

ANALISIS FAKTOR KETERLAMBATAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK JALAN NASIONAL DI JAWA TIMUR MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

Affrilia Khusnul Khotimah¹, Michella Beatrix²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

¹affrikhusnul@gmail.com, ²michella@untag-sby.ac.id

Abstrak

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan jalan nasional di Jawa Timur terdapat proyek yang mengalami keterlambatan, banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya keterlambatan tersebut. Oleh karena itu, untuk menganalisa faktor-faktor penyebab keterlambatan pada proyek tersebut peneliti menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) untuk menemukan akar permasalahan yang menyebabkan keterlambatan dan bisa menjelaskan secara detail bagaimana solusi yang tepat, yang bisa diambil untuk menangani permasalahan yang terjadi. Setelah mengetahui faktor keterlambatan menggunakan FTA kemudian menentukan kombinasi dari faktor-faktor tersebut dengan *minimal cut set*.

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa data, diketahui faktor-faktor penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur berdasarkan nilai probabilitas tertinggi yaitu aspek eksternal dan *force major*; aspek lingkup dan dokumen pekerjaan (kontrak); aspek sistem organisasi, kordinasi dan komunikasi; dan aspek sistem inspeksi, kontrol dan evaluasi. Sedangkan untuk nilai persentase probabilitas pada masing-masing aspek secara berurutan yaitu 25%, 19%, 19% dan 19%.

Kata kunci: Faktor Keterlambatan, *Fault Tree Analysis* (FTA), Probabilitas

Abstract

In the implementation of the national road construction project in East Java, there are projects that have experienced delays, many factor influence the delay are therefore to analyze the factors causing delays in the project, researchers use the FTA (Fault Tree Analysis) method to find the problem that causes delays and be able to explain in detail how the right solution can be taken. to deal with problems that occur. After knowing the factors of delay using FTA then determine the combination of these factors with a minimum cut set.

Based on the result of research and analysis, it is know that the factors causing delays in the nasional road project in East Java are based on the highest probability values, aspects external and force major; aspects of scope and work document (contracts); aspects of orginazational systems, coordination and communication; and aspects of inspection, control dan evaluation systems. As for the probability percentage values for each aspect sequentially, 25%, 19%, 19% and 19%.

Keywords: Delay Factor, *Fault Tree Analysis* (FTA), Probability

Pendahuluan

Manajemen proyek adalah alat yang digunakan untuk mengefektifkan dan mengefisienkan pekerjaan pada proyek. Parameter yang digunakan adalah fungsi waktu dan biaya dari setiap pekerjaan proyek. Sehingga, untuk menata suatu pekerjaan harus memahami persoalan yang terjadi pada lokasi proyek, dari

tahap awal sampai akhir. Peran manajemen jadi salah satu kunci keberhasilan pengelolaan suatu proyek. Maka dari itu perlu mengkaji jadwal proyek untuk menentukan langkah perubahan jika terjadi keterlambatan penyelesaian agar bisa dikurangi atau dihindari. (Intan, 2020).

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan jalan nasional di Jawa Timur terdapat proyek yang

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

mengalami keterlambatan, banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya keterlambatan tersebut. Pada tiap proyek berbeda-beda kendala yang dihadapi di lapangan. Akibat keterlambatan pelaksanaan proyek akan menimbulkan kerugian bagi pemilik maupun kontraktor, karena dampak keterlambatan merupakan konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa yang menyebabkan dan juga adanya tuntutan waktu serta biaya tambahan.

Oleh karena itu, keterlambatan proyek perlu diidentifikasi faktor-faktor penyebab yang menimbulkan keterlambatan tersebut sehingga mendapatkan solusi untuk memecahkan permasalahan yang terjadi. Dalam penelitian ini bermaksud untuk menganalisis hal apa saja yang terjadi di lapangan yang menjadi faktor keterlambatan dalam pekerjaan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur dengan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) diharapkan bisa menemukan faktor-faktor penyebab keterlambatan pada proyek dan untuk mendapatkan solusi dari dampak keterlambatan proyek yang terjadi.

