

ANALISIS FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PENYELESAIAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN URBAN SIGNATURE CIRACAS

Rizky Tasya Putri¹ Setia Damayanti² Akhmad Dofir³

^{1,3}Fakultas Teknik, Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jl. Lenteng Agung Raya No.56 RT 1/ RW 3,
Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Jakarta 12640.

²Fakultas Teknik, Arsitektur, Universitas Pancasila, Jl. Lenteng Agung Raya No.56 RT 1/ RW 3,
Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Jakarta 12640.

e-mail: 4218210004@univpancasila.ac.id, akhmad.dofir@univpancasila.ac.id

ABSTRACT

The delay in completion of construction that has exceeded the work time target according to the initial agreement is very powerful on the construction project itself. Delays in the project occur due to problems that arise in terms of materials, labor, costs, equipment, environment, and others. In this research, an analysis was carried out on what factors were the cause of the delay in the completion of the superstructure and the rating of the value of the reliability function of each work. The Fault Tree Analysis (FTA) approach would be employed, which is a method that makes use of fault tree analysis in the form of a graphic model based on the outcomes of conducted interviews. In the graphic model, there were several event symbols and logic gate symbols to connect the event symbols. On the graphic model, the simplest cut set was acquired using Boolean algebra and the Method of Obtain Cut Set (MOCUS). Based on the results of the analysis, there were 33 basic events or jobs that experienced delays, including changes in rebar supply by the Owner, limited human resources, a lot of repair work, evaluation of the project schedule, SILO SIO PH licensing, late payments, delays in material delivery, and others. Typical structural work and ladder structures, the Boolean algebra law can be applied because it has a repeating code. Meanwhile, on the roof of the engine room, the law of algebra cannot be applied since the work does not have a repeating code. The reliability function is calculated in the analysis that follows. When all three variables are accurate, the system operates as intended.

Keywords: Construction Delay, Upper Structure, Fault Tree Analysis.

ABSTRAK

Keterlambatan penyelesaian suatu konstruksi yang telah melampaui target waktu pekerjaan sesuai kesepakatan awal sangat berpengaruh besar bagi proyek konstruksi itu sendiri. Keterlambatan pada proyek terjadi akibat adanya masalah-masalah yang timbul dari segi material, tenaga kerja, biaya, peralatan, lingkungan, dan lain-lain. Pada penelitian ini dilakukan Analisis mengenai faktor apa saja yang menjadi penyebab keterlambatan penyelesaian struktur atas dan juga peringkat dari nilai fungsi keandalan dari masing-masing pekerjaannya. Untuk metode yang digunakan adalah metode Fault Tree Analysis (FTA) dimana metode ini merupakan metode yang dilakukan dengan menggunakan Analisa pohon kesalahan yang berbentuk model grafis yang dibuat berdasarkan hasil dari wawancara yang telah dilakukan. Dalam model grafis tersebut terdapat beberapa simbol event dan juga simbol gerbang logikanya untuk menghubungkan antar simbol event tersebut. Pada model grafis tersebut didapatlah minimal cut set dengan menggunakan Method of Obtain Cut Set (MOCUS) dan Algebra Boolean untuk menyederhanakannya. Berdasarkan hasil analisis, didapat 33 basic event atau pekerjaan yang mengalami keterlambatan antara lain perubahan supply besi oleh owner, keterbatasan sumber daya manusia, banyaknya pekerjaan perbaikan, evaluasi schedule proyek, perizinan SILO SIO PH, keterlambatan pembayaran, keterlambatan pengiriman material, dan lain-lain. Pada pekerjaan struktur tipikal dan struktur tangga, hukum algebra Boolean dapat dilakukan karena memiliki kode berulang. Sedangkan pada pekerjaan lantai atap ruang mesin hukum algebra tidak dapat dilakukan karena pada pekerjaan tersebut tidak memiliki kode berulang. Pada analisis selanjutnya dilakukan perhitungan fungsi keandalan atau reliabilitasnya. Dimana ketiga nilai tersebut reliabel dan sistem menjalankan fungsinya dengan baik.

Kata kunci: Keterlambatan Proyek, Struktur Atas, Fault Tree Analysis.

