

Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Bangunan Gedung Perkantoran 53 Lantai Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Ilham Gesang Santoso^{1*}, Trijeti^{2*}

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. Cempaka Putih Tengah 27
DKI Jakarta, 10510

*E-mail : Inigesang@gmail.com, trijeti@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Kasus yang ditinjau dalam penelitian adalah Proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai di Jakarta yang mengalami keterlambatan dalam pelaksanaannya. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mencari faktor penyebabnya. Pekerjaan dianalisa dengan menggunakan FTA pada penelitian ini adalah pekerjaan *preliminaries*, pekerjaan *basement*, pekerjaan *office tower*. Langkah dalam analisa FTA dengan menggunakan analisa kualitatif dan analisa kuantitatif. Pada analisa kualitatif dicari faktor penyebab keterlambatan pada masing-masing pekerjaan dengan mencari minimal *cut set* yaitu kombinasi beberapa *event* yang didapatkan dari *Aljabar Boolean*. Pada analisa kuantitatif menggunakan teori reliabilitas untuk mendapatkan besar nilai keandalan pada tiap pekerjaan yang mengalami keterlambatan. Pada pekerjaan *preliminaries*, hasil analisa kualitatif menunjukkan 8 faktor penyebab keterlambatan dan analisa kuantitatif menunjukkan nilai reliabilitas sebesar 0,98794 dan dikategorikan tinggi. Pada pekerjaan *basement*, hasil analisa kuantitatif menunjukkan 10 faktor penyebab keterlambatan dan analisa kuantitatif menunjukkan nilai reliabilitas sebesar 0,67475 dan dikategorikan cukup. Pada Pekerjaan *office tower*, hasil analisa kualitatif menunjukkan 8 faktor penyebab keterlambatan dan analisa kuantitatif menunjukkan nilai reliabilitas sub pekerjaan masing-masing Lantai *ground* sebesar 0,69432 dan dikategorikan cukup, *office tower* sebesar 0,80452 dan dikategorikan tinggi, *roof* sebesar 0,76774 dan dikategorikan cukup.

Kata kunci: *Fault Tree Analysis* (FTA), *event*, *Aljabar Boolean*

ABSTRACT

In this research discussing about what happens on 53 floors building development project in Jakarta which encounter delay in its implementation. Therefore used Fault Tree Analysis (FTA) method to find the causative factor. The work being analyzed using FTA in this research is Preliminaries, Basement and Office Tower. The step in FTA analysis is qualitative analysis and quantitative analysis. In qualitative analysis the factors that causing delay were sought in each work by finding the minimal cut set which is the combination of several Event that obtained from Aljabar Boolean. In quantitative analysis utilizing reliability theory to find the value of reliability in each delayed task. In Preliminaries work, the result of qualitative analysis shown 8 factors of the delay and quantitative analysis shown reliability value of 0,98794 and considered a high value. In Basement Work, the result of qualitative analysis shown 10 factors of the delay and quantitative analysis shown reliability value of 0,67475 and considered a sufficient value. In Office Tower Work, the result of qualitative analysis shown 8 factors of the delay and quantitative analysis shown reliability value of each Ground Floor sub-work amounting to 0,69432 and considered a sufficient value, Office Tower amounting to 0,80452 and considered a high value, Roof amounting to 0,76774 and considered a sufficient value.

Keywords: *Fault Tree Analysis* (FTA), *event*, *Aljabar Boolean*

1. PENDAHULUAN

Pada kondisi ideal dalam proyek konstruksi yaitu apabila waktu pelaksanaan proyek dan kegiatan-kegiatannya berjalan sesuai dengan jadwal yang sudah direncanakan. Tetapi apabila terdapat suatu masalah yang menyebabkan pelaksanaan tidak sesuai dengan jadwal pekerjaan maka dapat mengakibatkan dampak terlambatnya waktu pelaksanaan di proyek.

Ada beberapa cara dalam menganalisa keterlambatan suatu proyek, salah satunya adalah F (FTA). *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah suatu teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (failure) dari suatu sistem. FTA berorientasi pada fungsi atau yang lebih dikenal dengan “*top down approach*” karena analisa ini berawal dari sistem level (top) dan meneruskan ke bawah.

Rumusan masalah yang diperoleh ialah,

1. Bagaimana penggunaan model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam menganalisa faktor penyebab keterlambatan pelaksanaan proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai pada lingkup pekerjaan yang ditinjau?
2. Faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab keterlambatan pada pelaksanaan proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai pada lingkup pekerjaan yang ditinjau?
3. Seberapa besar tingkat laju kegagalan sistem pada kasus keterlambatan pelaksanaan proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai pada lingkup pekerjaan yang ditinjau?

