

Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur *Elevated*

Afra Faradilla Ihsan dan Cahyono Bintang Nurcahyo
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail : bintang@ce.its.ac.id

Abstrak—Sektor konstruksi memiliki peranan penting dalam pembangunan, namun turut mencatatkan tingkat kecelakaan kerja yang tinggi. Kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dapat terjadi kapanpun, cukup sulit untuk dihilangkan sepenuhnya, serta memberikan dampak dari yang cukup ringan hingga serius. Kecelakaan kerja dapat terjadi akibat kelalaian individu maupun penerapan peraturan keselamatan kerja yang kurang maksimal. Kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dapat diminimalisir dan dikurangi dampaknya dengan penerapan manajemen risiko. Analisis risiko merupakan salah satu bagian dari manajemen risiko yang berfungsi untuk mengetahui tingkat risiko kecelakaan kerja. Analisis risiko dalam penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh Struktur *Elevated*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Identifikasi risiko pada proyek konstruksi dilakukan berdasarkan penelitian terdahulu dan tinjauan lapangan, untuk selanjutnya divalidasi melalui kuesioner pendahuluan kepada responden. Selanjutnya dilakukan penilaian tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*) oleh responden melalui pengisian kuesioner utama, dengan menggunakan skala penilaian yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian hasil penilaian diurutkan untuk mendapatkan variabel nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Risiko kecelakaan kerja dengan nilai RPN tertinggi yaitu pekerja terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan *erection girder* dengan nilai RPN 158.667. Pengendalian risiko yang dilakukan untuk meminimalisir kecelakaan kerja yaitu dengan cara mengubah desain (ukuran, material, dan spesifikasi teknis) dan mengembangkan peralatan deteksi.

Kata Kunci—*Analisis Risiko, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Kecelakaan Kerja.*

I. PENDAHULUAN

GENCARNYA pembangunan infrastruktur di Indonesia berbanding lurus dengan timbulnya risiko kecelakaan kerja. Kasus kecelakaan kerja di Indonesia masih tergolong tinggi, sedangkan penyumbang terbesar kasus kecelakaan kerja di Indonesia berasal dari sektor konstruksi dengan rata-rata kejadian 32% setiap tahunnya. BPJS Ketenagakerjaan mencatat kasus kecelakaan kerja mencapai 153.044 pada tahun 2020. Kecelakaan kerja sektor konstruksi menempati peringkat pertama pekerjaan paling berbahaya di seluruh dunia, memiliki risiko kematian 5 kali lebih besar bila dibandingkan dengan manufaktur, serta risiko cedera parah 2,5 kali lebih tinggi [1].

Pada tahun 2014 Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia menyatakan bahwa jumlah kecelakaan kerja yang dialami pekerja konstruksi relatif tinggi yaitu sebesar 31,9% dari total kecelakaan kerja yang terjadi. Kasus kecelakaan tertinggi yaitu berupa 26% pekerja jatuh dari ketinggian, 12%

terbentur, dan 9% tertimpa benda. Hingga saat ini kecelakaan kerja pada ketinggian masih banyak terjadi, dikarenakan perusahaan belum menerapkan regulasi K3 dengan maksimal, dan dikarenakan para pekerja lalai dalam menaati peraturan yang ada [2].

Kejadian kecelakaan kerja dapat memberikan dampak yang ringan hingga menimbulkan korban jiwa dan menimbulkan kerugian dalam berbagai aspek. Selain berdampak pada pekerja, kecelakaan kerja konstruksi juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kinerja proyek. Diantara dampak yang terjadi dapat berupa adanya penambahan biaya proyek, penurunan produktivitas proyek, dan bahkan keterlambatan penyelesaian proyek.

Tidak dapat dipungkiri bahwa risiko kecelakaan merupakan suatu hal yang berpotensi terjadi dan cukup sulit untuk dihilangkan sepenuhnya. Risiko timbul akibat adanya ketidakpastian pada suatu pekerjaan. Risiko dapat diantisipasi dan diminimalisir dengan analisis yang tepat.

Perhitungan risiko kecelakaan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam meminimalisir kecelakaan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi, yaitu berupa tindakan preventif untuk menanggulangi risiko tersebut. Salah satu metode yang tepat untuk menganalisis risiko pada suatu rangkaian proses konstruksi yaitu metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Metode FMEA ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*) yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja pada suatu proses pekerjaan. Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya yaitu karena selain penilaian berdasarkan tingkat keparahan (*severity*) dan tingkat kejadian (*occurrence*), juga dapat dilakukan penilaian tingkat deteksi (*detection*) berdasarkan desain pengendalian (*design control*) pada suatu proyek.

Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh merupakan proyek dengan panjang rute 74,2 km. Proyek ini melibatkan banyak sumber daya manusia, dilaksanakan pada area yang luas area, waktu pelaksanaan yang terbatas, dan item pekerjaan yang cukup besar. Banyaknya jumlah pekerja akan memperbesar tingkat kemungkinan terjadinya risiko kecelakaan kerja. Selain itu, analisis risiko kecelakaan kerja pada proyek ini cukup penting untuk dilakukan, dikarenakan struktur *elevated* pada proyek ini melewati jalan raya, sungai, rawa-rawa, dan lain-lain yang memiliki risiko yang lebih besar [3].