Dari latar belakang tersebut, maka permasalahan pada proyek jalan nasional yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penggunaan permodelan grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam menganalisa faktor penyebab keterlambatan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur?
2. Apakah faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)?

Keterlambatan Proyek

Keterlambatan merupakan sebagian waktu dari pelaksanaan yang tidak dilakukan atau dimanfaatkan dengan baik sesuai rencana, sehingga mengakibatkan beberapa pekerjaan yang mengikuti jadi ikut tertunda atau tidak bisa selesai tepat waktu sesuai penjadwalan yang sudah direncanakan.

Keterlambatan proyek sering terjadi, yang dapat menyebabkan berbagai kerugian bagi pengguna jasa dan juga penyedia jasa. Bagi kontraktor keterlambatan selain dapat pembengkakan biaya proyek dapat juga mengakibatkan turunnya kredibilitas kontraktor untuk masa yang akan datang. Bagi *owner*, keterlambatan berpotensi dalam menyebabkan timbulnya akan perselisihan dan klaim antara *owner* proyek dan kontraktor (Hidayat, 2019).

Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek

Standar dokumen kontrak yang diterbitkan oleh AIA (American Institute of Architects) membedakan keterlambatan proyek menjadi 3 kelompok (Rosdianto, 2017), yaitu :

1. *Excusable/compensable* adalah keterlambatan yang beralasan dan dapat dikompensasi. Kasus keterlambatan yang beralasan dan dapat dikompensasi adalah keterlambatan yang disebabkan oleh pihak pemilik.
2. *Non-compensable* adalah keterlambatan yang beralasan, tetapi tidak dapat dikompensasi. Kasus keterlambatan yang beralasan, tetapi tidak dapat dikompensasi adalah keterlambatan yang di luar kemampuan baik kontraktor maupun pemilik.
3. *Non-excusable* adalah keterlambatan yang tidak beralasan. Kasus keterlambatan yang tidak beralasan adalah keterlambatan yang disebabkan karena kegagalan kontraktor memenuhi tanggung jawabnya dalam pelaksanaan proyek.

Berikut ini adalah faktor penyebab keterlambatan yang ditinjau dari aspek manajemennya (Intan, 2020) yaitu:

Tabel 1. Variabel dan Indikator Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek

No	Penyebab Keterlambatan Proyek	Kode
X1 Aspek Perencanaan dan Penjadwalan		
1	Penetapan. masa pelaksanaan pekerjaan oleh pemilik yang singkat	X1.1
2	Tidak lengkapnya item pekerjaan yang harus sesuai gambar kerja	X1.2
3	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik/terpadu oleh kontraktor	X1.3
4	Rencana kerja yang berubah-ubah	X1.4
5	Metode konstruksi/pelaksanaan kerja yang salah atau tidak tepat	X1.5
X2 Aspek Lingkup Dan Dokumen Pekerjaan (Kontrak)		
1	Perencanaan (gambar/spesifikasi) yang salah/tidak lengkap	X2.1
2	Perubahan desain/detail pekerjaan pada waktu pekerjaan sedang berlangsung	X2.2
3	Proses pembuatan gambar kerja	X2.3