Tujuan dari penelitian adalah,

1. Mengetahui penggunaan model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam menganalisa penyebab keterlambatan proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai yang ditinjau.
2. Mengetahui faktor-faktor yang menjadi penyebab keterlambatan pekerjaan pada pelaksanaan proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai yang ditinjau.

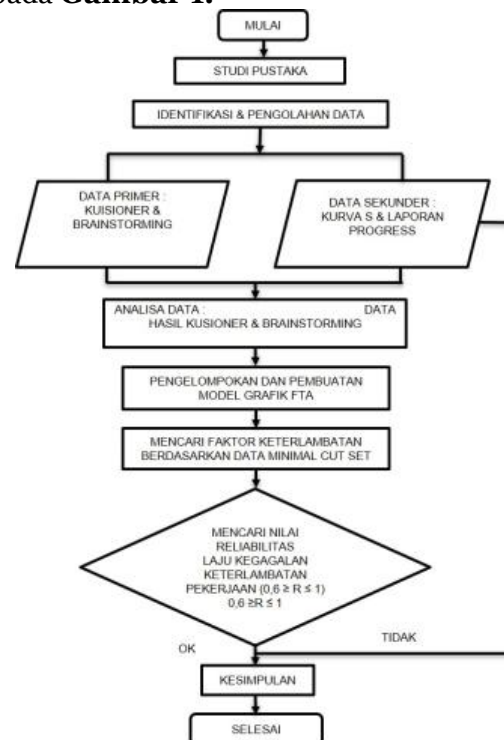
3. Mengetahui tingkat laju kegagalan pada kasus keterlambatan pada pelaksanaan proyek bangunan gedung perkantoran 53 lantai yang ditinjau.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi yang ditinjau adalah Gedung Perkantoran 53 lantai di Jakarta, pada penelitian ini menggunakan dua jenis metode, yaitu metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif. Subjek penelitian ini adalah menganalisa keterlambatan Proyek menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA).

Metode Penelitian yang digunakan adalah menggunakan pengumpulan data, pengumpulan data ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu primer dan sekunder. Primer yang berarti diperoleh secara langsung dari objek penelitian yang didalamnya terdapat kuesioner dan *brainstorming* dari hasil wawancara pada pihak manajemen yang bersangkutan. Sedangkan Sekunder diperoleh secara tidak langsung, hal ini biasanya didapatkan dari arsip Proyek Perkantoran 53 Lantai di Jakarta, didalamnya terdapat Kurva S dan Laporan mingguan.

Diagram alur Penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah dalam menganalisa data:

1. Memberikan kuisisioner tentang faktor-faktor yang menjadi keterlambatan
2. Mengidentifikasi *Event* dan membuat kondisi batas
3. Penggambaran model grafis *Fault Tree*
4. Memberikan *brainstorming* untuk menentukan simbol gerbang logika
5. Melakukan analisa *Fault Tree* secara kualitatif dengan menggunakan *Aljabar Boolean*
6. Melakukan analisa *Fault Tree* secara kuantitatif dengan menggunakan teori reabilitas/ keandalan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan pekerjaan yang dianalisa berawal dari pekerjaan *preliminaries* (persiapan), pekerjaan *basement* (*basement 1 – basement 6*), pekerjaan *lantai ground*, pekerjaan *office tower* (*lantai 2 – lantai 53*), pekerjaan *Roof*, *LMR* dan *helipad* yang terlampir pada **Gambar 2.**

NO	DESCRIPTION	WEIGHT	MILESTONES	
			START	FINISH
B. PACKAGE 02: MAIN CONTRACT (SUPER STRUCTURE, COORDINATION AND EXTERNAL WORKS)				
B.1	PRELIMINARIES	22.80%	1-Feb-18	31-Mar-19
B.2	BASEMENT (LEVEL B1 - LEVEL B6)	31.97%	18-Jul-18	22-Jan-19
B.3	GROUND LEVEL	2.88%	17-Apr-17	1-Feb-18
B.4	OFFICE TOWER (LEVEL 2 - LEVEL 53)	35.12%	19-Jan-17	21-Aug-19
B.5	ROOF, LIFT MACHINE ROOM & HELIPAD	2.79%	15-Aug-18	12-Oct-19
B.6	BUILDER'S WORK IN CONNECTION WITH DIRECT CONTRACTORS	8.72%	11-Nov-18	1-Mar-19
B.7	COORDINATION FEE ON DIRECT CONTRACTORS AND SUPPLIERS	2.04%	15-Nov-18	31-Mar-19
B.8	EXTERNAL WALL WORKS	1.73%	9-Aug-17	29-Sep-18
B.9	ADDITIONAL / OMISSION	8.14%	1-Apr-18	31-Mar-19
		100.00%		

