ANALISIS RISIKO TEKNIS PELAKSANAAN PEKERJAAN PENGGANTIAN ELASTOMER *BEARING PAD* PADA JEMBATAN SURAMADU MENGGUNAKAN *FAULT TREE ANALYSIS METHOD*

Irishwanda Sari[1,*)], Anik Ratnaningsih[2)], Paksitya Purnama Putra [3)]

[1]Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,irishwandas@gmail.com
[2]Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, ratnaningsihanik@gmail.com
[3]Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, paksitya.putra@unej.ac.id

ABSTRAK

Penggantian elastomer bearing pad menjadi salah satu pekerjaan dengan risiko tinggi.. Pada pekerjaan ini dibutuhkan keahlian dalam proses pelaksanaannya agar tidak terjadi kerusakan struktur. Risiko yang terjadi dapat menghambat pekerjaan dan mempengaruhi kinerja jembatan. Oleh karena itu, manajemen risiko diperlukan untuk menemukan dan mengidentifikasi sumber risiko yang kemudian diukur tingkat risikonya, sehingga dapat diupayakan pengendalian sampai pada tingkat aman. Penelitian ini menggunakan Fault Tree Analysis Method (FTA). Keunggulan metode Fault Tree Analysis (FTA) yaitu sebagai metode kualitatif yang mempunyai kemampuan mengidentifikasi rangkaian kejadian penyebab terjadinya risiko. Setelah dilakukan analisis risiko, didapatkan 7 variabel dengan tingkat risiko tinggi. Dari hasil perhitungan FTA didapatkan nilai kegagalan sebesar 0.8059. *Faktor-faktor penyebab terjadinya risiko yang didapatkan meliputi, Human Error, Komunikasi antar pekerja serta perencana dengan owner yang kurang, kondisi alat yang buruk, pemeliharaan alat kurang baik, kondisi ruang lingkup pekerjaan yang kurang layak, ketersediaan alat yang terbatas, dan juga faktor alam. Pengendalian risiko yang dapat dilakukan pada pelaksanaan pekerjaan penggantian elastomer bearing pad yaitu, menyiapkan koordinasi yang baik pada saat pelaksanaan, melakukan maintenance alat sebelum digunakan, dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan SOP yang ada.*

Kata Kunci : Elastomer, FTA, Risiko

ABSTRACT

Elastomeric bearing pad replacement becomes one of the projects that caused high risk. This project can cause structural damage if not handled properly. The risks that occur can hide work and affect the bridge's performance. Therefore, risk management is required to identify the source and then measured the level of risk, so it can be pursued to a safe level. This study use Fault Tree Analysis (FTA) Method who can connect several event and bring up the new one. The advantages of the Fault Tree Analysis method (FTA) is as a qualitative method that has the ability to identify the series of events that cause risk and can show more detailed of results. The result reveals, 7 variables with high risk levels were obtained. Factor-factor that affect the risk are humans error, bad communication, locations of the project are less viable and nature factors. The possible risk control for the elastomeric bearing pad replacement project is prepared for a good coordination before work, maintenance machine before use, and carrying out the work in accordance with standard (SOP).

Keyword : Elastomeric, FTA, Risk

1. PENDAHULUAN

Elastomer *bearing pad* adalah polimer elastis atau karet berlapis yang dipisahkan oleh pelat baja ataupun karet utuh. Penggantian elastomer *bearing pad* pada Jembatan Suramadu dilakukan pada tahun ke 10 pasca pembangunan. Dalam penggantian elastomer *bearing pad* digunakan alat *hydraulic jack* untuk mengangkat struktur atas jembatan. Pengangkatan struktur atas jembatan dilaksanakan serempak pada satu sisi pilar atau abutment. Pengangkatan secara serempak dimaksudkan untuk menghindari keretakan yang mungkin terjadi pada struktur atas. Tinggi pengangkatan hanya berkisar 0.5 – 2cm sebatas elastomer sudah dapat diambil. Arus lalu lintas di atas jembatan masih dapat berjalan selama proses penggantian elastomer *bearing pad* dilakukan.

Penggantian elastomer *bearing pad* menjadi salah satu proyek yang mempunyai risiko tinggi, karena besarnya bobot pekerjaan serta diperlukan keahlian dalam proses pelaksanaan agar tidak merusak struktur yang sudah ada. Risiko yang terjadi dapat menghambat pekerjaan dan mempengaruhi kinerja jembatan (Istijono, 2014). Risiko yang terjadi dapat berupa risiko pekerja, risiko alat dan material, serta risiko pada saat pelaksanaan penggantian elastomer *bearing pad* sendiri.Oleh karena itu, manajemen risiko diperlukan untuk menemukan dan mengidentifikasi sumber risiko yang kemudian diukur tingkat risikonya, sehingga dapat diupayakan pengendalian sampai pada tingkat aman (Retnowati, 2017).