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai risiko kecelakaan yang mungkin dapat terjadi, maka dilakukan penelitian “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli -

Tabel 1.
Skala Tingkat Keparahan (*Severity*)

Tingkat/Dampak	Nilai
Kematian atau menyebabkan perubahan pada kehidupan individu	5
Dampak cukup serius (individu tidak dapat melakukan aktivitas)	4
Dampak sedang (individu tidak beraktivitas selama 1-2 hari)	3
Dampak ringan (individu masih dapat melakukan aktivitas)	2
Tidak berdampak (individu tidak merasakan dampak yang signifikan)	1

Tabel 2.
Skala Tingkat Kejadian (*Occurrence*)

Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian	Nilai
Sangat tinggi dan tidak dapat dihindari	>1 per 2	5
Tinggi dan sering terjadi	1 per 8	4
Sedang dan kadang terjadi	1 per 80	3
Rendah dan relatif jarang terjadi	1 per 2000	2
Sangat rendah dan hampir tidak mungkin terjadi	1 per 150.000	1

Tabel 3.
Skala Tingkat Deteksi (*Detection*)

Kemungkinan Terdeteksi	Tingkat Kejadian	Nilai
Sangat kecil kemungkinan alat kontrol yang ada untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat jarang	5
Alat kontrol memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat rendah	4
Alat kontrol memiliki kemungkinan sedang untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sedang	3
Alat kontrol memiliki kemungkinan yang tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Tinggi	2
Alat kontrol dapat mendeteksi secara pasti bentuk dan penyebab kegagalan	Hampir pasti	1

Banda Aceh Struktur *Elevated*^o.

II. METODOLOGI

A. Identifikasi Risiko

Variabel risiko diidentifikasi dari studi literatur dan dokumen *Job Safety Analysis* (JSA) proyek. Kemudian dilanjutkan dengan kuesioner pendahuluan untuk mendapatkan validasi dari responden terkait relevan atau tidaknya variabel risiko terhadap keadaan faktual di proyek. Kemudian dilanjutkan dengan kuisisioner utama untuk penilaian tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*) dengan skala yang ditunjukkan oleh Tabel 1, 2, dan 3.

B. Analisis Data

1) Analisis Risiko

Langkah awal yang digunakan untuk analisis yaitu menggunakan indeks dari masing-masing tingkat keparahan (S), tingkat kejadian (O), dan tingkat deteksi (D). Adapun nilai indeks dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\% \tag{1}$$

Analisis risiko dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA merupakan suatu metode yang dirancang untuk [4]:

- Mengidentifikasi dan memahami mode kegagalan dan penyebab kegagalan tersebut, serta efek yang ditimbulkan oleh sistem untuk proses suatu produk tertentu.
- Menilai risiko yang berkaitan dengan mode yang diidentifikasi keagalannya, efek dan penyebabnya, serta memfokuskan tindakan pengendaliannya.
- Mengidentifikasi dan melakukan tindakan pengendalian untuk mengatasi masalah yang cukup serius.

Dalam metode FMEA ini, nilai *Risk Priority Number* (RPN) akan dihitung dari setiap variabel risiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi. Nilai RPN didapatkan dari hasil perkalian *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D)

sesuai dengan persamaan berikut.

$$RPN = S \times O \times D \tag{2}$$

Nilai RPN yang didapatkan dari hasil perkalian S, O, dan D akan menghasilkan tingkatan risiko dari pekerjaan [5]. Pekerjaan dengan nilai RPN tertinggi memiliki tingkat risiko yang tinggi, untuk selanjutnya akan mendapatkan prioritas utama dalam dilakukannya tindakan pencegahan (*preventif*) dan perbaikan (*kuratif*).

2) Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko dilakukan untuk meminimalisir maupun menghindari potensi risiko yang mungkin terjadi pada suatu pekerjaan. Pengendalian risiko ini berfungsi untuk mengurangi dampak yang dihasilkan oleh variabel risiko agar tidak menimbulkan kecelakaan kerja.

Detail pengendalian risiko pada penelitian ini didapatkan melalui wawancara narasumber ahli di lapangan. Wawancara tersebut dilakukan setelah dilakukan studi literatur terkait penyebab terjadi risiko dan pengendalian risiko yang tepat untuk setiap pekerjaan tersebut. Pengendalian yang dilakukan akan fokus pada pekerjaan dengan tingkat risiko tertinggi, dikarenakan dampak yang dihasilkan sangat besar dan diperlukan tindakan pengendalian yang *preventif* untuk mengurangi dampak tersebut.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengetahui latar belakang permasalahan yang terjadi pada lingkungan proyek, yang kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi. Langkah selanjutnya yaitu studi literatur terkait permasalahan yang akan diteliti. Proses pengambilan data primer dilakukan melalui pengamatan lapangan, wawancara, dan kuesioner. Sedangkan data sekunder diperoleh dari kontraktor pelaksana. Setelah pengumpulan data dilakukan, maka dapat diketahui kegiatan apa saja yang berisiko pada kegiatan proyek konstruksi.