Gambar 2. Bobot rencana kerja berdasarkan data S-Curve

Estimasi waktu Pekerjaan yang dianalisa berlangsung pada tahun 2018 sampai dengan 2019. Berikut Deviasi Waktu Pekerjaan dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Deviasi Waktu Pekerjaan

Pekerjaan	Prestasi Pekerjaan (waktu selesai pekerjaan)	
	Rencana (S-curve)	Realisasi (Lap. Mingguan)
Preliminaries	31 Maret 2019	15 April 2019
Basement (B1 - B6)	22 Januari 2018	22 April 2019
Lantai Ground	01 Februari 2018	01 April 2019
Lantai 2 – Lantai 53	21 Agustus 2018	27 Mei 2019
Roof, LMR & Helipad	12 Oktober 2018	19 Agustus 2019

Dikarenakan pekerjaan tersebut pada dasarnya tipikal dan dalam satu lingkup pekerjaan yang sama. Maka pekerjaan yang dianalisa adalah :

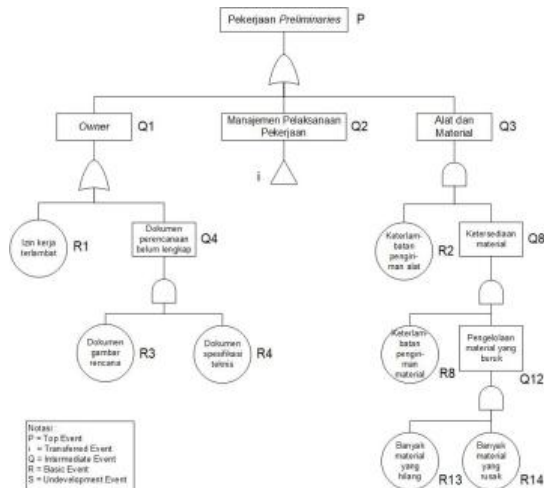
1. Pekerjaan *preliminaries* (Persiapan)
2. Pekerjaan *basement* (*basement 1 – basement 6*)
3. Pekerjaan *office tower* (*Lantai ground – roof*)

Ketiga pekerjaan diatas kemudian dianalisa dan diidentifikasi dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Identifikasi awal dengan menentukan *Top Event*. *Top Event* merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem yang ditentukan terlebih dahulu dan membuat sebuah model grafis FTA. Terdapat 3 (tiga) top event yang ditentukan yaitu keterlambatan pekerjaan *preliminaries*, pekerjaan *basement* (*B1 - B6*) dan pekerjaan *office tower* (*Lantai Ground – Roof*).

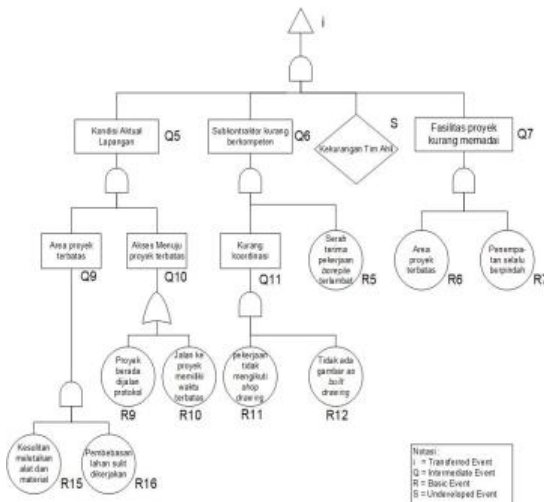
Dari masing-masing *Top Event* tersebut dibuat permodelan grafis FTA yang berupa simbol-simbol yang menyatakan kejadian yang muncul yang menyebabkan terjadinya keterlambatan. Kejadian-kejadian yang menyebabkan terjadinya keterlambatan diteliti dari *Top Event* hingga ke penyebab kejadian dasar (*Basic Event*).

ANALISA KUALITATIF

Dalam pekerjaan *preliminaries* (Persiapan) terdapat 2 bagian Penamaan Grafis yang dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4.**



Gambar 3. Penamaan Grafis *Fault Tree Analysis* Pekerjaan Preliminaries pada Event Owner dan Alat Material



Gambar 4. Penamaan Grafis *Fault Tree Analysis* Pekerjaan Preliminaries pada Event Manajemen Pelaksanaan Pekerjaan

Berikut hasil dari minimal cut set Pekerjaan Preliminaries, terlampir pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Minimal cut set Pekerjaan Preliminaries

No	Kombinasi Event
1.	R1
2.	R3 . R4
3.	R15 . R16 . R9 . R11 . R12 . R5 . S . R6 . R7
4.	R15 . R16 . R10 . R11 . R12 . R5 . S . R6 . R7
5.	R2 . R8 . R13 . R14