Identifikasi risiko pada pekerjaan proyek digunakan untuk mengetahui nilai risiko per *item* pekerjaan (Relawati, 2018). Penelitian ini menggunakan *Fault Tree Analysis Method* pada analisisnya. Menurut (Foster, 2004) yang dikutip dalam Pitasari (2014) *Fault Tree Analysis* merupakan sebuah *analytical tool* yang menerjemahkan secara grafik kombinasi dari kesalahan yang menyebabkan kegagalan dari sistem. *Fault Tree Analysis* dapat menghubungkan beberapa rangkaian kejadian yang menghasilkan kejadian lain. Keunggulan metode *Fault Tree Analysis* yaitu sebagai metode kualitatif yang mempunyai kemampuan mengidentifikasi rangkaian kejadian penyebab terjadinya risiko serta dapat menunjukkan hasil yang lebih rinci.

(Sukmana, 2021) telah melakukan penelitian untuk mengetahui analisis risiko keterlambatan pada Proyek Apartemen Suncity Sidoarjo menggunakan metode *Fault Tree Analysis.* Hasil yang didapatkan adalah risiko-risiko dominan pada proyek dan faktor penyebabnya. (Anggreni, 2021) juga melakukan penelitian untuk mengetahui analisis risiko yang mempengaruhi biaya dan waktu pada proyek Apartemen Klaksa Residence. Dari penelitian tersebut didapatkan faktor risiko dominan, hasil perhitungan *minimal cut set* dan respon risiko.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk mengetahui akar penyebab terjadinya risiko. Pemilihan metode FTA sendiri dikarenakan metode tersebut mampu dengan jelas menunjukkan akar-akar kejadian penyebab terjadinya *top event* Satriyo, B., & Puspitasari, D. (2017). Selanjutnya pada metode FTA ini juga didapatkan nilai probabilitas *minimal cut set* yang muncul dari akar-akar penyebab risiko. Pelaksanaan metode ini dimulai dengan mencari *top event* permasalahan, melakukan penggambaran model grafis, dan dilanjutkan dengan memberikan respon risiko serta menentukan peringkat kombinasi kejadian.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun umusan masalah pada penelitian ini adalah “apa saja faktor risiko teknis yang dominan terjadi, penyebab, dan

pengendalian risiko yang dilakukan pada pelaksanaan penggantian elastomer *bearing pad* Jembatan Suramadu".

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini adalah "Mengetahui identifikasi risiko yang dominan, faktor penyebab terjadinya risiko, dan pengendalian risiko pada pelaksanaan penggantian elastomer *bearing pad* pada Jembatan Suramadu"

1.3 Urgensi Penelitian

Secara spesifik, nilai urgensi penelitian ini yaitu, sebagai referensi dan bahan masukan untuk penelitian berikutnya. Selain itu, secara umum dapat menjadi acuan dalam pekerjaan konstruksi untuk menekan angka kecelakaan kerja khususnya pada proses penggantian elastomer *bearing pad*.

Secara praktis, nilai urgensi penelitian ini adalah memberikan informasi tentang risiko teknis pada saat pelaksanaan pekerjaan penggantian elastomer *bearing pad*. Selain itu, dapat dijadikan sebagai sarana bahan pertimbangan pengembangan sistem.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian



Gambar 1.
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Jalan Tol Suramadu Kelurahan Tambak Wedi, Kecamatan Kenjeran, Surabaya, Jawa Timur.Penelitian ini berkonsep tentang identifikasi risiko teknis pada saat pelaksanaan penggantian elastomer *bearing pad* Jembatan Suramadu. Metode yang digunakan adalah *Fault Tree Analysis*, yang bertujuan untuk mengetahui akar-akar penyebab terjadinya risiko pada proses penggantian elastomer Bearing Pad.

2.2 Variabel Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian deskriptif dan kuantitatif. Variabel yang digunakan adalah hasil studi literatur variabel yang telah dipublikasi pada penelitian terdahulu dan hasil wawancara. Variabel risiko yang digunakan adalah hasil *review* identifikasi menurut PMBOK 2000, Hawari 2009, dan Bina Marga 2006.