Tahapan selanjutnya yaitu mengidentifikasi tahapan pekerjaan yang memiliki tingkat risiko dengan menggunakan metode FMEA. Analisis risiko menggunakan metode FMEA akan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) yang dijadikan sebagai acuan dalam penentuan urutan skala prioritas. Pada penelitian ini, pengendalian risiko kecelakaan kerja difokuskan pada risiko dengan RPN tertinggi. Tahapan berikutnya adalah penentuan upaya pengendalian, yang

Tabel 5.

Risiko Pekerja Jatuh dari Ketinggian pada Pekerjaan <i>Erection Girder</i>	S	O	D	RPN
<i>Failure Mode</i> Posisi pekerja terlalu dekat dengan girder	85	46,7	40	158.667

Tabel 6.
Upaya Pengendalian Risiko

Parameter	Tindakan yang Dapat Dipertimbangkan
Keparahan (S)	Penggunaan <i>body harness</i> dan <i>safety shoes</i> Menggunakan <i>safety net</i> dan <i>railing</i>
Kejadian (O)	Membatasi jumlah pekerja yang berada di area kerja pada ketinggian karena terbatasnya area pijakan. Penambahan area pijakan pada area pekerjaan yang terbatas (penggunaan <i>scaffolding</i> untuk memperluas area pijakan) Membatasi jam kerja dan memberikan waktu istirahat yang cukup (maksimal 8 jam per hari) Menunda pekerjaan hingga cuaca mendukung Memberikan penyuluhan mengenai K3 secara rutin dan terjadwal Melakukan <i>toolbox meeting</i> sebelum pekerjaan dimulai Penambahan rambu-rambu bahaya ketinggian pada lokasi proyek
Deteksi (D)	Penggunaan <i>drone</i> untuk melakukan inspeksi kelengkapan penggunaan APD pekerjaan di ketinggian Memastikan kondisi cuaca aman untuk melakukan pekerjaan Penggunaan <i>windsock</i> untuk mengetahui arah angin ketika pelaksanaan <i>erection girder</i> Penggunaan <i>Handheld Transceiver</i> (HT) antara operator, <i>flagman</i> , dan pekerja yang berada pada area pekerjaan ereksi di ketinggian

kemudian dilanjutkan dengan pengambilan kesimpulan dan saran. Detail tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Profil Proyek

Proyek yang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian ini yaitu Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh, yang termasuk sebagai salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN).

Proyek ini terletak di Provinsi Aceh, tepatnya di Kabupaten Aceh Besar dan Kabupaten Pidie yang terbagi menjadi 6 seksi yaitu Padang Tiji – Seulimum (Seksi 1), Seulimum – Jantho (Seksi 2), Jantho – Indrapuri (Seksi 3), Indrapuri – Blang Bintang (Seksi 4), Blang Bintang – Kutabaro (Seksi 5), dan Kutabaro – Baitussalam (Seksi 6). Adapun total durasi pelaksanaan proyek adalah 840 hari kalender berdasarkan kontrak per tanggal 30 November 2018.

Pekerjaan proyek yang menjadi fokus di penelitian ini adalah pada struktur *elevated* yaitu pekerjaan *pier* dan pekerjaan *erection girder*. Secara keseluruhan, proyek ini sedang berjalan dengan tingkat pekerjaan yang berbeda pada setiap seksinya.

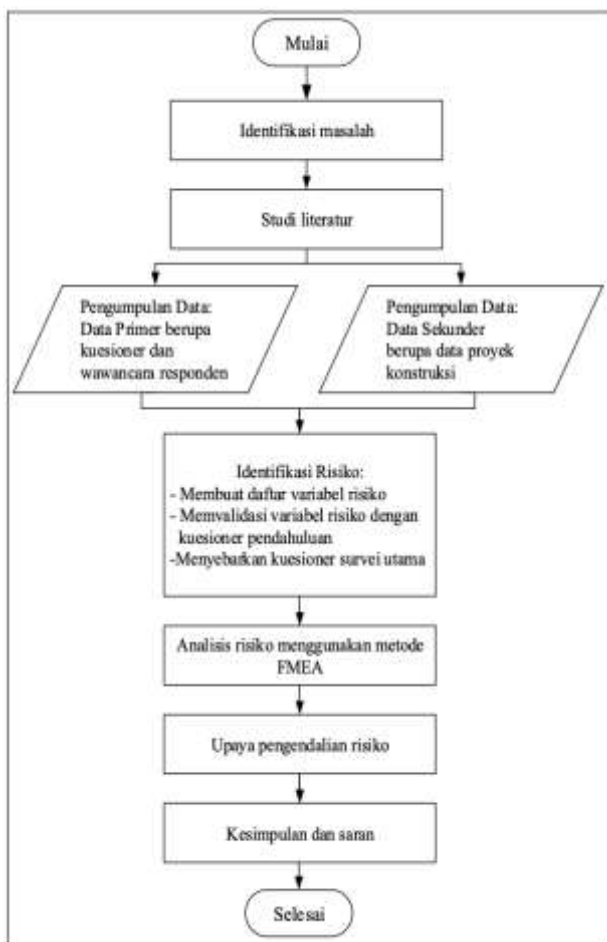
B. Metode Pekerjaan Pier

Pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh, metode pekerjaan *pier* diawali dengan penggalian tanah setelah proses pemancangan *mini pile* dilakukan. Setelah proses pemancangan yang dilakukan menggunakan alat pancang *drop hammer* selesai, maka dilanjutkan dengan penggalian tanah. Kedalaman galian tanah berbeda-beda tergantung dengan kondisi di lapangan, mengingat area proyek konstruksi pembangunan jalan tol sangat luas dan