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

X2	Aspek Dokumen (Kontrak)	Lingkup Pekerjaan	Dan
4	Keterlambatan gambar kerja oleh pengawas/direks/pemilik proyek	persetujuan oleh konsultan	X2.4
5	Adanya tambahan pekerjaan di lokasi		X2.5
6	Adanya permintaan perubahan atas pekerjaan yang telah selesai		X2.6
X3	Aspek Organisasi, Koordinasi dan Komunikasi	Sistem	Organisasi,
1	Keterbatasan personil dalam pengambilan keputusan	wewenang pemilik	X3.1
2	Kualifikasi yang tidak profesional di bidangnya	personil/pemilik	X3.2
3	Kegagalan mengkoordinir sub kontraktor	kontraktor pekerjaan dari	X3.3
4	Kertelambatan alat/bahan, dll yang disediakan kontraktor	penyediaan	X3.4
5	Kualifikasi manajemen yang buruk dari organisasi kontraktor	teknis dan lapangan kerja	X3.5
X4	Aspek Kesiapan/Penyiapan Sumber Daya	Kesiapan/	Penyiapan
1	Mobilisasi Sumber daya yang terlambat (bahan, alat, tenaga kerja yang terlambat)	daya yang	X4.1
2	Kurangnya keahlian dan ketrampilan serta motivasi kerja para pekerja	keahlian dan	X4.2
3	Jumlah pekerja yang memadai/sesuai dengan aktivitas pekerjaan yang ada	kurang dengan	X4.3
4	Tidak tersedianya bahan secara cukup pasti/layak sesuai kebutuhan	secara cukup	X4.4
5	Tidak tersedianya alat/peralatan kerja yang cukup memadai sesuai dengan kebutuhan	alat/peralatan kerja yang	X4.5
6	Kelalaian/keterlambatan oleh sub kontraktor	oleh	X4.6
7	Pendanaan kegiatan proyek yang tidak terencana dengan baik (kesulitan pendanaan di kontraktor)	kegiatan proyek	X4.7
8	Tidak terbayarnya kontraktor secara layak sesuai haknya	kontraktor secara layak	X4.8

(kesulitan pendanaan oleh pemilik)

X5 Aspek Sistem Inspeksi, Kontrol dan Evaluasi Pekerjaan

1	Pengajuan contoh bahan oleh kontraktor yang tidak terjadwal	X5.1
2	Proses permintaan dan persetujuan contoh bahan oleh divisi laboratorium yang lama	X5.2
3	Proses persetujuan ijin kerja yang bertele-tele	X5.3
4	Kegagalan kontraktor melaksanakan pekerjaan	X5.4
5	Banya hasil pekerjaan yang harus diperbaiki/diulang karena cacat atau tidak benar	X5.5
6	Proses dan taat cara evaluasi kemajuan pekerjaan yang lama dan lewat jadwal yang disepakati	X5.6

X6 Aspek eksternal dan *force major*

1	Kondisi lingkungan proyek ternyata tidak sesuai dengan rencana	X6.1
2	Transportasi ke lokasi yang sulit	X6.3
3	Terjadinya hal-hal yang tak terduga seperti kebakaran, banjir, badai/angin ribut, gempa bumi, tanah longsor, dll	X6.3
4	Adanya kecelakaan kerja yang terjadi di lapangan	X6.4
5	Adanya cuaca buruk sehingga mengakibatkan terjadinya keterlambatan dalam mobilisasi	X6.5
6	Terjadinya kerusakan akibat kelalaian atau perbuatan pihak ketiga	X6.6
7	Perubahan situasi atau kebijakan politik/ekonomi pemerintah	X6.7

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) pertama kali diperkenalkan di Laboratorium Bell dan merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam sistem keandalan, pemeliharaan, dan analisis keselamatan. FTA merupakan prosedur deduktif yang digunakan untuk menentukan berbagai kombinasi *hardware* dan *software* serta kegagalan manusia (*top event*)

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

sebagai tingkatan dalam sistem FTA (Rosdianto, 2017).

Ada beberapa definisi dasar yang harus diketahui dalam pembahasan *Fault Tree Analysis* (Suryandono, 2018), diantaranya adalah:

1. *Event* adalah sesuatu yang terjadi dalam sistem. Mempunyai dua modus, yaitu terjadi atau tidak.
2. *Fault event* adalah sebuah *event* dimana satu dari dua modusnya adalah kejadian yang tidak normal, sehingga mengakibatkan kegagalan atau kesalahan.
3. *Normal event* adalah sebuah *event* yang kedua modusnya diharapkan dan cenderung terjadi pada waktu tertentu.
4. *Basic event* adalah sebuah *event* yang kedua modusnya diharapkan dan cenderung terjadi pada waktu tertentu.
5. *Event primer* adalah sebuah *event* yang disebabkan oleh sifat di dalam komponen itu sendiri.