PENDAHULUAN

Keterlambatan pada suatu proyek konstruksi sangat berpengaruh besar bagi proyek tersebut. terdapat sanksi yang telah disepakati dan akan menyebabkan kerugian biaya. Pada saat pandemi Covid-19 ini banyak konstruksi yang terpaksa harus berhenti guna menjalani *lockdown* yang diperintahkan oleh pemerintah. Hal ini menyebabkan progres dalam proyek konstruksi mengalami gap antara rencana dan realisasi yang cukup signifikan dari suatu pekerjaan pada *time schedule* yang ada. maka dari itu, pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor-faktor penyebab keterlambatan penyelesaian struktur atas dan juga untuk mendapatkan peringkat nilai keandalan dari pekerjaan yang menjadi penyebab keterlambatan penyelesaian struktur atas dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Pelaksanaan pada suatu proyek harus dilakukan mulai dari perencanaan awal hingga pemeliharaan. Terdapat empat tahapan dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi, yaitu perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*). Agar seluruh pekerjaan pada proyek terlaksana secara optimal maka dilakukan pengendalian pada mutu, biaya dan juga waktu. Proyek yang tidak dilakukan pengendalian dengan maksimal akan mengalami keterlambatan yang berdampak pada berbagai pihak terkait. Pihak *owner* yang akan mengalami hilangnya potensial *income*, pihak konsultan pengawas yang akan mengalami kerugian waktu untuk mengerjakan proyek lainnya dan pihak kontraktor pelaksana yang akan mengalami kenaikan biaya *overhead*. Terdapat 3 macam keterlambatan menurut Langford, yaitu: *Excusable Compensable Delays* dimana kegagalan terjadi dari pihak pengelola konstruksi

menepati waktu penyelesaian proyek. *Excusable Non-Compensable Delays* dimana terjadi akibat lingkungan sekitar, *Act of God* (gempa bumi, banjir, dll), *Force Majeure* (pemogokan karyawan, demo, dll), dan Cuaca. *Non-Excusable Delays* dimana terjadi yang disebabkan oleh pihak pelaksana konstruksi.

Struktur atas dari suatu Gedung merupakan seluruh bagian dari struktur gedung yang berada di atas muka tanah (Itteridi & Akbar, 2020). Bagian struktur tersebut terdiri dari elemen atau komponen utama yang mendukung pembangunan Gedung. Bagian-bagian tersebut yang ditinjau pada penelitian ini adalah pada pekerjaan kolom, *corewall*, balok, pelat, tangga dan ruang lantai atap ruang mesin. Dari bagian-bagian tersebut akan dianalisis dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mencari faktor apa saja yang menjadi keterlambatan dan mendapatkan nilai keandalannya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Dimana metode ini dapat menentukan faktor penyebab masalah dan menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar penyebab suatu masalah berdasarkan bentuk dari model grafik yang berupa pohon kesalahan yang terdiri dari beberapa simbol kejadian dan gerbang logika. Untuk menganalisis faktor penyebab keterlambatan penyelesaian struktur atas dibutuhkan data pendukung, yaitu data sekunder (kurva s dan laporan progres) dan data primer (wawancara terhadap responden). FTA berisi simbol-simbol yang dihubungkan dengan gerbang logika dan akan berbentuk pohon diagram. Berikut merupakan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk

menganalisis menggunakan metode FTA, yaitu:

1. Mengidentifikasi masalah dan kondisi batas dari masalah.
2. Melakukan wawancara kepada responden mengenai faktor-faktor penyebab keterlambatan.
3. Pembuatan pohon kesalahan.
4. Mengidentifikasi minimal *cutset*.
5. Melakukan analisis kualitatif berdasarkan minimal *cutset* menggunakan Boolean algebra.
6. Melakukan analisis kuantitatif dengan mencari nilai keandalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PENKONSTRUKSIAN FTA DAN ANALISIS MOCUS

Setelah melakukan identifikasi masalah berdasarkan kurva s dan laporan progres, Langkah selanjutnya adalah melakukan wawancara terhadap responden dari pihak terkait. Berdasarkan hasil dari wawancara tersebut didapatkan 3 *top event* yang menjadi faktor utama keterlambatan terjadi, yaitu pekerjaan struktur tipikal (kolom, *corewall*, balok dan pelat), pekerjaan tangga dan pekerjaan lantai atap ruang mesin dan dihubungkan dengan gerbang logika *OR*. Ketiga *top event* tersebut memiliki cabang yang masing-masingnya berisi faktor dasar kejadian yang menyebabkan keterlambatan penyelesaian struktur atas. Maka penkonstruksian FTA dari keterlambatan penyelesaian struktur atas proyek USC adalah pada **gambar 1**.