2.3 Sampel

Penentuan responden pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling.* Responden yang dipilih sejumlah 9 orang, yang dianggap kompeten, memiliki pengalaman, serta ikut pada saat pelaksanaan pekerjaan penggantian elastomer *bearing pad*. Pada kuisioner pendahuluan 4 orang diambil sebagai responden. Sedangkan pada kuisioner utama diambil 5 orang responden.

2.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian menjelaskan urutan dalam melakukan analisis mulai dari awal sampai akhir. Setiap tahapan memiliki proses dalam pengolahan data masing-masing. Tahapan penelitian ini sebagai berikut :

Identifikasi Variabel Risiko

Identifikasi variabel risiko dilakukan melalui studi literatur serta wawancara. Langkah selanjutnya adalah menyebarkan kuisioner pendahuluan untuk mendapatkan variabel risiko. Kuisioner tersebut

disebarkan kepada responden terpilih serta responden dapat memberikan masukan terhadap variable tersebut.

Uji Validitas dan Reliabilitas

Analisis uji validitas dan reliabilitas memiliki tujuan untuk mendapatkan validasi dari hasil kuisioner. Persamaan yang digunakan untuk uji validitas adalah persamaan *Pearson*. Persamaan *Pearson* dapat mengukur hubungan linier dari kedua variabel dan koefisien korelasi, digunakan rumus 1 : (Relawati, 2018)

$$r = \frac{n\sum xy-(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2-(\sum x)^2\}\{n\sum y^2-(\sum y)^2\}}} \text{.....(1)}$$

Keterangan :
n = Banyaknya Pasangan data X dan Y
∑x = Total jumlah dari variabel X
∑y = Total jumlah dari variabel Y
$\sum x^2$ = Kuadrat dari total jumlah variabel X
$\sum y^2$ = Kuadrat dari total jumlah variable Y
∑xy = Hasil perkalian dari total jumlah variable X dan Y

Analisis Risiko

Analisis risiko pada penelitian ini menggunakan cara perkiraan frekuensi terjadinya risiko serta dampak dari risiko tersebut. Cara melakuan uji salah satunya adalah dengan penyebaran kuisioner utama kepada responden yang telah dipilih. Dengan menggunakan skala pengukuran tinggi risiko terhadap probabilitas atau frekuensi dan dampak risiko yaitu menggunakan skala *Likert*. Skala *Likert* digunakan untuk mengetahui persepsi atau pendapat seseorang atau sekelompok orang pada suatu kejadian (Febtriko & Puspitasari, 2018). Dimana pada penelitian ini diambil dari pendapat responden terpilih.

Untuk mengukur tingkat risiko, digunakan rumus pada persamaan 2. Kemudian dilakukan analisis dengan metode *Severity Index* (SI). Metode tersebut bertujuan untuk memperoleh hasil kombinasi penilian frekuensi serta dampak risiko terhadap pelaksanaan menggunakan persamaan 3.

Pengukuran tingkat risiko dapat menggunakan rumus 2 : (Relawati, 2018)

$$R = P * I \text{ ..... (2)}$$

Dimana,
R = Tingkat risiko
P = *Probability* atau kemungkinan
I= *Impact* atau Tingkat dampak yang terjadi

Penilaian terhadap nilai P dan I untuk setiap variabel risiko diperoleh dari jawaban sejumlah responden, sehingga perlu dilakukan penggabungan menggunakan metode *Severity Index.* Perhitungan metode *Severity Index* menggunakan rumus 3 : (Nisa, 2017)

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^{4} ai.xi}{4\sum_{i=0}^{4} xi}(100\%) \text{ ..... (3)}$$

Keterangan :
ai = Konstanta Penilaian
xi = Frekuensi Responden
i = 0,1,2,3,4,…, n
x0, x1, x2, x3, x4, adalah respon frekuensi responden
a0 = 0 ; a1 = 1 ; a2 = 2 ; a3 =3 ; a4 = 4
Maka,
x0= ‘sangat rendah/kecil’ dari survey, maka a0 = 0
x1= ‘’rendah/kecil’ dari survey, maka a1 =1
x2 = ‘cukup tinggi/besar’ dari survey, maka a2 =2
x3 = ‘tinggi/besar’ dari survey, maka a3 = 3
x4 = ‘sangat tinggi/besar’ dari survey, maka a4 = 4