Fault Tree Analysis (FTA) adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi semua sebab yang mungkin (kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya yang terjadi sendiri atau bersama-sama) menyebabkan kegagalan sistem dan memberi pijakan perhitungan peluang kejadian kegagalan tersebut. Ada 5 tahapan yang dilakukan untuk menganalisa FTA (Suryandono, 2018), yaitu sebagai berikut:

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang ditinjau.
2. Penggambaran model grafis *fault tree*
3. Mencari *minimal cut set* dari analisa *fault tree*
4. Melakukan analisa kualitatif dari *fault tree*
5. Melakukan analisa kuantitatif dari *fault tree*

Simbol *Fault Tree*

Dalam metode FTA (*Fault Tree Analysis*) terdapat simbol-simbol yang digunakan dalam proses menganalisanya yaitu seperti yang terdapat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Simbol Metode FTA

<i>Primary Event Symbol</i>	Keterangan
	Menggambarkan suatu <i>basic initiating fault</i> yang tidak memerlukan pengembangan atau uraian lebih lanjut

Conditioning Event 	Kondisi spesifik atau batasan yang digunakan untuk <i>logic gate</i> apapun (biasanya diutamakan digunakan pada ' <i>priority and</i> ' dan ' <i>inhibit gate</i> ')
---	--

Undeveloped Event 	Suatu ' <i>fault event</i> ' yang tidak diperiksa lebih lanjut karena keterbatasan informasi/karena dianggap kurang penting
--	---

External Event 	Suatu <i>event</i> yang sudah ada/ <i>exist</i> terlebih dahulu yang mendukung terjadinya kegagalan
--	---

Gate Symbol	Keterangan
And Gate 	Menunjukkan bahwa <i>output event</i> akan terjadi jika dan hanya jika semua <i>input event</i> ada/terjadi (<i>exist</i>)

Gate Symbol	Keterangan
Or Gate 	Menunjukkan bahwa <i>output event</i> akan terjadi jika satu atau lebih <i>input event</i> ada/terjadi (<i>exist</i>)

Inhibit Gate 	Menunjukkan bahwa <i>output event</i> akan terjadi jika <i>input events</i> ada dan <i>inhibit condition</i> terpenuhi
---	--

Priority And 	<i>Fault output</i> akan terjadi jika semua <i>fault input</i> terjadi dengan berurutan
---	---

Intermediate Event Symbol	Keterangan
Intermediate Event 	<i>Fault tree</i> yang merupakan hasil dari interaksi kejadian kegagalan lainnya yang disusun menggunakan <i>logic gate</i>

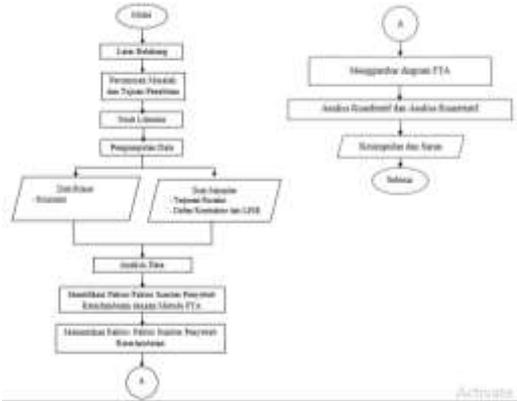
Transfer Symbol	Keterangan
Transfer Symbol 	Menunjukkan <i>fault tree</i> berhubungan lebih lanjut dengan <i>fault tree</i> di lembar halaman lainnya.