Tabel 4.
Variabel Risiko

Kode /ariabel	Variabel Risiko
Pekerjaan Pier	
V1	Galian dan timbunan tanah
V2	Tertimbun tanah galian yang longsor
V3	Tertimpa alat berat
V4	Pekerjaan Pabrikasi <i>Rebar</i>
V5	Pekerja terjepit mesin
V6	Pekerja terjepit alat kerja (tang) atau terjepit besi
V7	Pekerja tersayat besi
V8	Tertusuk besi bendrat
V9	Pekerja terkena arus bertegangan tinggi
V10	<i>Rebar</i> terjatuh dan menimpa pekerja
V11	Pekerjaan Mobilisasi <i>Rebar</i>
V12	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas
V13	Truk dan muatan menimpa pengguna jalan
V14	Membahayakan pengguna jalan dan mengganggu lalu lintas
V15	<i>Unloading Rebar Workshop</i>
V16	Terkena alat kerja
V17	Pekerja tersandung <i>rebar</i>
V18	<i>Install Rebar</i>
V19	Pekerja tersandung <i>rebar</i>
V20	Pekerja terjatuh pada saat pemasangan di ketinggian
V21	Pekerjaan <i>Bekisting</i>
V22	Pekerja tergores material <i>bekisting</i> (kayu atau logam)
V23	Pekerja terjatuh dari ketinggian
V24	Pekerja tertusuk paku
V25	Pekerja terpukul palu
V26	Tertimpa material yang jatuh
V27	Pengecoran <i>Pier</i>
V28	Terkena percikan semen
V29	Terjatuh dari ketinggian
V30	Terkena alat berat
V31	Terkena manuver <i>end hose pump</i>
V32	Terkena arus listrik dari kabel <i>vibrator</i> beton
Pekerjaan Erection Girder	
V33	Mobilisasi <i>Crawler Crane</i>
V34	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas
V35	Penurunan <i>crawler crane</i> dan aksesoris, serta <i>install crane</i>
V36	<i>Crawler crane</i> menimpa pekerja
V37	Mobilisasi <i>Girder</i>
V38	Kecelakaan pada saat mobilisasi <i>girder</i>
V39	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas
V40	Penurunan <i>Girder</i>
V41	Tertimpa <i>sling crane</i> yang putus
V42	Tertimpa balok <i>girder</i>
V43	<i>Joint Girder</i>
V44	Terjepit material (<i>girder</i>)
V45	<i>Stressing Girder</i>
V46	Tersengat listrik
V47	Tersandung kabel <i>strand</i>
V48	Pemotongan <i>Strand</i> dan <i>Grouting</i>
V49	Tertusuk kabel <i>strand</i>
V50	Pemasangan <i>Bearing Pad</i>
V51	Tertimpa <i>crawler crane</i> yang roboh
V52	Tertimpa <i>bearing pad</i> yang terjatuh
V53	Pekerja terjatuh dari ketinggian
V54	<i>Erection Girder</i>
V55	Pekerja terjatuh dari ketinggian
V56	Terkena manuver alat berat
V57	Kejatuhan material (<i>girder</i>)
V58	Perkuatan <i>Girder</i>
V59	Terkena peralatan kerja
V60	Terjatuh dari ketinggian
V61	<i>Setting Perancah</i>
V62	Terjatuh dari ketinggian
V63	Tertusuk besi
V64	Tertimpa material perancah yang terjatuh

kondisi lapangan sangat bervariasi. Penggalian tanah dilakukan menggunakan alat bantu *excavator*. Setelah penggalian tanah dilakukan, di beberapa area proyek konstruksi ada yang ditambahkan struktur *sheet pile* baja untuk menahan tekanan lateral tanah dan mencegah terjadinya longsor pada galian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Pekerjaan galian tanah setelah pemancangan tersebut dilakukan bersamaan dengan kegiatan pabrikasi *rebar* pada *workshop*. Dilakukan kegiatan pemotongan *rebar* menggunakan *bar cutter* sesuai dengan panjang yang diinginkan dan pembengkokan *rebar* menggunakan *bar bender*. Seluruh proses pabrikasi *rebar* yang digunakan pada proyek dilakukan pada *workshop*. Setelah proses pabrikasi dan galian pada tanah telah selesai, maka proses selanjutnya yaitu mobilisasi *rebar* dari *workshop* ke lokasi proyek.

Kegiatan mobilisasi *rebar* diawali dengan proses *loading rebar* ke dalam kendaraan pengiriman. Kegiatan mobilisasi pada proyek ini dilakukan dengan menggunakan truk untuk membawa hasil pabrikasi *rebar* ke lokasi proyek. Pekerjaan mobilisasi dilakukan pada jam tertentu untuk menghindari terjadinya kemacetan lalu lintas dan dapat mengganggu pengguna jalan lainnya karena adanya risiko kecelakaan.