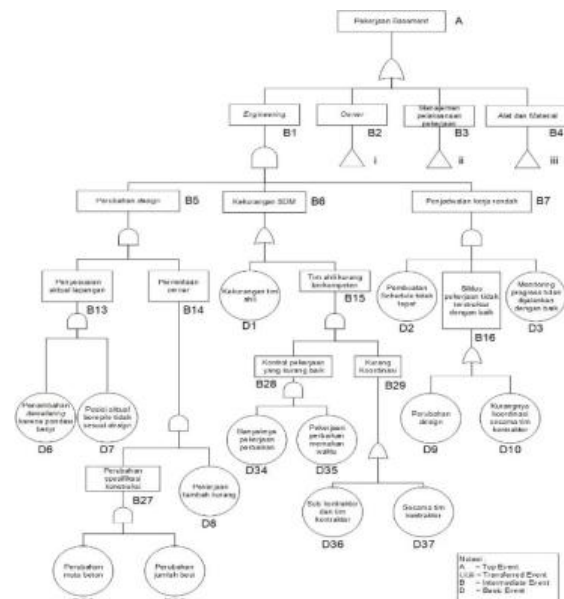
Tabel 3. Rekapitulasi minimal cut set Pekerjaan Preliminaries

No	Event	Banyak Event
1.	R1	1
2.	R3 . R4	1
3.	R15 . R16 . R11 . R12 . R5 . S . R6 . R7	2
4.	R9	1
5.	R10	1
6.	R2 . R8 . R13 . R14	1

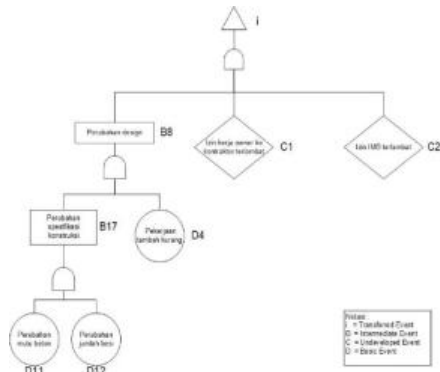
Sehingga kejadian dasar yang dominan menyebabkan keterlambatan pada pekerjaan Preliminaries adalah :

- R15 : Kesulitan meletakkan alat dan material
- R16 : Pembebasan lahan sulit dikerjakan
- R11 : Aktual pekerjaan tidak mengikuti *shop drawing*
- R12 : Tidak ada gambar *as built drawing*
- R5 : Serah terima pekerjaan borepile terlambat
- S : Kekurangan tim ahli
- R6 : Area proyek terbatas
- R7 : Penempatan alat dan material selalu berpindah

Pada Pekerjaan *Basement* terdapat 4 bagian Penamaan Grafis, yang dapat dilihat pada **Gambar 5** , **Gambar 6** , **Gambar 7**, dan **Gambar 8**.



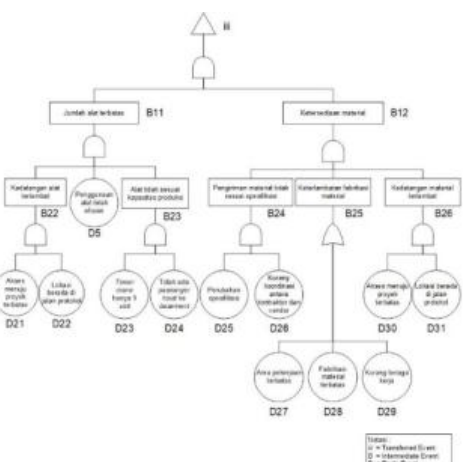
Gambar 5. Penamaan grafis *Fault Tree Analysis* Pekerjaan Basement (B1 - B6) pada Event Engineering



Gambar 6. Penamaan grafis *Fault Tree Analysis* Pekerjaan Basement (B1 - B6) pada *Event Owner*



Gambar 7. Penamaan grafis *Fault Tree Analysis* Pekerjaan Basement (B1 - B6) pada *Event Manajemen Pelaksanaan Pekerjaan*



Gambar 8. Penamaan grafis *Fault Tree Analysis* Pekerjaan Basement (B1 - B6) pada *Event Alat dan Material*

Berikut hasil dari minimal cut set Pekerjaan Basement, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Minimal cut set Pekerjaan Basement