Cabang pertama pada FTA **gambar 1**, yaitu pada pekerjaan struktur tipikal menghasilkan penkonstruksian FTA seperti pada **gambar 2** dan **gambar 3**. Terpisahny diagram kesalahan menjadi 2 dikarenakan adanya simbol *transfer in* pada gambar 2. Simbol ini memiliki arti bahwa uraian kejadian terdapat pada di halaman lain dikarenakan keterbatasan halaman. Pekerjaan struktur tipikal memiliki 20 *basic event* dan

dihubungkan oleh 13 gerbang logika. Dari 20 *basic event* tersebut dilakukan analisis MOCUS dalam bentuk algoritma seperti pada **tabel 4** berdasarkan diagram kesalahan yang dimulai dari kejadian utama *fault tree* dan secara rekursif menjelajah dengan memperluas *intermediate event* ke *basic event*. Analisis ini dilakukan untuk mencari nilai *cutset* dan minimal *cutset*. Berdasarkan hasil analisis MOCUS pada pekerjaan struktur tipikal memiliki kode berulang atau kejadian berulang yaitu keterlambatan pembayaran (B2) dan penambahan detail desain (B6). Adanya kode berulang tersebut dapat disederhanakan dengan menggunakan Boolean algebra dan menghasilkan 12 minimal *cutset*.

Cabang kedua pada FTA **gambar 1**, yaitu pada pekerjaan tangga menghasilkan penkonstruksian FTA seperti pada **gambar 4**. Pekerjaan tangga memiliki 12 *basic event* dan dihubungkan oleh 8 gerbang logika. Sama seperti pada pekerjaan struktur tipikal, dari 12 *basic event* tersebut dilakukan analisis MOCUS dalam bentuk algoritma seperti pada **tabel 5** berdasarkan diagram kesalahan yang ada. berdasarkan hasil analisis MOCUS pada pekerjaan tangga memiliki kode berulang atau kejadian berulang, yaitu banyaknya pekerjaan perbaikan (D3). Adanya kode berulang tersebut dapat disederhanakan dengan menggunakan Boolean algebra dan menghasilkan 9 minimal *cutset*.

Cabang ketiga pada FTA **gambar 1**, yaitu pada pekerjaan lantai atap ruang mesin menghasilkan penkonstruksian FTA seperti pada **gambar 5**. Pekerjaan lantai atap ruang mesin memiliki 5 *basic event* dan dihubungkan oleh 4 gerbang logika. Sama seperti pada pekerjaan struktur tipikal, dari 5 *basic event* tersebut dilakukan analisis MOCUS dalam bentuk algoritma seperti pada **tabel 6** berdasarkan diagram kesalahan

yang ada. Berdasarkan hasil analisis MOCUS pada pekerjaan lantai atap ruang mesin tidak memiliki kode berulang atau kejadian berulang, maka dari itu hukum persamaan pada Boolean algebra tidak dapat digunakan. Maka terdapat 4 minimal *cutset* pada pekerjaan lantai atap ruang mesin.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dari seluruh diagram FTA, terdapat 7 kejadian dasar yang sering muncul dan juga merupakan faktor yang dominan menyebabkan terjadinya keterlambatan pada penyelesaian struktur atas, diantaranya adalah perubahan *supply* besi *by owner*, keterbatasan sumber daya manusia, banyaknya pekerjaan perbaikan, evaluasi *re-schedule* proyek, perizinan silo sio ph, keterlambatan pembayaran dan keterlambatan pengiriman material.

MENCARI NILAI KEANDALAN

Setelah dilakukan penkonstruksian FTA dan mendapatkan minimal *cutset*, Langkah selanjutnya dilakukan mencari nilai keandalan dari masing-masing variabel pekerjaan, yaitu pekerjaan struktur tipikal, pekerjaan tangga dan pekerjaan lantai atap ruang mesin. Hal ini bertujuan untuk mengetahui suatu sistem akan sukses menjalani fungsinya. Jika nilai $>0,70$ maka sistem dinyatakan reliabel sedangkan nilai $<0,70$ maka nilai tersebut dinyatakan tidak reliabel. Dan dari nilai keandalan tersebut dapat dilakukan untuk mencari nilai probabilitas dari keseluruhan FTA. Untuk mencari nilai keandalan, maka terlebih dahulu harus mengetahui laju kegagalannya.

Berdasarkan kurva S, seluruh pekerjaan struktur atas seharusnya selesai pada tanggal 29 Oktober 2021, namun berdasarkan laporan progres pekerjaan struktur atas tertunda atau mengalami keterlambatan. Seharusnya pekerjaan struktur tipikal selesai pada tanggal 29 Oktober 2021 namun ternyata pekerjaan

tersebut selesai pada tanggal 9 Maret 2022.