Tahapan yang dilakukan setelah mobilisasi yaitu proses *unloading rebar* atau kegiatan pembongkaran muatan dari kendaraan pengangkut. Penempatan *rebar* dilakukan pada lokasi proyek dengan posisi yang dekat dengan titik pekerjaan *pier* untuk memudahkan saat *install rebar*. Setelah proses *unloading rebar* dilakukan, maka tahapan selanjutnya yaitu *install rebar* atau pemasangan *rebar* pada titik yang telah ditentukan. Pemasangan *rebar* dilakukan untuk *footing*, kemudian dilanjutkan dengan *pier* dan *pier head*.

Setelah *install rebar* selesai dikerjakan, maka dilanjutkan dengan proses pembuatan *bekisting*. *Bekisting* berfungsi sebagai cetakan sementara untuk menahan beban dan sebagai cetakan agar memperoleh bentuk yang diinginkan saat pengecoran. Jenis *bekisting* yang digunakan yaitu *bekisting*

kayu atau triplek yang tidak boleh digunakan lebih dari tiga kali. Hal tersebut karena akan berpengaruh terhadap kondisi beton yang dicetak, yaitu sisa beton sebelumnya masih menempel di *bekisting* dan menimbulkan rongga pada beton. Selain itu, penggunaan *bekisting* bekas pakai juga akan mengurangi kekuatan dari *bekisting* untuk menahan beton segar saat proses pengecoran. *Bekisting* kayu yang digunakan untuk kolom memiliki klem pengatur di bagian luar yang dikaitkan menggunakan baut, penguat tegak dan penguat datar, serta balok penunjang (*push pull*) untuk menopang *bekisting* dari berbagai arah, sehingga bentuk *bekisting* dapat dipastikan tidak berubah.

Setelah *bekisting* terpasang dengan sempurna, maka tahapan selanjutnya yaitu pengecoran. Pelaksanaan pengecoran sangat tergantung pada cuaca di lapangan, sehingga apabila hujan maka proses pengecoran ditunda hingga cuaca memungkinkan. Hal ini dilakukan untuk menghindari tercampurnya air hujan yang dapat menambah volume air dalam beton segar sehingga mengakibatkan perubahan pada *mix design* dan menurunkan mutu beton. Selain itu, untuk menghindari terjadinya risiko kecelakaan kerja yang lebih besar akibat cuaca hujan. Mobilisasi beton segar dilakukan menggunakan *truck mixer* dengan kapasitas beton segar per truk sebesar 6 m³. Dalam proses pengecoran, *truck mixer* yang dibutuhkan berkisar antara 6-8 truk untuk satu buah *pier*. Pengecoran dilakukan menggunakan truk *concrete pump* untuk menuang beton segar ke dalam *bekisting*. Digunakan *vibrator* untuk memadatkan beton segar pada *bekisting*, untuk menghindari timbulnya rongga pada hasil pengecoran.

C. Metode Erection Girder

1) Persiapan Erection Girder

Pelaksanaan *erection girder* membutuhkan alat berat berupa *mobile crane*. Langkah awal yang dilakukan yaitu mobilisasi *mobile crane* dan aksesorisnya menggunakan alat berat truk *lowbed trailer*. *Mobile crane* yang dibutuhkan dalam proyek ini berjumlah dua unit, dengan jenis yang digunakan berupa *crawler crane*. Dua buah *crawler crane* dan aksesoris yang telah tiba ke lokasi proyek, kemudian segera diturunkan dari alat angkut untuk dilanjutkan dengan pengecekan kelengkapan dan kelayakannya. Setelah *crawler crane* diturunkan, maka langkah selanjutnya yaitu menempatkan *crawler crane* pada titik yang sudah ditentukan. Pada area pergerakan *crawler crane* dipasang pelat baja setebal 20 mm sebagai landasan, untuk membantu menahan beban *crawler crane* agar kondisi tanah timbunan tidak cekung.

Pekerjaan selanjutnya yaitu proses mobilisasi *girder* yang dilakukan dari *workshop* menuju lokasi proyek. Mobilisasi ini menggunakan alat berat yaitu *trailer truck*. Proses mobilisasi dilakukan pada malam hari untuk menghindari terjadinya risiko kecelakaan pada lalu lintas yang ramai, serta diperlukan pengawasan dari pihak kepolisian dalam proses mobilisasi tersebut. Adapun jenis *girder* yang digunakan dalam proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh tersebut yaitu *PCI Girder* dengan beberapa tipe yaitu PCI-140, PCI-160, PCI-170, dan PCI-210 tergantung pada kebutuhan di lokasi proyek.

Girder yang dibawa dari *workshop* ke lokasi proyek adalah berupa segmen. Setelah segmen *girder* sampai di lokasi proyek, maka dilakukan penurunan *girder* menggunakan

crawler crane yang dilanjutkan dengan pekerjaan *joint girder*, yaitu menempatkan segmen *girder* di atas balok beton, disusun membentuk *layout girder* agar memudahkan saat proses *stressing girder*, pemasangan *sling* pada saat proses *erection girder*, dan untuk menjaga beton *girder* agar tidak mengalami keretakan. Pada pekerjaan *joint girder* tersebut, jarak antar penempatan *girder* adalah 40 cm.