Analisis Risiko Menggunakan *Fault Tree Analysis Method*

Setelah mendapatkan nilai probabilitas dan dampak risiko, selanjutnya melakukan identifikasi menggunakan metode *Fault Tree Analysis*, dengan tahapan pengerjaan sebagai berikut : 1) Memutuskan permasalahan (*problem definition*) yang akan diidentifikasi. 2) Mencari *top event*, kemudian menggambar kejadian berikutnya sampai dengan akar permasalahan atau *basic event.* 3) Melakukan penggambaran model grafis metode *Fault Tree Analysis*. 4) Memberikan respon dari *fault* metode FTA yang merupakan kemungkinan terjadinya risiko. Risiko yang terjadi secara bersamaan dapat menyebabkan terjadinya *top event*. 5) Menentukan peringkat kombinasi kejadiannya (*minimal cut set rangking).*

Adapun tahapan dalam menentukkan kombinasi kejadian (*minimal cut set*) adalah sebagai berikut : 1) Memodifikasi gerbang logika FTA menjadi OR *gate* dan AND *gate* saja. 2) Menamai masing-masing kejadian (*event*). 3) Mengkonversi *fault tree* ke persamaan aljabar *boolean*.

Respon Risiko

Risiko dengan kategori tinggi yang telah diidentifikasi selanjutnya akan dilakukan pengendalian untuk mengurangi risiko sampai batas maksimal (Ismara et al., 2014). Penelitian ini menggunakan pengendalian risiko dari hasil wawancara pihak-pihak terkait untuk mendapatkan respon risiko. Setelah mendapatkan hasil pengendalian risiko, maka penelitian ini dapat dikatakan selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validasi dilakukan pada kuisioner pendahuluan. Setelah mendapatkan jawaban dari responden, selanjutnya dilakukan uji validasi menggunakan program bantu *Microsoft Excel*. Kuisioner pendahuluan pada penelitian ini menggunakan nilai *level of significant* sebesar 5% dan *2-tailed* dengan 4 orang responden.

Variabel risiko dianggap valid apabila r hitung > r tabel (0.95). Sedangkan nilai variabel yang tidak valid apabila r hitung < r tabel (0.95). Akan tetapi terdapat variabel yang bernilai = 0 (tidak valid) yang disebabkan karena seluruh responden memilih jawaban yang sama “mungkin terjadi”, sehingga variabel tersebut tidak memiliki pembanding dan jawaban tersebut sudah pasti terjadi.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan sebanyak 18 variabel valid, 12 variabel tidak valid karena jawaban yang sama, dan 18 variabel tidak valid. 12 variabel yang tidak valid akibat seluruh responden memilih jawaban yang sama tetap digunakan pada kuisioner utama karena itu dianggap penting. Sehingga variabel tersebut digunakan kembali sebagai alat ukur untuk risiko teknis pada saat pelaksanaan pekerjaan penggantian elastomer *bearing pad*. Sedangkan ke 18 variabel yang tidak valid tidak digunakan pada kuisioner utama. Variabel yang tidak valid tersebut dianggap tidak mampu untuk mengukur sesuatu yang dalam penelitian ini adalah risiko yang kemungkinan dapat terjadi (Josephine, 2017).

Perhitungan uji reliabilitas pada penelitian ini mengacu menggunakan program bantu *Microsoft Excel*. Pengujian ini menghasilkan nilai *Cronbach’s Alpha*. Nilai koefisien reliabilitas *Cronbach’s Alpha* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Perhitungan Nilai *Cronbach's Alpha*

Realibility Statistic	
Cronbach's Alpha	N *of Items*
1.00327	18

Dengan jumlah total variabel sebanyak 18, didapatkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 1.00327. Apabila nilai koefisien *Cronbach's Alpha* > 0.6 maka variabel memiliki nilai instrument yang baik (Azuar et al., 2016).

3.2 Identifikasi Risiko

Setelah mendapatkan hasil validasi dari kuisioner pendahuluan, selanjutnya dilakukan penyebaran kuisioner utama, pengukuran terhadap setiap variabel risiko. Pengisian kuisioner utama menggunakan skala pengukuran tingkat risiko terhadap probabilitas atau frekuensi dan dampak risiko yaitu skala *Likert*.