Laju kegagalan:

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

Dimana:

$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \text{laju kegagalan} \\ F &= \text{jumlah waktu keterlambatan} \\ T &= \text{total waktu (kontrak hari kerja)} \\ \lambda(t) &= \frac{131}{1457} \\ &= 0,089 \end{aligned}$$

Fungsi keandalan (*reliabilities*)

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

Dimana:

$$\begin{aligned} R &= \text{fungsi keandalan} \\ \lambda(t) &= \text{laju kegagalan} \\ e &= \text{bilangan pokok logaritma} \\ R &= e^{-0,089} \\ &= 0,914 \end{aligned}$$

Nilai keandalan di atas menunjukkan bahwa nilai tersebut dikategorikan sebagai sistem yang menjalani fungsinya dikarenakan nilai $>0,70$ dan hampir mencapai 100%. Sehingga keterlambatan pada pekerjaan struktur tipikal sedikit mempengaruhi keterlambatan pada pekerjaan penyelesaian struktur atas.

Berdasarkan kurva S, pekerjaan tangga seharusnya pun selesai pada tanggal 29 Oktober 2021, namun ternyata pekerjaan tersebut selesai pada tanggal 6 April 2022.

Laju kegagalan:

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

Dimana:

$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \text{laju kegagalan} \\ F &= \text{jumlah waktu keterlambatan} \\ T &= \text{total waktu (kontrak hari kerja)} \\ \lambda(t) &= \frac{159}{1457} \\ &= 0,109 \end{aligned}$$

Fungsi keandalan (*reliabilities*)

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

Dimana:

$$\begin{aligned} R &= \text{fungsi keandalan} \\ \lambda(t) &= \text{laju kegagalan} \\ e &= \text{bilangan pokok logaritma} \\ R &= e^{-0,109} \end{aligned}$$

$$= 0,896$$

Nilai keandalan di atas menunjukkan bahwa nilai tersebut dikategorikan sebagai sistem yang menjalani fungsinya dikarenakan nilai $>0,70$ dan hampir mencapai 100%. Sehingga keterlambatan pada pekerjaan struktur tipikal sedikit mempengaruhi keterlambatan pada pekerjaan penyelesaian struktur atas.

Berdasarkan kurva S, pekerjaan lantai atap ruang mesin seharusnya pun selesai pada tanggal 29 Oktober 2021, namun ternyata pekerjaan tersebut selesai pada tanggal 11 Juni 2022.

Laju kegagalan:

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

Dimana:

$\lambda(t)$ = laju kegagalan

F = jumlah waktu keterlambatan

T = total waktu (kontrak hari kerja)

$$\lambda(t) = \frac{257}{1457} \\ = 0,154$$

Fungsi keandalan (*reliabilities*)

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

Dimana:

R = fungsi keandalan

$\lambda(t)$ = laju kegagalan

e = bilangan pokok logaritma

$$R = e^{-0,154} \\ = 0,857$$

Nilai keandalan di atas menunjukkan bahwa nilai tersebut dikategorikan sebagai sistem yang menjalani fungsinya dikarenakan nilai $>0,70$ dan hampir mencapai 100%. Sehingga keterlambatan pada pekerjaan struktur tipikal sedikit mempengaruhi keterlambatan pada pekerjaan penyelesaian struktur atas.

Berdasarkan nilai keandalan yang didapat dari masing-masing pekerjaan/variabel, maka dapat dicari nilai probabilitas terjadinya *top event* keseluruhan dengan menggunakan algebra Boolean.

$$P(\text{USC}) = P(K) + P(T) + P(L)$$

Dimana:

$$P(K) = 1 - 0,914 = 0,086$$

$$P(T) = 1 - 0,896 = 0,104$$

$$P(L) = 1 - 0,857 = 0,143$$

Sehingga,

$$P(\text{USC}) = 0,333$$

Berdasarkan hasil yang didapat, probabilitas terjadinya keterlambatan penyelesaian struktur atas pada proyek pembangunan Apartemen *Urban Signature* Ciracas sebesar 0,333 yang berarti tingkat kemungkinan untuk keterlambatan penyelesaian struktur atas pada proyek *Urban Signature* Ciracas ini ada pada kategori rendah.