Masing-masing segmen *girder* memiliki tendon, dimana tendon ini nantinya akan dimasukkan untaian *strand*, dengan ujung dari untaian *strand* tersebut telah terikat lakban. Apabila untaian *strand* sudah dimasukkan ke dalam tendon, maka ujung untaian *strand* tadi dimasukkan ke dalam *wedge plate* atau alat pengunci *strand*. Kemudian *wedge plate* ditekan hingga menyentuh *casting*. Selanjutnya dilakukan pemasangan alat *jacking force* untuk melakukan *stressing*. Pada saat yang bersamaan, pekerja mengoleskan lem beton di antara segmen *girder* agar dapat melekat sempurna saat proses *stressing* dilakukan.

Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur *PCI Girder* dengan menarik untaian *strand* yang berada di dalam *tendon* dan menyatukan struktur *segmental girder* menjadi satu bentang *PCI Girder* yang utuh. Alat yang digunakan dalam *stressing girder* yaitu genset, *compressor*, dan *jacking force*. *Stressing girder* bertujuan untuk memberikan tegangan pada *PCI Girder* sehingga *girder* dapat memikul beban yang ditentukan. Setelah alat *jacking* terpasang, maka mesin *compressor* dinyalakan dan diberikan gaya sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Setelah proses *stressing* selesai dilaksanakan, maka semua alat yang telah terpasang tadi dilepas, sisa untaian *strand* dipotong menggunakan *bar cutter*, lalu dilanjutkan dengan proses *patching* dan *grouting*.

Pekerjaan lain dalam persiapan *erection girder* yaitu pemasangan perancah sebagai akses pekerja menuju *pier head*. Akses ini sangat dibutuhkan untuk melepas *bekisting* pada *pier head* sebelum proses *erection girder*, lalu memudahkan *rigger* dan pekerja lainnya saat perletakan *girder* pada *bearing pad*. Proses selanjutnya yaitu pemasangan *bearing pad* dengan ukuran 350x400x600 mm, 420x500x50 mm, 450x500x60 mm, dan 450x650x56 mm di atas *pier head* yang berfungsi sebagai dudukan *girder*. Proses pengangkatan dan pemasangan *bearing pad* dibantu dengan menggunakan *crawler crane*.

2) Ereksi PCI Girder

Metode ereksi *PCI Girder* yang digunakan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh ini menggunakan *crawler crane* dan *launcher girder*. Penggunaan metode ereksi bergantung pada kondisi pada area proyek. Proyek ini menggunakan satu hingga dua *crawler crane*. Metode ini dinilai yang paling efektif, pengerjaan dapat dilakukan dengan cepat karena bersifat dinamis, serta harganya relatif lebih murah apabila dibandingkan dengan metode ereksi yang lain. *Crawler crane* yang digunakan dalam proyek ini pada bagian atasnya dapat berputar 360°. Alat berat *crawler crane* ini memiliki roda rantai yang dapat mudah bergerak di dalam lokasi proyek. Metode ini memerlukan daerah proyek yang luas dan aman untuk memudahkan manuver alat.

Sebelum proses ereksi dilakukan, seluruh pekerja terlebih dahulu melakukan *toolbox meeting* yang membahas tahapan pekerjaan dan materi K3, agar proses ereksi dapat berjalan dengan baik. Selanjutnya *crawler crane* ditempatkan sesuai

titik yang direncanakan agar *crane boom* dapat menjangkau letak penempatan *PCI Girder*.

Alat berat *crawler crane* terlebih dahulu dilakukan pengecekan kelayakan operasinya, yang salah satunya yaitu dengan proses *test load*. Proses *test load* ini dilakukan dengan cara mengangkat *PCI Girder* setinggi 70 cm, lalu ditahan selama 5 menit untuk mengetahui apakah terjadi penurunan saat proses pengangkatan *girder* dan kelayakan pengoperasian *crawler crane*. Setelah proses *test load* selesai, maka dilanjutkan dengan proses pemasangan *sling* ke *girder*. Setelah kedua *sling* terpasang sempurna, maka dilanjutkan dengan proses pengangkatan *girder*.

Saat pengangkatan *girder* oleh *crawler crane*, tinggi *PCI Girder* tidak boleh lebih dari 0,3 m dari permukaan tanah. Sudut *crane boom* harus diantara rentang 65°-80°, serta *safety zone* antara *crawler crane* dan ujung *girder* yaitu berkisar antara 7.4 - 8 m. Jalan akses dan area kerja dari *crawler crane* harus datar untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Pengangkatan *girder* dilakukan bersamaan antara dua buah *crawler crane*, yang dibantu dengan tenaga manual dengan menggunakan tali yang ditarik oleh pekerja untuk membantu menstabilkan posisi *girder*. Kemudian, *girder* diletakkan di atas *bearing pad*, yang dalam proses perletakannya dibantu oleh pekerja agar posisi *girder* sesuai yang direncanakan.

Girder yang telah berada di atas *bearing pad* akan diberi perkuatan. Perkuatan *girder* setelah proses ereksi ini yaitu berupa pengelasan *bracing* pada *girder* dan *abutment* atau *pier head*, pemasangan kayu diantara *girder*, dan pemasangan besi ulir.