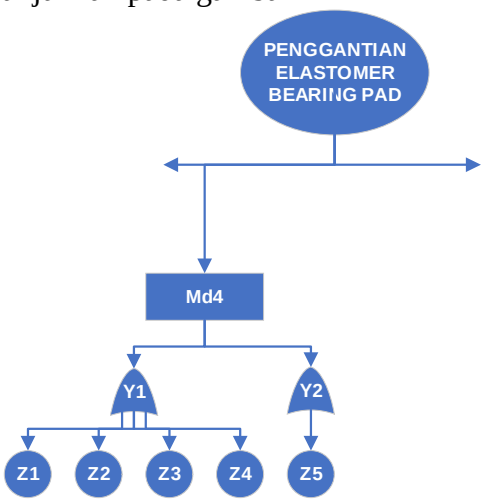
Langkah selanjutnya melakukan penggabungan pada nilai P dan I untuk setiap variabel risiko yang diperoleh dari jawaban sejumlah responden, menggunakan metode *Severity Index*. Perhitungan metode *Severity Index* menggunakan rumus 3.

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *Severity Index*, selanjutnya dilakukan penilaian tingkat risiko. Hasil dari penilaian probabilitas dan dampak mendapatkan 7 variabel dengan kategori risiko *High*, 21 variabel dengan kategori risiko *Moderate*, dan 2 variabel dengan kategori risiko *Low*. Variabel dengan kategori risiko *High* ini yang selanjutnya akan digunakan pada analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.

Sebelum dilakukan analisis menggunakan metode *FTA*, dilakukan wawancara kepada beberapa orang pihak proyek. Wawancara tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil *basic event* dari *top event* yang sudah ditentukan. Selanjutnya analisis menggunakan metode *FTA* dapat dilakukan.

3.3 Analisis Risiko Menggunakan FTA

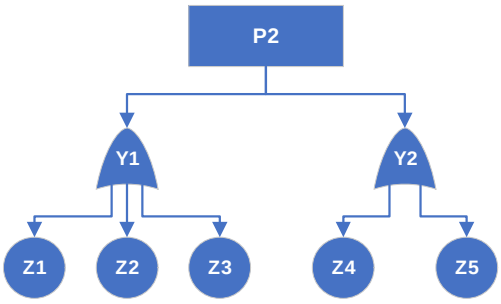
Variabel yang digunakan untuk analisis menggunakan metode FTA adalah variabel dengan kategori risiko *High* sejumlah 7 variabel. Variabel tersebut diantaranya adalah Balok girder retak karena pengangkatan tidak serempak, Pengadaan material terlambat, Kerusakan material pada saat pengiriman, Mutu pekerjaan yang kurang baik, Alat tidak dapat dioperasikan, Kerusakan peralatan mesin dan perlengkapan proyek, dan Keterlambatan pengadaan alat. Model grafis *top event* pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2.
Model Grafis FTA

Analisis, contoh perhitungan, dan penggambaran model grafis dari setiap *intermediate event* diambil contoh menggunakan variabel P2.

Variabel risiko P2 yaitu "Balok girder retak karena pengangkatan tidak serempak". Gambar 3 berikut adalah penggambaran model grafis FTA.



Gambar 3.
Model Grafis FTA Variabel P2

Berdasarkan penggambaran model grafis FTA pada risiko "Balok girder retak karena pengangkatan tidak serempak" di atas, keterangan nama event dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2.
Keterangan Nama Event

No	Event	Kejadian
1	P2	Balok girder retak karena pengangkatan tidak serempak
2	Y1	Alat jacking tidak bekerja normal
3	Y2	Kelalaian pekerja
4	Z1	Piston jacking sudah berkarat
5	Z2	Kabel/selang menuju jacking sudah tidak layak pakai
6	Z3	Mesin hidrolis yang mendorong, tidak mampu bekerja maksimal
7	Z4	Pekerja lupa merapatkan kunci jacking
8	Z5	Kurangnya koordinasi dan komunikasi ketika pelaksanaan

Variabel yang ditunjukkan pada tabel 3 adalah variabel risiko yang berada pada *intermediate event* serta penyebab risiko hingga kejadian dasar (*Basic Event*) yang didapatkan dari hasil wawancara. Untuk persamaan *Aljabar Boolean* penggambaran model grafis FTA diatas (Gambar 3) sebagai berikut:

P2 = Y1 + Y2
Y1 = Z1 + Z2 + Z3
Y2 = Z4 + Z5

Setelah didapatkan persamaan *Aljabar Boolean*, selanjutnya mencari kombinasi untuk *Minimal Cut Set*. Persamaannya adalah sebagai berikut:

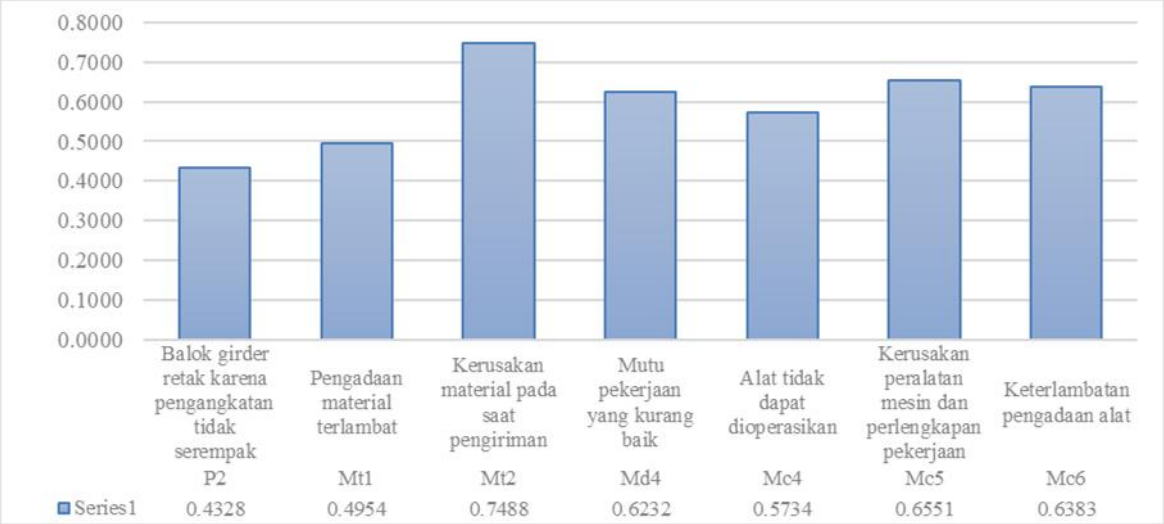
P2 = Y1+Y2= (Z1+Z2+Z3) + (Z4+Z5)

Hasil probabilitas *Minimal Cut Set* penyebab terjadinya risiko "Balok girder retak akibat pengangkatan tidak serempak" sebesar 0.4328. perhitungan hasil probabilitas *Minimal Cut Set* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3.
Probabilitas *Basic Event*

Kode	*Basic Event*	Probabilitas
Z1	Piston jacking sudah berkarat	0.1546
Z2	Kabel/selang menuju jacking sudah tidak layak pakai	0.1193
Z3	Mesin hidrolis yang mendorong, tidak mampu bekerja maksimal	0.0700
Z4	Pekerja lupa merapatkan kunci jacking	0.1193
Z5	Kurangnya koordinasi dan komunikasi ketika pelaksanaan	0.0700
Minimal Cut Set		0.4328

.



Gambar 4.
Grafik Nilai Probabilitas

Gambar 4. merupakan grafik nilai probabilitas dari ke 7 variabel dengan kategori risiko tinggi. Setelah dilakukan perhitungan *minimal cut set* didapatkan nilai hasil probabilitas. Pada risiko balok girder retak akibat pengangkatan tidak serempak memiliki nilai probabilitas sebesar 0.4328, Pengadaan material terlambat memiliki nilai probabilitas sebesar 0.4954, kerusakan material pada saat pengiriman memiliki nilai probabilitas sebesar 0.7488, mutu pekerjaan yang kurang baik memiliki nilai probabilitas sebesar 0.6232, alat tidak dapat dioperasikan memiliki nilai probabilitas sebesar 0.5734, kerusakan peralatan mesin dan perlengkapan proyek memiliki nilai probabilitas sebesar 0.6551, keterlambatan pengadaan alat memiliki nilai probabilitas sebesar 0.6383. Jumlah total probabilitas *minimal cut set* terhadap *Top Event* pekerjaan penggantian elastomer *bearing pad* adalah sebesar 0.8059.