Bagan Alir

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Metode Penelitian

Metode penelitian ini akan ditampilkan pada bagan alir (*flowchart*) berikut ini:



Gambar 1. Bagan alir metode penelitian

Pengumpulan Data

Data primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung dari responden penelitian dengan menggunakan kuisioner-kuisioner yang disebar kepada para kontraktor yang sedang atau pernah menangani proyek jalan nasional di Jawa Timur selaku responden penelitian. Adapun langkah yang digunakan dalam mengolah data dari hasil penyebaran kuisioner yang disajikan dalam *flowchart* berikut ini:



Gambar 2. Bagan alir penelitian data kuisioner

Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan oleh peneliti dari sumber lain yang berhubungan langsung dengan objek penelitian yaitu berupa tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka ini dilakukan agar mengetahui dasar-dasar teori yang mendukung penelitian serta bisa

menyelesaikan penyebab keterlambatan yang terjadi dalam proyek jalan nasional di Jawa Timur sehingga bisa menjadi bahan referensi untuk proyek serupa.

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Objek dalam penelitian ini adalah perusahaan kontraktor yang sedang atau sudah pernah menangani proyek jalan nasional di Jawa Timur dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Ada 25 perusahaan yang akan menjadi responden untuk penelitian ini dan data yang didapatkan berdasarkan data pada LPSE. Namun ketika dilakukan penelitian ini hanya ada 23 perusahaan yang bersedia mengisi kuisioner.

Dalam penelitian ini ada 6 klasifikasi penyebab dan ada 47 faktor penyebab terjadinya suatu keterlambatan proyek yang didapatkan dari jurnal penelitian terdahulu yang kemudian dari ke-enam klasifikasi penyebab keterlambatan dijadikan variabel untuk analisis faktor keterlambatan. 6 klasifikasi penyebab tersebut diantaranya aspek perencanaan dan penjadwalan (X1); aspek. lingkup dan dokumen pekerjaan/kontrak (X2); aspek sistem organisasi, koordinasi, dan komunikasi (X3); aspek kesiapan/penyiapan sumber daya (X4); aspek sistem inspeksi, kontrol, dan evaluasi pekerjaan (X5); serta aspek eksternal dan *force mager* (X6).

Deskripsi Responden.

Jumlah sampel adalah 80 orang, maka masing-masing perusahaan akan diberikan 5 kuisioner yang diisi berdasarkan jabatannya. Dari 125 kuisioner yang disebar, total 82 kuisioner yang dikembalikan oleh perusahaan. Kuisioner yang dikembalikan kemudian digunakan untuk pengolahan data. Berikut adalah karakteristik dari respon:

Tabel 3. Karakteristik Responden Berdasarkan Jabatan

Jabatan	Jumlah	Persentase (%)
GS	4	5
<i>Project manager</i>	8	10
<i>Site manager</i>	8	10
<i>Inspector</i>	5	6
QE	5	6
Lab. Teknik	3	4
<i>Site engineering</i>	11	14
Administrasi	16	20
<i>Lead surveyor</i>	5	6

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

<i>Surveyor</i>	15	19
Total	80	100

Tabel 4. Karakteristik Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja

Pengalaman kerja (tahun)	Jumlah	Persentase (%)
3 sampai 5	32	40
6 sampai 8	28	35
Lebih dari 9	20	25
Total	80	100

Pengolahan Data

Data yang diperoleh akan diidentifikasi agar dapat diolah. Dalam penelitian ini akan lebih fokus terhadap identifikasi kegagalan akibat keterlambatan dalam pelaksanaan pekerjaan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur. Untuk metode FTA (*Fault Tree Analysis*) akan digunakan untuk membantu identifikasi faktor-faktor penyebab yang mengakibatkan keterlambatan proyek. Dari 125 kuisisioner yang disebar, total 82 kuisisioner yang dikembalikan oleh perusahaan. Kuisisioner yang dikembalikan kemudian digunakan untuk pengolahan data.