No	Kombinasi Event
1	D6 . D7 . D32 . D33 . D8 . D1 . D34 . D35 . <u>D36</u> . D2 . D9 . D3
2	D6 . D7 . D32 . D33 . D8 . D1 . D34 . D35 . <u>D36</u> . D2 . D10 . D3
3	D6 . D7 . D32 . D33 . D8 . D1 . D34 . D35 . <u>D37</u> . D2 . D9 . D3
4	D6 . D7 . D32 . D33 . D8 . D1 . D34 . D35 . <u>D37</u> . D2 . D10 . D3
5	D11 . D12 . D4 . C1 . C2
6	<u>D13</u> . D43 . D44 . D38 . D39 . D40 . D15 . D16 . D17 . D18 . D19 . D20 . D41 . D42
7	<u>D14</u> . D43 . D44 . D38 . D39 . D40 . D15 . D16 . D17 . D18 . D19 . D20 . D41 . D42
8	D21 . D22 . D5 . D23 . D24 . D25 . D26 . <u>D27</u> . D30 . D31
9	D21 . D22 . D5 . D23 . D24 . D25 . D26 . <u>D28</u> . D30 . D31
10	D21 . D22 . D5 . D23 . D24 . D25 . D26 . <u>D29</u> . D30 . D31

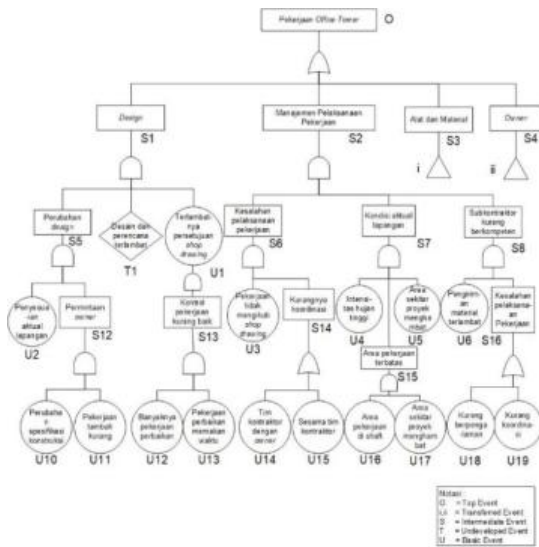
Tabel 5. Rekapitulasi minimal cut set Pekerjaan Basement

No	Event	Banyak Event
1	D6 . D7 . D32 . D33 . D8 . D1 . D34 . D35 . D2 . D3	4
2	D36	2
3	D37	2
4	D9	2
5	D10	2
6	D11 . D12 . D4 . C1 . C2	1
7	D43 . D44 . D38 . D39 . D40 . D15 . D16 . D17 . D18 . D19 . D20 . D41 . D42	2
8	D13	1
9	D14	1
10	D21 . D22 . D5 . D23 . D24 . D25 . D26 . D30 . D31	3
11	D27	1
12	D28	1
13	D29	1

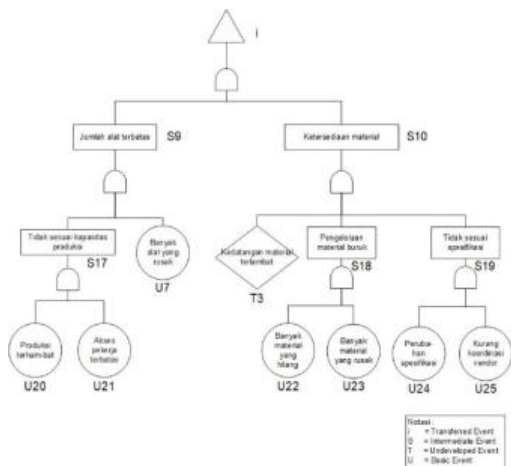
Sehingga kejadian dasar yang dominan menyebabkan keterlambatan pada pekerjaan basement adalah :

- D6: Penambahan *dewatering* karena pondasi banjir
- D7 : Posisi aktual borepile tidak sesuai design
- D32 : Perubahan mutu beton
- D33 : Perubahan jumlah besi
- D8 : Perintah *owner* untuk melakukan Pekerjaan tambah kurang
- D1 : Kekurangan tim ahli
- D34 : Banyaknya pekerjaan perbaikan
- D35 : Pekerjaan perbaikan memakan waktu
- D2 : Pembuatan *schedule* tidak tepat

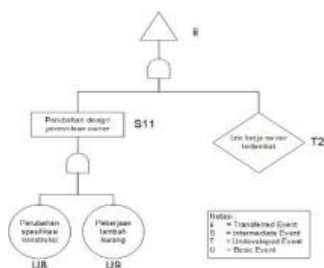
- D3 : *Monitoring* pekerjaan tidak dijalankan dengan baik



Gambar 9. Grafis Fault Tree Analysis Pekerjaan Office Tower (Lantai Ground - Roof) pada Event Design dan Manajemen Pelaksanaan Pekerjaan



Gambar 10. Grafis Fault Tree Pekerjaan Office Tower (Lantai Ground - Roof) pada Event Alat dan Material



Gambar 11. Grafis Fault Tree Analysis Pekerjaan Office Tower (Lantai Ground - Roof) pada Event Owner

Berikut hasil dari minimal cut set Pekerjaan Office Tower, dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Minimal cut set Pekerjaan Office Tower