D. Data Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui kuesioner pendahuluan dan kuesioner utama kepada para responden. Pemilihan responden didasarkan pada tingkat pengetahuan mengenai K3 dan tingkat pengalaman dalam pekerjaan proyek. Responden dalam penelitian ini terdiri dari manajer proyek, *site manager*, *commercial manager*, *HSE officer*, dan medis *HSE officer*. Jumlah responden yang direncanakan pada pengisian kuesioner adalah 13 responden, namun respon yang berhasil dikumpulkan hanya berjumlah 12 kuesioner.

E. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk membantu identifikasi mode kegagalan dari risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek. Survei pendahuluan ini dilakukan dengan tinjauan lapangan, pengisian kuesioner pendahuluan, dan wawancara pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.

Dari hasil survei pendahuluan didapatkan variabel risiko yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun detail variabel risiko yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4. Variabel risiko pada penelitian ini diperoleh dari *failure mode* yang berpotensi terjadi pada serangkaian proses metode konstruksi di lapangan. Sebagai contoh, terdapat potensi *failure mode* berupa tanah galian longsor, yang mungkin timbul pada proses metode konstruksi galian dan timbunan tanah di item pekerjaan *pier*, sehingga menimbulkan risiko tertimbun tanah galian yang longsor sebagai Variabel 1.

F. Analisis Risiko dengan Metode FMEA

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan penyebab dari terjadinya kegagalan, menilai risiko yang berkaitan dengan *failure mode* yang teridentifikasi, mengetahui dampak dan penyebab serta pengendaliannya. Metode FMEA ini juga akan membantu mengukur tingkat risiko kecelakaan kerja dan membaginya menjadi tingkatan prioritas yang didapatkan dari nilai *Risk Priority Number* (RPN).

FMEA dilakukan untuk menganalisis potensi kesalahan ataupun kegagalan, dan juga efeknya terhadap suatu proses. Metode ini dapat mengidentifikasi potensial *failure mode* berdasarkan pada kejadian sebelumnya yang berkaitan dengan produk atau proses serupa [6].

Penilaian dilakukan oleh responden berdasarkan skala penilaian yang telah ditentukan untuk masing-masing tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*). Skala penilaian tertera pada kuesioner utama.

Contoh perhitungan indeks untuk penilaian tingkat keparahan (*severity*) pada Variabel 1 (tertimbun tanah galian yang longsor) yang ditimbulkan oleh potensi *failure mode* berupa tanah galian longsor, pada metode kontruksi galian dan timbunan tanah di item pekerjaan pier, adalah sebagai berikut.

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 (1 \times 1) + (2 \times 1) + (3 \times 1) + (4 \times 3) + (5 \times 6)}{5 \sum_{i=1}^5 (12)} \times 100\%$$

$$SI = 80\%$$

dengan :

a = konstanta penilaian (1 s/d 5)

x_i = probabilitas responden

i = 1,2,3,4,5

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa skala 1 dipilih oleh 1 responden, skala 2 dipilih oleh 1 responden, skala 3 dipilih oleh 1 responden, skala 4 dipilih oleh 3 responden, dan skala 5 dipilih oleh 6 responden dalam penilaian tingkat keparahan (S).

Dengan cara yang sama, dihitung pula indeks untuk masing-masing penilaian tingkat kejadian (O) dan tingkat deteksi (D). Setelah didapatkan indeks untuk masing-masing penilaian S, O, dan D, maka tahapan selanjutnya yaitu mengalikan nilai indeks tersebut menggunakan metode FMEA yaitu berupa perhitungan RPN. Variabel risiko yang mendapatkan nilai RPN tertinggi merupakan variabel risiko dengan prioritas paling utama. Contoh perhitungan nilai RPN untuk Variabel 1 (risiko tertimbun tanah galian yang longsor pada item pekerjaan *pier*) adalah sebagai berikut.

$$RPN = S \times O \times D$$

$$RPN = 80 \times 46,7 \times 36,7$$

$$RPN = 136.888,9$$

Nilai 80 pada tingkat keparahan (S), nilai 46,7 pada tingkat kejadian (O), dan nilai 36,7 pada tingkat deteksi (D) tersebut didapatkan dari hasil perhitungan indeks pada Variabel 1 (tertimbun tanah galian yang longsor pada item pekerjaan *pier*), sehingga diperoleh nilai total RPN yaitu 136.888,9. Setelah menghitung nilai RPN dari semua variabel risiko pada Tabel 4, maka didapatkan urutan prioritas risiko

yang memerlukan penanganan lebih lanjut berdasarkan pada peringkat RPN. Nilai RPN tertinggi adalah sebesar 158.667 pada Variabel 39, yaitu pekerja terjatuh dari ketinggian untuk pekerjaan *erection girder*.

G. Upaya Pengendalian Risiko

Upaya pengendalian risiko dilakukan untuk mencegah terjadinya *failure mode* dengan melakukan tindakan preventif, sehingga dampak dari risiko kecelakaan dapat dikurangi. Tindakan preventif dapat dilakukan dengan cara mengubah desain (ukuran, material, spesifikasi teknis) dan mengembangkan peralatan deteksi. Pengendalian risiko pada penelitian ini didapatkan dari hasil studi literatur dan wawancara dengan pihak proyek yang memiliki pengetahuan mengenai keselamatan kerja.