Pengujian Instrumen

Uji validitasi merupakan uji keakuratan suatu item pertanyaan pada variabel yang sedang diteliti. Data dikatakan valid jika r hitung $\geq r$ tabel. Namun data dikatakan tidak valid jika r hitung $< r$ tabel.

Uji reliabilitas merupakan uji seberapa konsisten suatu Penelitian ini menggunakan koefisien *Cronbach Alpha*, dengan dasar pengambilan keputusan yakni:

Alpha $> r$ tabel = reliabel
Alpha $< r$ tabel = tidak reliabel

Tabel 5. Uji Validitas

Variabel	R hitung	R tabel	keterangan
X1.1	0,290	0,220	VALID
X1.3	0,533	0,220	VALID
X1.5	0,389	0,220	VALID
X1.6	0,757	0,220	VALID
X2.4	0,322	0,220	VALID

X2.6	0,554	0,220	VALID
X2.7	0,377	0,220	VALID
X2.8	0,340	0,220	VALID
X3.2	0,734	0,220	VALID
X3.3	0,577	0,220	VALID
X3.4	0,702	0,220	VALID
X3.5	0,343	0,220	VALID
X4.1	0,659	0,220	VALID
X4.2	0,552	0,220	VALID
X4.3	0,415	0,220	VALID
X4.4	0,270	0,220	VALID
X4.5	0,490	0,220	VALID
X4.6	0,398	0,220	VALID
X4.8	0,346	0,220	VALID
X4.9	0,554	0,220	VALID
X5.1	0,534	0,220	VALID
X5.2	0,530	0,220	VALID
X5.4	0,494	0,220	VALID
X5.5	0,248	0,220	VALID
X5.6	0,258	0,220	VALID
X5.7	0,421	0,220	VALID
X6.2	0,282	0,220	VALID
X6.3	0,359	0,220	VALID
X6.8	0,290	0,220	VALID

Tabel 5. Uji Reabilitas

Reliability Statistics			
Cronbach's Alpha	Part 1	Value	0,848
		N of Items	14 ^a
	Part 2	Value	0,754
		N of Items	14 ^b
	Total N of Items		28
Correlation Between Forms			
Spearman-Brown Coefficient	Equal Length		0,919
	Unequal Length		0,919
Guttman Split-Half Coefficient			
			0,881
a. The items are: X1.1, X1.3, X1.5, X1.6, X2.4, X2.7, X2.8, X3.2, X3.3, X3.4, X3.5, X4.1, X4.2, X4.3			
b. The items are: X4.4, X4.5, X4.6, X4.8, X4.9, X5.1, X5.2, X5.4, X5.5, X5.6, X5.7, X6.2, X6.3, X6.8			

Dari hasil reabilitas tabel di atas, nilai koefisien Cronbach's Alpha melebihi dari nilai 0,6, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel yang digunakan reliabel. Serta item pertanyaan yang tidak valid pada uji validitas tidak dimasukkan pada uji reabilitas.

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)



Gambar 3. Diagram FTA *Top Event*

Variabel untuk analisis faktor keterlambatan 6 klasifikasi penyebab tersebut diantaranya aspek perencanaan dan penjadwalan (X1); aspek lingkup dan dokumen pekerjaan/kontrak (X2); aspek sistem organisasi, koordinasi, dan komunikasi (X3); aspek kesiapan/penyiapan sumber daya (X4); aspek sistem inspeksi, kontrol, dan evaluasi pekerjaan (X5); serta aspek eksternal dan *force major* (X6).



Gambar 4. Diagram FTA *Minimal Cut Set*

Berdasarkan hasil diagram FTA *top event* pada gambar 5, akan dilakukan beberapa tahap perincian dari masing-masing *top event*, menemukan interaksi kejadian kegagalan lainnya yang menjadi penyebab keterlambatan (*intermediate*) dan permasalahan sebelumnya sudah tidak ada penyebabnya lagi (*basic event*) seperti pada gambar 6.