No	Kombinasi Event
1	U2 . U10 . U11 . T1 . U1
2	U12 . U13 . U3 . U14 . U4 . U16 . U17 . U5 . U6 . U18
3	U12 . U13 . U3 . U14 . U4 . U16 . U17 . U5 . U6 . U19
4	U12 . U13 . U3 . U15 . U4 . U16 . U17 . U5 . U6 . U18
5	U12 . U13 . U3 . U15 . U4 . U16 . U17 . U5 . U6 . U19
6	U20 . U21 . U7 . T3 . U22 . U23 . U24 . U25
7	U8 . U9 . T2

Tabel 7. Rekapitulasi minimal cut set Pekerjaan Office Tower

No	Event	Banyak Event
1	U2 . U10 . U11 . T1 . U1	1
2	U12 . U13 . U3 . U4 . U16 . U17 . U5 . U6	4
3	U14	2
4	U15	2
5	U18	2
6	U19	2
7	U20 . U21 . U7 . T3 . U22 . U23 . U24 . U25	1
8	U8 . U9 . T2	1

Sehingga kejadian dasar yang dominan menyebabkan keterlambatan pada pekerjaan Office Tower adalah :

- U12 : Banyaknya pekerjaan perbaikan
- U13 : Pekerjaan perbaikan memakan waktu
- U3: Aktual pekerjaan tidak mengikuti gambar shop drawing
- U4: Intensitas hujan tinggi
- U16 : Area pekerjaan di shaft
- U17, U5 : Lingkungan sekitar proyek menghambat pekerjaan
- U6: Pengiriman material terlambat

ANALISA KUANTITATIF

Setelah menganalisa Kualitatif, Kemudian berlanjut dengan menganalisa bagian Kuantitatif baik yang ada di Pekerjaan Preliminaries, Basement maupun Office Tower.

Berdasarkan laporan mingguan tanggal 1 April 2019 seharusnya pekerjaan Preliminaries sudah selesai, tapi karena mengalami keterlambatan pekerjaan tersebut tercatat selesai pada data laporan mingguan tanggal 14 April

2019. Maka dicari *failure rate* atau laju kegagalan dan nilai *reliabilities* atau fungsi kendalanya.

Failure Rate (Laju Kegagalan) :

$$\lambda(t) = \frac{f}{T}$$

Dimana

$\lambda(t)$ = Laju kegagalan per satuan waktu

f = Jumlah waktu kegagalan selama pengujian = 14 hari waktu keterlambatan

T = Total waktu pengujian = 1154 kontrak hari kerja.

$$\lambda(t) = \frac{f}{T} = \frac{14}{1154} = 0,012132$$

Reliabilities (Fungsi Kendala) :

Dimana, nilai R adalah *Reliabilities* yang bernilai 0 – 1 yang berarti nilai 1 adalah 100% menunjukkan sistem menjalankan fungsinya dan nilai 0 menunjukkan sistem mengalami kegagalan

$$R = e^{-\lambda(t)}$$

$$R = e^{-0,012132} = 0,98794$$

Nilai *reliabilities* diatas menunjukkan bahwa nilai kegagalan pada pekerjaan *Preliminaries* masih dikategorikan tinggi berdasarkan nilai interpestasi tabel *Cronbach's Alpha*. Sehingga untuk keterlambatan pada pekerjaan tersebut sedikit mempengaruhi keterlambatan secara keseluruhan pekerjaan.

Lalu, Pada pekerjaan Basement (B1 – B6) Berdasarkan laporan mingguan tanggal 22 Januari 2018 seharusnya pekerjaan *Basement* (B1-B6) sudah selesai, tapi karena mengalami keterlambatan pekerjaan tersebut tercatat selesai pada data laporan mingguan tanggal 22 April 2019. Maka dicari *failure rate* atau laju kegagalan dan nilai *reliabilities* atau fungsi kendalanya .

Failure Rate (Laju Kegagalan) :

$$\lambda(t) = \frac{f}{T}$$

Dimana

$\lambda(t)$ = Laju kegagalan per satuan waktu

f = Jumlah waktu kegagalan selama pengujian = 454 hari waktu keterlambatan

T = Total waktu pengujian = 1154 kontrak hari kerja

$$\lambda(t) = \frac{f}{T} = \frac{454}{1154} = 0,393414211$$

Reliabilities (Fungsi Kendala) :

Dimana, nilai R adalah *Reliabilities* yang bernilai 0 – 1 yang berarti nilai 1 adalah 100% menunjukkan sistem menjalankan fungsinya dan nilai 0 menunjukkan sistem mengalami kegagalan.

$$R = e^{-\lambda(t)}$$

$$R = e^{-0,393414211} = 0,67475$$

Nilai *reliabilities* diatas menunjukkan bahwa nilai kegagalan pada pekerjaan *basement* (B1-B6) masih dikategorikan cukup berdasarkan nilai interpestasi tabel *Cronbach's Alpha*. Sehingga untuk keterlambatan pada pekerjaan tersebut mempengaruhi keterlambatan secara keseluruhan pekerjaan.