Seluruh variabel yang ada pada penelitian ini memiliki suatu hubungan dimana dari ketiga variabel sama-sama menjadi faktor keterlambatan penyelesaian struktur atas pada proyek pembangunan apartemen *Urban Signature* Ciracas. Pekerjaan tangga yang dikendalikan dengan baik akan berdampak baik pula terhadap target waktu penyelesaian dimana pekerjaan struktur tipikal, pekerjaan tangga dan pekerjaan lantai atap ruang mesin akan selesai di waktu yang sama sesuai target yang telah ditentukan. Namun dikarenakan pekerjaan tangga yang memiliki kendala mengakibatkan pekerjaan struktur tipikal dijadikan prioritas yang harus diselesaikan terlebih dahulu dibandingkan pekerjaan lainnya

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, secara keseluruhan terdapat 33 *basic event* atau faktor-faktor yang menjadi penyebab keterlambatan pada struktur atas dan dibagi menjadi 3 variabel, yaitu Pekerjaan Struktur Tipikal (pandemi Covid-19, keterlambatan pembayaran, perubahan *supply* besi *by owner*, evaluasi *re-schedule* proyek, permintaan perubahan desain, penambahan detail desain,

gambar tidak sesuai realisasi, material susah didapat, naik turun harga material, tenaga kurang berpengalaman, menghasilkan *repair* pekerjaan, kebiasaan pekerja yang salah, keterbatasan sumber daya manusia (SDM), keterlambatan fabrikasi, kesalahan material yang datang, perizinan SILO – SIO PH, selang *concrete pump* bermasalah), Pekerjaan Tangga (*supply besi by owner*, evaluasi *re-schedule* proyek, banyak pekerjaan perbaikan, *checklist repair* kurang maksimal, tenaga kurang berpengalaman, keterbatasan sumber daya manusia, kebiasaan pekerja yang salah, keterlambatan fabrikasi, keterlambatan pengiriman, perizinan SILO – SIO PH dan *travo tower crane* bermasalah). Dan Pekerjaan Lantai Atap Ruang Mesin (pergantian subkontraktor. keterbatasan sumber daya manusia, mesin alat bermasalah, *supply* beton terlambat dan keterlambatan pengiriman material). Dimana dengan teori reliabilitas didapatkan peringkat nilai keandalan pekerjaan yang mempengaruhi keterlambatan pada penyelesaian struktur atas yaitu pekerjaan struktur tipikal dengan nilai 0,914. Lalu diikuti oleh pekerjaan tangga dengan nilai sebesar 0,896 dan pekerjaan lantai atap ruang mesin dengan nilai keandalan sebesar 0,857. Pada dasarnya, ketiga pekerjaan tersebut reliabel dan sistem menjalankan fungsinya dengan baik dikarenakan nilai $> 0,70$. Berdasarkan nilai keandalan yang ada dapat digunakan untuk mencari probabilitas keseluruhan FTA sebesar 0,333.