Gambar 5. Diagram FTA dari Persamaan Boolean

Pada gambar 6, kemudian dilanjutkan dengan menganalisa *hasil minimal cut set* dan mendapatkan hasil diagram seperti pada gambar 7, yang merupakan permodelan dari perhitungan *minimal cut set* untuk persamaan Boolean yang menghasilkan alternatif dan rekomendasi solusi yang dapat diberikan dengan mengacu pada *minimla cut set* yang sudah dihitung tiap masing-masing *intermediate* utama yang komponennya hanya memuat kejadian dasar (*basic event*).

Berdasarkan gambar 6, dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan diantaranya yaitu penetapan masa pelaksanaan pekerjaan oleh pemilik yang singkat (X1.1); metode konstruksi/pelaksanaan kerja yang salah atau tidak tepat (X1.5); ketidaksepahaman aturan pembuatan gambar kerja (X2.8); sengketa terkait dokumen kontrak (X2.7); kualifikasi personil/pemilik yang tidak profesional di bidangnya (X3.2); kegagalan kontraktor mengkoordinir pekerjaan dari sub kontraktor (X3.3); kualifikasi teknik dan manajemen lapangan yang buruk dari organisasi kerja kontraktor (X3.5); tidak tersedianya bahan secara cukup pasti/layak sesuai kebutuhan (X4.5); tidak tersedianya alat/peralatan kerja yang cukup memadai sesuai dengan kebutuhan (X4.6), jumlah pekerja yang kurang memadai/sesuai dengan aktivitas pekerjaan yang ada (X4.3); pendanaan kegiatan proyek yang tidak terencana dengan baik (kesulitan pendanaan di kontraktor) (X4.8); pengajuan contoh bahan oleh kontraktor yang tidak terjadwal (X5.1); banyak hasil pekerjaan yang harus diperbaiki/diulang karena cacat atau tidak benar (X5.5); pendelegasian tugas/wewenang yang tidak tepat (X5.7); kondisi lingkungan proyek ternyata tidak sesuai dengan rencana (X6.1) dan terganggunya warga karena proyek terlalu berdekatan (X6.8)

Berdasarkan kriteria rating probabilitas didapatkan probabilitas untuk tiap *basic event* sesuai dengan jawaban responden, sebagai berikut:

Tabel 7. Nilai Probabilitas Tiap *Basic Event* Berdasarkan Kriteria Rating

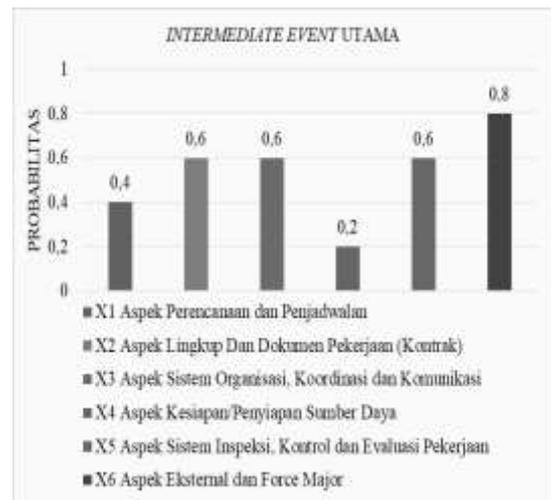
Variabel	Probabilitas	Variabel	Probabilitas
X1.1	0,2	X4.4	0,05
X1.5	0,2	X4.6	0,05
X2.7	0,3	X4.8	0,05
X2.8	0,4	X5.1	0,2
X3.2	0,2	X5.5	0,2
X3.3	0,2	X5.7	0,2
X3.5	0,2	X6.1	0,4
X4.3	0,05	X6.8	0,4

Perhitungan Minimal Cut Set

Persamaan Boolean digunakan untuk merepresentasikan *fault tree* yang digunakan untuk menemukan *minimal cut set*.