Kemudian, Pada Pekerjaan *Office Tower* (Lantai *Ground*) Berdasarkan laporan mingguan tanggal 05 Febuari 2018 seharusnya pekerjaan Lantai *Ground* sudah selesai, tapi karena mengalami keterlambatan pekerjaan tersebut tercatat selesai pada data laporan mingguan tanggal 1 April 2019. Maka dicari *failure rate* atau laju kegagalan dan nilai *reliabilities* atau fungsi kendalanya .

Failure Rate (Laju Kegagalan) :

$$\lambda(t) = \frac{f}{T}$$

Dimana

$\lambda(t)$ = Laju kegagalan per satuan waktu
f = Jumlah waktu kegagalan selama pengujian = 421 hari waktu keterlambatan

T = Total waktu pengujian = 1154 kontrak hari kerja

$$\lambda(t) = \frac{f}{T} = \frac{421}{1154} = 0,364818024$$

Reliabilities (Fungsi Kendala) :

Dimana, nilai R adalah Reliabilities yang bernilai 0 – 1 yang berarti nilai 1 adalah 100% menunjukkan sistem menjalankan fungsinya dan nilai 0 menunjukkan sistem mengalami kegagalan.

$$R = e^{-\lambda(t)}$$

$$R = e^{-0,264918024} = 0,69432$$

Nilai reliabilities diatas menunjukkan bahwa nilai kegagalan pada pekerjaan Lantai Ground masih dikategorikan cukup berdasarkan nilai interpestasi tabel Cronbach's Alpha. Sehingga untuk keterlambatan pada pekerjaan tersebut mempengaruhi keterlambatan secara keseluruhan pekerjaan.

Kemudian, pada Pekerjaan Office Tower (Lantai 2 – 53) berdasarkan laporan mingguan tanggal 15 Oktober 2018, seharusnya pekerjaan Roof sudah selesai, tapi karena mengalami keterlambatan pekerjaan tercatat selesai pada data laporan mingguan tanggal 19 Agustus 2019. Maka dicari failure rate atau laju kegagalan dan nilai reliabilities atau fungsi kendalanya.
 Failure Rate (Laju Kegagalan) :

$$\lambda(t) = \frac{f}{T}$$

Dimana
 $\lambda(t)$ = Laju kegagalan per satuan waktu
 f = Jumlah waktu kegagalan selama pengujian = 251 hari waktu keterlambatan
 T = Total waktu pengujian = 1154 kontrak hari kerja

$$\lambda(t) = \frac{f}{T} = \frac{251}{1154} = 0,217504333$$

Reliabilities (Fungsi Kendala) :

Dimana, nilai R adalah Reliabilities yang bernilai 0 – 1 yang berarti nilai 1 adalah 100% menunjukkan sistem menjalankan fungsinya dan nilai 0 menunjukkan sistem mengalami kegagalan.

$$R = e^{-\lambda(t)}$$

$$R = e^{-0,217504333} = 0,80452$$

Nilai reliabilities diatas menunjukkan bahwa pada pekerjaan lantai Office Tower (Lantai 2 – Lantai 53) dikategorikan tinggi berdasarkan nilai interpestasi tabel Cronbach's Alpha. Sehingga untuk keterlambatan pada pekerjaan tersebut sedikit mempengaruhi keterlambatan secara keseluruhan pekerjaan.

Kemudian, pada Pekerjaan Office Tower (Roof, LMR, Helipad) , berdasarkan laporan mingguan tanggal 15 Oktober 2018, seharusnya pekerjaan Roof sudah selesai, tapi karena mengalami keterlambatan pekerjaan tercatat selesai pada data laporan mingguan tanggal 19 Agustus 2019. Maka dicari failure rate atau laju kegagalan dan nilai reliabilities atau fungsi kendalanya.

Failure Rate (Laju Kegagalan) :

$$\lambda(t) = \frac{f}{T}$$

Dimana
 $\lambda(t)$ = Laju kegagalan per satuan waktu
 f = Jumlah waktu kegagalan selama pengujian = 305 hari waktu keterlambatan
 T = Total waktu pengujian = 1154 kontrak hari kerja

$$\lambda(t) = \frac{f}{T} = \frac{305}{1154} = 0,264298094$$

Reliabilities (Fungsi Kendala) :

Dimana, nilai R adalah Reliabilities yang bernilai 0 – 1 yang berarti nilai 1 adalah 100% menunjukkan sistem menjalankan fungsinya dan nilai 0 menunjukkan sistem mengalami kegagalan.

$$R = e^{-\lambda(t)}$$

$$R = e^{-0,264298094} = 0,76774$$

Nilai reliabilities diatas menunjukkan bahwa nilai kegagalan pada pekerjaan Roof (Lantai Roof, Helipad dan LMR) dikategorikan cukup berdasarkan nilai interpestasi tabel Cronbach's Alpha. Sehingga untuk keterlambatan pada pekerjaan tersebut mempengaruhi keterlambatan secara keseluruhan pekerjaan.