Persamaan yang digunakan pada perhitungan probabilitas *top event* sebagai berikut :

Top Event : P2 + Mt1 + Mt2 + Md4 + Mc4 + Mc5 + Mc6

3.4 Respon Risiko

Berdasarkan faktor-faktor penyebab terjadinya risiko yang telah didapatkan, selanjutnya dilakukan respon risiko. Respon risiko yang didapatkan adalah hasil dari wawancara terhadap pihak terkait dan beberapa sumber studi literasi. Respon risiko diberikan pada setiap item dengan kategori tinggi. Respon risiko digunakan untuk mengetahui tindakan pengendalian yang tepat. Hasil respon risiko dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4.
Hasil Respon Risiko

Kode	**Variabel Risiko**	**Respon Risiko**	
		Responden C	Responden F
P2	Balok girder retak karena pengangkatan tidak serempak	1. Melakukan pengecekan alat sebelum digunakan 2. Menghentikan pelaksanaan pekerjaan	Pada saat pelaksanaan koordinasi dilakukan dengan mengacu pada 1 suara menggunakan alat bantu komunisasi seperti *Handy Talkie*
Mt1	Pengadaan material terlambat	Selektif dalam memilih vendor	Memperbaiki pengaturan jadwal

Kode	Variabel Risiko	Respon Risiko	
		Responden C	Responden F
			dengan melihat rencana progres pelaksanaan
Mt2	Kerusakan material pada saat pengiriman	Meningkatkan ketelitian pada saat pengiriman	Membuat *traffic* lalu lintas dengan memperhatikan manajemen *traffic*
Md4	Mutu pekerjaan yang kurang baik	Melakukan pengecekan dan evaluasi rutin	Merujuk ke SOP berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan
Mc4	Alat tidak dapat dioperasikan	Melakukan perawatan alat sesuai dengan SOP	Memperhatikan kondisi ruang lingkup pekerjaan
Mc5	Kerusakan peralatan mesin dan perlengkapan proyek	Melakukan *cross check* ulang alat sebelum pelaksanaan pekerjaan	Kontrol *maintenance* alat sebelum digunakan
Mc6	Keterlambatan pengadaan alat	Mempersiapkan waktu lebih untuk pengadaan alat	Mengacu pada rencana *progress* yang akan dilakukan

Berikut adalah penjelasan untuk respon risiko pada risiko dengan kategori tinggi : 1) Risiko balok girder retak akibat pengangkatan yang tidak serempak, dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor yaitu *human error*, faktor peralatan, dan terkait dengan komunikasi antar pekerja. Tindakan pengendalian yang perlu dilakukan adalah pengecekan alat sebelum digunakan, apabila terjadi pada saat pelaksanaan maka pekerjaan harus segera dihentikan, terkait dengan koordinasi pelaksanaan dilakukan dengan mengacu pada satu suara saja yang dikoordinir menggunakan *handy talkie.* 2) Risiko pengadaan material terlambat, dapat terjadi karena faktor pemilihan vendor yang kurang selektif, dan beberapa faktor internal. Pengendalian yang dapat dilakukan salah satunya adalah memilih vendor dengan selektif serta memperbaiki pengaturan jadwal dengan melihat rencana *progress* pelaksanaan pekerjaan. 3) Risiko kerusakan material pada saat pengiriman, dapat terjadi karena *human error* dan cacat produksi. Dapat dilakukan tindakan pengendalian seperti meningkatkan lagi ketelitian pada saat pengiriman, membuat *traffic* lalu lintas dengan memperhatikan manajemen *traffic.* 4) Risiko mutu pekerjaan yang kurang baik, risiko tersebut dapat terjadi karena faktor koordinasi antar pekerja, SOP, dan terkait dengan peralatan pekerjaan. Tindakan pengendalian yang dapat dilakukan yaitu melakukan pengecekan dan evaluasi rutin, serta pada saat pelaksanaan selalu mengacu pada SOP yang sudah ada. 5) Risiko alat tidak dapat dioperasikan, dapat terjadi karena faktor kondisi alat dan pemeliharaan alat sebelumnya. Pengendalian risiko yang dilakukan dengan melakukan perawatan alat yang baik dan benar sesuai SOP, juga perlu diperhatikan kondisi ruang lingkup pekerjaan yang akan digunakan agar tetap kondusif. 6) Risiko kerusakan peralatan mesin dan perlengkapan proyek, faktor penyebabnya adalah *human error* dan terkait dengan kondisi ruang lingkup pekerjaan. Dapat dilakukan tindakan pengendalian dengan melakukan *cross check* ulang alat sebelum pelaksanaan pekerjaan, serta selalu mengontrol *maintenance* alat yang akan digunakan. 7) Risiko keterlambatan pengadaan alat, dapat terjadi akibat faktor ketersediaan alat dan faktor alam. Tindakan pengendalian yang dilakukan yaitu dengan mempersiapkan waktu yang lebih untuk pengadaan alat sebelumnya, selalu mengacu pada rencana yang akan dilakukan.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis risiko, didapatkan 7 variabel risiko dengan kategori tinggi.. Ke 7 risiko tersebut adalah Balok girder retak karena pengangkatan

tidak serempak, Pengadaan material terlambat, Kerusakan material pada saat pengiriman, Mutu pekerjaan yang kurang baik, Alat tidak dapat dioperasikan, Kerusakan peralatan mesin dan perlengkapan proyek, Keterlambatan pengadaan alat. Ke 7 risiko tersebut selanjutnya akan dicari tindakan pengendalian risiko yang sesuai.