Tabel 8. Nilai Probabilitas Tiap *Basic Event* Berdasarkan Kriteria Rating

Top Event	Minimal Cut Set	Nilai Probabilitas
X1	(X1.6 + X1.1) (X1.3 + X1.1) = X1.5 + X1.1	0,4
X2	(X2.4 + X2.7) = X2.8 + X2.7	0,6
X3	(X3.2 + X3.3 + X3.4) = X3.2 + X3.3 + X3.5	0,6
X4	(X4.1 + X4.4 + X4.9) (X4.5 + X4.6) + X4.2 + X4.8 = (X4.5 + X4.6) + X4.3 + X4.8	0,2
X5	(X5.2 + X5.6 + X5.7) = X5.1 + X5.4 + X5.7 X5.1 + X5.5 + X5.7	0,6
X6	(X6.3 + X6.8) = X6.1 + X6.8	0,8
Total	(X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6)/6	0,533



Gambar 6. Grafik perbandingan probabilitas *minimal cut set* dari tiap *intermediate* utama

Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Nasional Di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)



Gambar 7. Persentase Probabilitas Aspek Penyebab Keterlambatan Proyek

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Permodelan *Fault Tree Analysis* (FTA) menghasilkan suatu diagram yang menyajikan gambar yang bisa digunakan untuk menganalisis penyebab keterlambatan yaitu pada tahapan awal, ditentukan terlebih dahulu kejadian puncak (*top event*), kemudian mencari faktor penyebab kejadian puncak tersebut dengan menggunakan pendekatan *Top-Down* atau sistem dari faktor teratas sampai faktor terbawah yang saling berhubungan satu sama lain dan sebagai bentuk sebab akibat.
2. Faktor-faktor penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek jalan nasional di Jawa Timur berdasarkan nilai probabilitas tertinggi yaitu aspek eksternal dan *force major*; aspek lingkup dan dokumen pekerjaan (kontrak); aspek sistem organisasi, koordinasi dan komunikasi; dan aspek sistem inspeksi, kontrol dan evaluasi. Sedangkan untuk nilai persentase probabilitas pada masing-masing aspek secara berurutan yaitu 25%, 19%, 19% dan 19%.

Saran

Berdasarkan dari kesimpulan, berikut merupakan saran yang diberikan dari penelitian ini yang berkaitan dengan faktor penyebab keterlambatan proyek jalan nasional di Jawa Timur adalah:

1. Penelitian ini hanya meneliti faktor keterlambatan dari pihak kontraktor saja, agar lebih bisa merata perlu meneliti dari pihak *owner* dan juga konsultan.

2. Penelitian ini hanya mencari faktor keterlambatan saja maka diharapkan untuk peneliti selanjutnya bisa menganalisa dampak dan juga mitigasi terhadap risiko yang terjadi.
3. Penelitian ini diharapkan kontraktor bisa meminimalkan dan mengantisipasi penyebab terjadinya keterlambatan proyek yang akan dilaksanakan agar waktu pelaksanaan proyek tidak mengalami keterlambatan.

Daftar Rujukan

- Hidayat, A. (2019). Klasifikasi Pengendalian Material dalam Mencegah Keterlambatan Proyek Di Kabupaten Rokan Hulu, Vol. 11 No. 2, 91-96.
- Intan, S., Sapulette, W., & Soukotta, R. C. (2020). Analisa Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Di Kota Ambon : Klasifikasi Dan Peringkat Dari Penyebab-Penyebabnya, Vol. 6, No. 1.
- Rosdianto, M. A. (2017). Analisa Risiko Keterlambatan Proyek Pembangunan Apartemen di Apartemen Taman Melati Surabaya.
- Suryandono, R. F. (2018). Evaluasi Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan *Jacket Structure* "Madura Bd" PT.PAL Indonesia.