vol.5. No.3. Desember 2018
- Situmorang, Benhart E., (2018), Analisis Risiko Pelaksanaan Pembangunan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung. Jurnal Tekno. Vol. 16, no 69