DAFTAR PUSTAKA

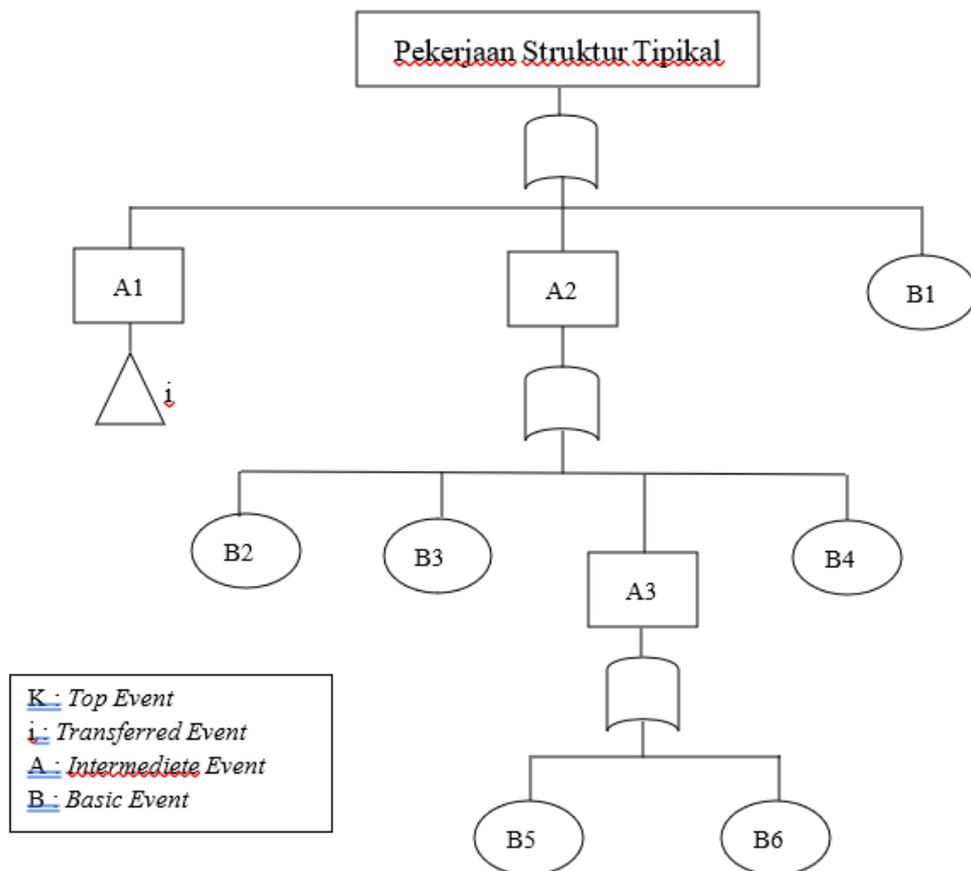
- [1] Ilham G.S., dkk. 2019. Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Bangunan Gedung Perkantoran 53 Lantai Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA). LPPM UMJ, Jakarta.
- [2] Adriadi., dkk. 2021. Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung. Universitas Sangga Buana, Bandung
- [3] Arviga B., dkk. 2020. Analisis Faktor Risiko Serta Pencegahannya Lingkup *Non-Excusable* Pada Proyek Pembangunan Gedung. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] Nopita S.B.G., dkk. 2020. Analisis Efektivitas Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Proyek Konstruksi Menggunakan Metode *Fine* dan *Fault Tree Analysis*. Jurnal Teknik, Jakarta.
- [5] Reanatami I., dkk. 2021. Perancangan *Dashboard* Aksi Mitigasi Pencegahan Keterlambatan Proyek Perakitan *Rear Cone Nc212i* Menggunakan *Fault Tree Analysis* Di PT. ABC. e-Proceeding of Engineering, Bandung.
- [6] Reffi I.P.N., dkk. 2017. Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Apartemen *Royal Cityloft* Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis*. Rekayasa Teknik Sipil, Surabaya.
- [7] Avira D.P., dkk. 2021. Analisis Faktor Keterlambatan COD Proyek PLN UIP Kalbagtim dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* dan *Fault Tree Analysis*. Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi, Jakarta.
- [8] Yayuk I.P., dkk 2020. Analisis Faktor-Faktor Keterlambatan Pada Proyek Perumahan Casa De Viola Dan Alternatif Penyelesaiannya. Jurnal Sipil Statik, Manado.
- [9] Sohag K. 2020. *An Overview of Fault Tree Analysis and Its Application in Model Based Dependability Analysis*. University of Hull, UK.

- [10] M. Bob A. 2020. Analisis *Coal Plugging* Atau Penyumbatan Batu Bara Pada Mesin *Coal Feeder* Unit 1-4 Dengan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) Di PT. ABZ. Jati Unik, Serang.
- [11] Hosaini., dkk. 2021. Manajemen Proyek. Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung, Bandung.
- [12] Ida A.P.S.M. 2019. Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi. UNHI Press, Denpasar.
- [13] Robert G. P. 2022. *Introduction To Computer Organization*. San Fransisco.
- [14] Fen L., dkk. 2020. *The Reliability Analysis of Welding Robots Based on Fault Tree*. Proceedings of the 2020 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, Vietnam.
- [15] Yasser A.S.G., dkk. 2019. *Using the Fault Tree For Analysis The Schedule Delay Factors*. High Institute of Engineering Technology El Mina, Ghana.
- [16] Ahmad A.K., dkk. 2019. Perbandingan Pengendalian Biaya Mutu Dan Waktu Menggunakan Metode Konvensional Dan Metode BIM. Universitas Trisakti, Jakarta.
- [17] Enny S. 2021. Analisis Reliabilitas Untuk Subsistem Transformator Pada Mesin Pembangkit Tenaga Listrik. SNSO Universitas Padjajaran, Bandung.
- [18] Refi N., dkk. 2019. Desain Ulang Balok Dan Kolom Gedung Negara Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional (BPN) Provinsi Kalimantan Selatan Berdasarkan SNI 2847-2019. Banjarmasin, Kalimantan Selatan.