4. KESIMPULAN

1. Model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat digunakan dalam menganalisa penyebab keterlambatan yaitu dengan tahap pertama adalah menentukan *Top Event* terlebih dahulu kemudian dari *Top Event* tersebut dicari faktor-faktor penyebab dengan menggunakan metode *Top Down Approach* atau pendekatan melalui sistem dari faktor teratas hingga terbawah yang berhubungan antara satu sama lain dan menjadi sebab-akibat.

2. Pada pekerjaan *Preliminaries* faktor yang menjadi penyebab keterlambatan adalah :

- kesulitan meletakkan alat dan material, pembebasan lahan sulit dikerjakan, aktual pekerjaan tidak mengikuti *shop drawing*, tidak ada gambar *as built drawing*, Serah terima pekerjaan *borepile* terlambat, kekurangan tim ahli, area proyek terbatas , penempatan alat dan material selalu berpindah.

Pada pekerjaan *Basement* faktor yang menjadi penyebab keterlambatan adalah:

- penambahan dewatering karena pondasi banjir, posisi aktual *borepile* tidak sesuai *design*, perubahan mutu beton, perubahan jumlah besi, perintah *owner* untuk melakukan pekerjaan tambah kurang, kekurangan tim ahli, banyaknya pekerjaan perbaikan, pekerjaan perbaikan memakan waktu, pembuatan *schedule* tidak tepat, monitoring pekerjaan tidak dijalankan dengan baik.

Pada pekerjaan *Office Tower* faktor yang menjadi penyebab keterlambatan adalah:

- banyaknya pekerjaan perbaikan, pekerjaan perbaikan memakan waktu, aktual pekerjaan tidak mengikuti gambar *shop drawing*, intensitas hujan tinggi, area pekerjaan di shaft, lingkungan sekitar proyek menghambat pekerjaan, pengiriman material terlambat.

3. Pada pekerjaan *Preliminaries* nilai reliabilitas sebesar 0,98794 dan dikategorikan tinggi (sedikit mempengaruhi).

Pada pekerjaan *Basement* dengan nilai reliabilitas sebesar 0,67475 dan dikategorikan cukup (mempengaruhi).

Pada pekerjaan *Office Tower* dengan nilai pekerjaan masing-masing Lantai *Ground* sebesar 0,69432 dan dikategorikan cukup (mempengaruhi), *Office Tower* sebesar 0,80452 dan dikategorikan tinggi (sedikit mempengaruhi), *Roof* sebesar 0,76774 dan dikategorikan cukup (mempengaruhi).

DAFTAR PUSTAKA

Ike Parastiwi, Reffi. REKATS UNESA Vol. 1, No. 1 (2017) ISSN : 2252 – 5009 Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Apartemen Royal City Loft Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA). Surabaya : Universitas Negeri Surabaya. → **Jurnal online**

Febby Mustika, Adinda, M. Hamza Hasyim, Saifoe El Unas. 2014. Analisa Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Program Studi Teknik Industri Tahap II Universitas Brawijaya Malang. Malang : Universitas Brawijaya. → **Jurnal online**

Amalia, Ridhati. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1 (Sep. 2012) ISSN : 2301 – 9271 Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA). Surabaya : Institut Teknologi Surabaya → **Jurnal online**

Nudiansyah. 2019. Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek Konstruksi Dan Alternatif Penyelesaiannya (Studi Kasus The Park Mall Sawangan Depok). Jakarta : Universitas Mercu Buana. → **Jurnal cetak**

Anonim “Handout Gerbang dan Aljabar Boolean”.

<http://ocw.usu.ac.id/course/download/419000007-dasar-teknik->

[digital/tke_113_handout_gerbang_dan_aljabar_boole.pdf](#) → **Website**

Anonim “Reability of Machine Components”.
https://www.engineeringtoolbox.com/reliability-d_953.html
→ **Website**

Anonim “Concept Of Reliability”.
<https://msmemon.files.wordpress.com/2016/11/concept-of-reliability.pdf> → **Website**

Anonim “Uji Validitas dan Reliabilitas”.
<https://www.slideshare.net/icalazmy/uji-validitas-danreliabilitas>
→ **Website**

Rausand, Marvin. 2011. Risk Assesment Theory, Method and Applications. New Jersey → **Buku**