Faktor-faktor penyebab terjadinya risiko dengan kategori tinggi yang didapatkan meliputi, *Human Error*, Komunikasi antar pekerja serta perencana dengan owner yang kurang, kondisi alat yang buruk, pemeliharaan alat kurang baik, kondisi ruang lingkup pekerjaan yang kurang layak, ketersediaan alat yang terbatas, dan juga faktor alam.

Tindakan pengendalian risiko yang dapat dilakukan pada ke 7 variabel dengan risiko tinggi tersebut yaitu, menyiapkan koordinasi yang baik pada saat pelaksanaan, melakukan *maintenance* alat sebelum digunakan, dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan SOP yang ada.

Pada penelitian selanjutnya yang sejenis, dapat digunakan metode lain. Penelitian selanjutnya juga dapat menambahkan item risiko, tidak hanya pada risiko teknis saja. Penentuan nilai probabilitas pada setiap *basic event* sebaiknya menggunakan metode sampling yang lain, agar didapatkan nilai probabilitas yang lebih akurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

Anggreni, V. T. (2021). Digital Repository Universitas Jember Digital Repository Universitas Jember. Analisis Risiko Yang Mempengaruhi Kinerja Proyek Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pekerjaan Basement Apartemen Klaska *Residence* Menggunakan *Metode Fault Tree Analyis*. *Skripsi*

Azuar, J., Irfan, Saprinal, M., & Bambang, S. (2016). *Mengolah Data Penelitian Bisnis Dengan Spss* (F. Riska (Ed.)). Lembaga Penelitian Dan Penulisan Ilmiah Aqli.

Bina Marga, D. (2006). *Pedoman Pelaksanaan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Untuk Konstruksi Jalan Dan Jembatan*.

Febtriko, A., & Puspitasari, I. (2018). Mengukur Kreatifitas Dan Kualitas Pemograman Pada Siswa Smk Kota Pekanbaru Jurusan Teknik Komputer Jaringan Dengan Simulasi Robot. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, *3*(1), 1-9.

Hawari, K. (2009). *Identifikasi risiko proyek pada tahap konstruksi bangunan bertingkat 4-20 lantai di jabotabek dari sudut pandang kontraktor skripsi*. *1*, 1–129.

Ismara, Ketut Ima. (2014). Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3). *Universitas Negeri Yogyakarta*, 163.

Istijono, B. (2014). Lahan Menjadi Faktor Penghambat Dalam Pelaksanaan pembangunan Untuk Kepentingan Umum. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, *10*(2), 52-59.

Josephine, A. (2017). Pengaruh lingkungan kerja terhadap kinerja karyawan pada bagian produksi melalui motivasi kerja sebagai variabel intervening pada PT. Trio Corporate Plastic (Tricopla). *Agora*, *5*(2).

Nisa, T. F. A. (2017). Identifikasi Risiko Faktor Kualitas Sumber Daya Manusia Dalam Pelaksanaan Pembangunan Bangunan Tinggi Dengan Fault Tree Analysis Method. *Skripsi*.

PMBOK. (2017). PMBOK Guide - 6th Edition. In *Project Management Institute* (Vol. 40, Issue 2).

Relawati, W. (2018). *Assesment* Manajemen Risiko Teknis Konstruksi Pada Proyek *High Rise Building* Dengan Metode (*Fault Tree Analysis*) Fta (Studi Kasus Proyek Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon*). Skripsi*

Retnowati, D. (2017). Analisa Risiko K3 dengan Pendekatan Hazard. *Engineering and Sains Journal*, *1*(1), 41–46.

Satriyo, B., & Puspitasari, D. (2017). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Untuk Meminimumkan Cacat Pada Crank Bed Di Lini Painting PT. Sarandi Karya Nugraha. *Industrial Engineering Online Journal*, *6*(1).

Sukmana, A. M. (2021). Analisis Risiko Keterlambatan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (Studi Kasus: Proyek Apartemen Suncity Sidoarjo). *Skripsi*

Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Halaman ini sengaja dikosongkan