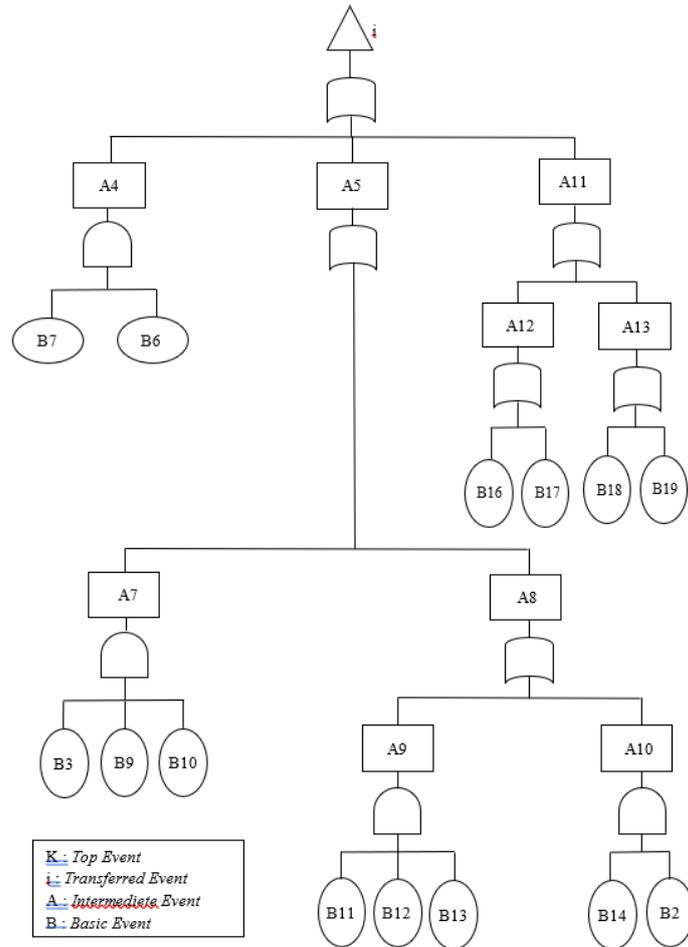
Lampiran



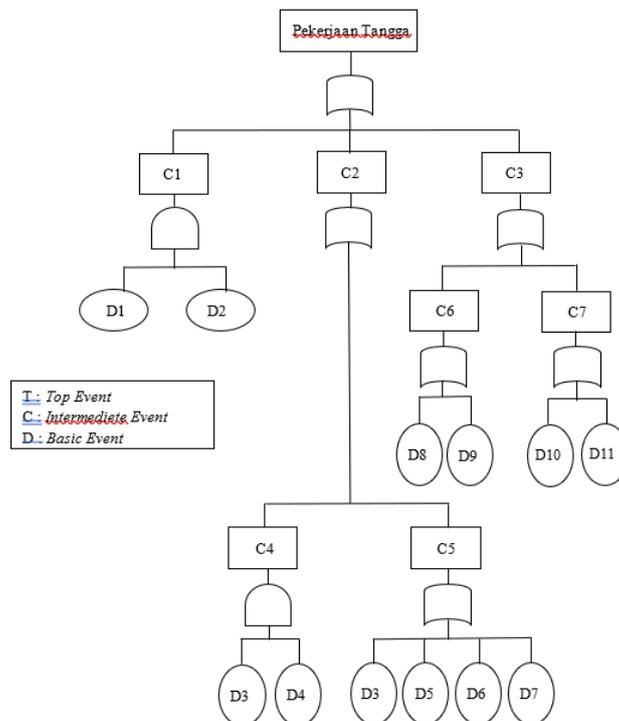
Gambar 1. Diagram *fault tree* USC



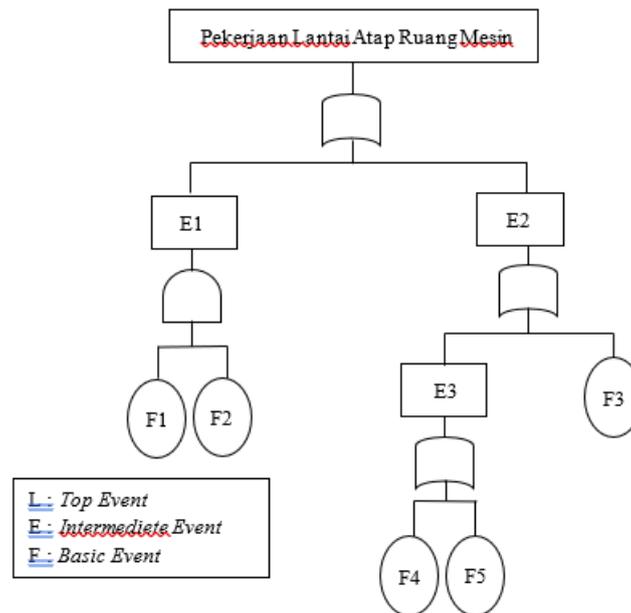
Gambar 2. Diagram *fault tree* pekerjaan struktur tipikal pada *event owner*



Gambar 3. Diagram *fault tree* pekerjaan struktur tipikal pada *event* manajemen pelaksanaan pekerjaan