Pada penelitian ini, upaya pengendalian risiko difokuskan pada pekerjaan dengan peringkat *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Hasil RPN menunjukkan bahwa pekerja terjatuh dari ketinggian (Variabel 39) pada pekerjaan *erection girder* menempati peringkat tertinggi dengan total nilai RPN yaitu 158.667, yang rinciannya ditunjukkan oleh Tabel 5.

Pekerjaan *erection girder* memiliki tiga *failure mode*. Dari ketiga *failure mode* tersebut, nilai RPN tertinggi didapatkan dari *failure mode* berupa posisi pekerja yang terlalu dekat dengan *girder*, yang berpotensi menimbulkan risiko pekerja terjatuh dari ketinggian (Variabel 39), dengan penyebab utama yaitu area kerja yang terbatas.

Penjelasan mengenai metode pada pekerjaan *erection girder* secara lebih detail akan membantu dalam menentukan upaya pengendalian risiko yang diperlukan. Metode *erection girder* yang dilakukan pada proyek ini yaitu *mobile crane* dengan jenis *crawler crane*. Dalam pelaksanaannya, *crawler crane* berada pada sisi *pier/labutment* sesuai dengan posisi yang telah ditentukan untuk memudahkan dalam mengangkat *girder* dan manuver alat. Proses ereksi menggunakan *crawler crane* dimulai dengan mengaitkan sling pada *girder* dibantu oleh *helper* pada kedua sisi ujung *girder*. Jika sling sudah dipastikan terpasang dengan sempurna, maka proses selanjutnya yaitu *lifting* atau pengangkatan. Saat proses *lifting*, operator *crawler crane* mengangkat *girder* secara bersamaan. Untuk mencegah *girder swing*, maka proses *lifting* ini dibantu oleh *helper* yang mengarahkan *tagline*. Selanjutnya *crawler crane* bergerak menuju titik kedudukan *girder*. Setelah posisi sudah sesuai titik, maka *girder* pun perlahan diturunkan sesuai aba-aba dari *flagman*. Penempatan *girder* pada kedudukan *girder (bearing pad)* dibantu oleh beberapa pekerja yang berada di atas *pierhead* dan/atau *abutment*.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi adanya *failure mode* yaitu faktor manusia, faktor manajemen, faktor teknis, dan faktor lingkungan. Berdasarkan faktor-faktor yang telah disebutkan, maka upaya pengendalian yang dapat dilakukan untuk Variabel 39 (pekerja terjatuh dari ketinggian) dengan *failure mode* posisi pekerja terlalu dekat dengan *girder*, dapat dilihat pada Tabel 6. Secara umum, upaya pengendalian risiko dilakukan untuk mengurangi tingkat keparahan (S), mengurangi tingkat kejadian (O), dan meningkatkan kemudahan deteksi (D) pada *failure mode* yang mungkin terjadi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:(1)Analisis risiko menggunakan metode FMEA menunjukkan bahwa variabel dengan nilai RPN tertinggi yaitu risiko pekerja terjatuh dari ketinggian (V39) pada item pekerjaan *erection girder* dengan nilai RPN sebesar 158.667. Risiko tersebut berasal dari *failure mode* berupa posisi pekerja yang terlalu dekat dengan *girder* karena keterbatasan area kerja;(2)Upaya pengendalian risiko pada kegiatan yang memiliki RPN tertinggi yaitu berupa penghilangan *failure mode* dengan mempertimbangkan kelengkapan penggunaan APD, penggunaan peralatan K3 dan rambu-rambu, membatasi jumlah pekerja dan jam kerja, memberikan penyuluhan mengenai K3, melakukan inspeksi pekerjaan dan peralatan, serta penggunaan peralatan tambahan seperti *windsock*, *Handheld Transceiver* (HT), dan *drone*.

B. Saran

Saran dari penelitian ini yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu:(1)Analisis risiko kecelakaan kerja yang dilakukan pada penelitian ini hanya untuk struktur

elevated yaitu pekerjaan *pier* dan *erection girder*. Berikutnya diharapkan analisis risiko yang dilakukan dapat mencakup pekerjaan struktur bawah, arsitektur, dan/atau MEP;(2)Analisis risiko kecelakaan kerja juga dapat menggunakan metode lain yaitu *Risk Based Inspection* (RBI) yang fokus pada pengoperasian peralatan dan/atau metode *House of Risk* (HOR) yang dapat membantu mengurutkan *preventive action*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Yahya, M. Asilian, and H. Ebrahim, "Factors Influencing unsafe behaviors and accidents on construction sites: a review," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 20, no. 1, pp. 111–125, 2014.
- [2] N. Safitri and E. Widowati, "Penerapan risk management pada pekerjaan di ketinggian berdasar SNI ISO 31000:2011," *J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 77–78, 2017.
- [3] Supriyadi and Muntohar, *Jembatan*, IV. Yogyakarta: Beta Offset, 2007.
- [4] K. Tay and C. Lim, "Fuzzy FMEA with guided rule reduction system for prioritization of failures," *Int. J. Qual. Reliability Manag.*, vol. 23, pp. 1047–1066, 2006.
- [5] L. Susilo and V. Kaho, *Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 untuk Industry Non Perbankan*. Jakarta: PPM, 2010.
- [6] C. S. Carlson, *Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2012.