Gambar 4. Diagram *fault tree* pekerjaan tangga



Gambar 5. Diagram *fault tree* pekerjaan lantai atap ruang mesin

Tabel 1. Keterangan *Event* Pohon Kesalahan pada Pekerjaan Struktur Tipikal

Kode	Nama Kejadian/ <i>Event</i>
A1	Manajemen Pelaksanaan Pekerjaan
A2	<i>Owner</i>
A3	Perubahan Desain Gambar
A4	Desain Gambar
A5	Metode Pelaksanaan
A7	Perubahan Metode Kerja
A8	Subkontraktor
A9	Hasil Kurang Maksimal
A10	Pemogokan Pekerja
A11	Alat dan Material
A12	Ketersediaan Material
A13	Produktivitas Alat
B1	Pandemi Covid-19
B2	Keterlambatan Pembayaran
B3	Perubahan <i>Supply</i> Besi <i>By Owner</i>
B4	Evaluasi <i>Re-Schedule</i> Proyek
B5	Permintaan Perubahan Desain
B6	Penambahan Detail Desain
B7	Gambar Tidak Sesuai Realisasi
B9	Material Susah Didapat
B10	Naik Turun Harga Material
B11	Tenaga Kurang Berpengalaman
B12	Menghasilkan Repair Pekerjaan

Kode	Nama Kejadian/Event
B13	Kebiasaan Pekerja yang Salah
B14	Keterbatasan Sumber Daya Manusia (SDM)
B16	Keterlambatan Fabrikasi
B17	Kesalahan Material yang Datang
B18	Perizininan SILO – SIO PH
B19	Selang <i>Concrete Pump</i> bermasalah

Tabel 2. Keterangan *Event* Pohon Kesalahan pada Pekerjaan Tangga

Kode	Nama Kejadian/Event
C1	<i>Owner</i>
C2	Metode Pelaksanaan
C3	Alat dan Material
C4	Pelaksanaan Pekerjaan
C5	Tenaga Kerja
C6	Ketersediaan Material
C7	Produktivitas Alat
D1	Perubahan <i>Supply</i> Besi <i>by Owner</i>
D2	Evaluasi <i>Re-Schedule</i> Proyek
D3	Banyak Pekerjaan Perbaikan
D4	<i>Checklist</i> Repair Kurang Maksimal
D5	Tenaga Kurang Berpengalaman
D6	Keterbatasan Sumber Daya Manusia
D7	Kebiasaan Pekerja yang Salah
D8	Keterlambatan Fabrikasi
D9	Keterlambatan Pengiriman
D10	Perizininan SILO – SIO PH
D11	<i>Travo Tower Crane</i> Bermasalah

Tabel 3. Keterangan *Event* Pohon Kesalahan pada Pekerjaan Lantai Atap Ruang Mesin

Kode	Nama Kejadian/Event
E1	Tenaga Kerja
E2	Alat Dan Material
E3	Ketersediaan Material
F1	Pergantian Subkontraktor

Kode	Nama Kejadian/Event
2	Keterbatasan Sumber Daya Manusia
F3	Mesin Alat Bermasalah
F4	Supply Beton Terlambat
F5	Keterlambatan Pengiriman Material

Tabel 4. Minimal Cut Set Pekerjaan Struktur Tipikal

<i>Top Event</i>		<i>Minimal Cut Set</i>					
K	A1	A4	B6. B7	B6. B7	B6. B7	B3. B9. B10	
		A5	A7	B3. B9. B10	B3. B9. B10	B11. B12. B13	
			A8	A9	B11. B12. B13	B16	
		A11	A12	A10	B16	B16	B17
				B17	B17	B18	
		A11	A13	B18	B18	B18	B19
	B19			B19	B19	B2	
	A2	B2		B2	B2	B4	
		B3		B3	B3	B5	
		B4		B4	B4	B6	
		A3	B5		B5	B5	B1
			B6		B6	B6	
B1			B1	B1			

Tabel 5. Minimal Cut Set Pekerjaan Tangga

<i>Top Event</i>		<i>Minimal Cut Set</i>			
T	C1	D1. D2	D1. D2	D1. D2	
		C4	D3. D4	D3	
		C2		D3	D5
			C5	D5	D6
				D6	D7
	C3		D7	D8	
		C6	D8	D9	
			D9	D10	
		C7	D10	D11	
			D11		

Tabel 6. Minimal *Cut Set* Pekerjaan Struktur Tipikal

<i>Top Event</i>	<i>Minimal Cut Set</i>		
	E1	F1. F2	F1. F2
L			F4
	E2	E3	F5
		F3	F3