

Analisis Faktor dan Probabilitas Keterlambatan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Hilda Puspitaningrum¹, Michella Beatrix²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45, Menur Pumpungan, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

²E-mail: hapuspitaa@gmail.com

Abstrak — Dalam era industri modern, saat ini, efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan proyek menjadi faktor kunci keberhasilan. Meski demikian, tantangan seperti penundaan sering kali muncul akibat kompleksitas dan dinamika proyek. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan pada proyek Penataan Kawasan Dieng menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor internal, eksternal, dan manajemen adalah penyebab utama keterlambatan dengan probabilitas keseluruhan sebesar 0,515. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor internal, eksternal, dan manajemen adalah penyebab utama penundaan dengan probabilitas total sebesar 0,515. Akibat penundaan ini, penyelesaian proyek mengalami keterlambatan antara 1 hingga 7 hari, yang berdampak pada denda atau pinalti antara Rp 807.998.934,60 hingga Rp 5.655.992.542,21. Oleh karena itu, penggunaan metode tertentu dalam manajemen proyek dapat membantu mencapai efisiensi dan efektivitas, serta meminimalkan risiko keterlambatan.

Kata-kata kunci: manajemen proyek; keterlambatan; *Fault Tree Analysis* (FTA).

Abstract — In this modern industrial era, efficiency and effectiveness in project management have become key factors for success. However, challenges such as delays often arise due to the complexity and dynamics of the project. This research aims to analyze the factors causing delays in the Dieng Area Arrangement project using the *Fault Tree Analysis* (FTA) method. The research results show that internal, external, and management factors are the main causes of delays with an overall probability of 0.515. As a result of these delays, project completion is delayed between 1 to 7 days, which results in fines or penalties ranging from Rp 807,998,934.60 to Rp 5,655,992,542.21. Therefore, the use of certain methods in project management can help achieve efficiency and effectiveness, as well as minimize the risk of delays.

Keywords: project management; delays; *Fault Tree Analysis* (FTA).

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di berbagai sektor membutuhkan manajemen yang efisien dan efektif, yang menuntut kinerja, akurasi, integrasi, kecepatan, presisi, dan keselamatan terkini untuk mencapai hasil optimal. Pengelolaan aktivitas dengan investasi skala besar dan tingkat kompleksitas yang tinggi memerlukan teknik atau metode yang terbukti, sumber daya berkualitas, dan penerapan pengetahuan terkini (Siswanto dan Salim, 2020).

Proyek didefinisikan sebagai aktivitas yang dilakukan secara konseptual untuk mencapai tujuan tertentu dengan menggunakan anggaran dan sumber daya yang tersedia, yang juga mencakup perencanaan jadwal dengan batas waktu penyelesaian proyek (Nurhayati, 2010). Ketidaksiharian antara proses dalam jadwal dengan kondisi aktual dapat menimbulkan masalah bagi penyelenggara proyek dan pemilik. Proyek adalah entitas yang dinamis, dan kontraktor harus peka terhadap perubahan situasi dan kondisi proyek jika ingin memaksimalkan

keuntungan. Menurut Mulyadi (2020), untuk memastikan pekerjaan dapat dilaksanakan tanpa keterlambatan, diperlukan perencanaan yang matang, manajemen risiko yang efektif, komunikasi yang baik, pengawasan yang ketat, fleksibilitas dalam perubahan, dan kolaborasi tim yang baik. Sebaliknya, jika perencanaan tidak matang dan sistematis, akan menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaannya (Michael Kareth, 2012). Perencanaan proyek melibatkan penjadwalan dan alokasi waktu untuk aktivitas proyek secara keseluruhan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa semua aktivitas proyek dapat dilaksanakan tepat waktu dan efisien (Ervianto, 2008).

Setiap kontraktor proyek harus mampu menghindari masalah keterlambatan dalam menyelesaikan proyek. Hal ini dapat berdampak negatif pada kredibilitas kontraktor proyek. Selain itu, keterlambatan dalam penyelesaian proyek dapat menimbulkan biaya tambahan berupa denda (*penalty*) yang dialami oleh kontraktor (Santosa, 2009). Penting untuk memiliki perencanaan yang baik, termasuk

membuat jadwal yang tepat serta menganggarkan biaya dengan cermat dan seminimal mungkin guna menghindari keterlambatan dan pemborosan biaya pada proyek.

Identifikasi diperlukan untuk mengetahui apa saja penyebab dan dampak keterlambatan pada suatu proyek. Ada beberapa metode yang biasanya digunakan untuk menganalisis risiko dan mengidentifikasi kegagalan, antara lain metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Kedua metode tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan disertai penyebabnya melalui pendekatan sistematis dan analisis risiko. Meskipun kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama, *Fault Tree Analysis* (FTA) lebih fokus pada analisis penyebab kegagalan dan hubungan antar kejadian, sedangkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) lebih fokus pada analisis efek kegagalan dan upaya pencegahan. Oleh karena itu, *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat digunakan untuk menganalisis sistem yang lebih kompleks dibandingkan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Maddeppunggeng dkk, 2023).

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan dalam suatu sistem dengan menggunakan prinsip logika boolean dan simbol-simbol grafis (Setiawati, 2023).

Proyek Penataan Kawasan Dieng, yang ditujukan sebagai bentuk dukungan terhadap pengembangan pariwisata di Provinsi Jawa Tengah, melibatkan penataan di lima lokasi yang terletak di Kabupaten Wonosobo dan Banjarnegara. Proyek ini mengalami keterlambatan dalam pelaksanaannya, yang disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk keterbatasan aksesibilitas lokasi dan kondisi cuaca. Lokasi proyek yang berada di tengah kawasan wisata dataran tinggi menimbulkan sejumlah keterbatasan dalam pelaksanaan proyek, seperti jalan menuju proyek yang curam dan sempit yang mengakibatkan terbatasnya pengiriman alat berat dan material. Selain itu, suhu rata-rata di lokasi proyek yang rendah, 12°C di siang hari dan 6°C di malam hari, juga dapat mempengaruhi tenaga kerja dan penyimpanan material. Penyimpanan material tidak bisa dilakukan pada suhu rendah, karena material akan mengalami kerusakan, seperti korosi pada besi,

abrasi pada precast, dan pengerasan pada semen. Jika penyimpanan material tidak dilakukan, proses pengiriman material dari supplier akan terhambat.

Secara kontraktual, proyek ini dimulai pada tanggal 20 Juli 2023 dan dijadwalkan selesai pada tanggal 30 Juni 2024 dengan durasi pelaksanaan 365 hari kalender. Namun, progres pelaksanaan hingga saat ini baru mencapai 3,68%, sedangkan seharusnya progress awal rencana sampai bulan September 2023 sudah mencapai 7,49%, dengan deviasi sebesar -3,81%. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keterlambatan proyek ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Proyek merupakan suatu inisiatif yang dijalankan untuk mencapai tujuan spesifik, dengan pembatasan waktu dan biaya yang telah ditetapkan sebelumnya. Biasanya, proyek melibatkan rangkaian tugas yang terorganisir dan memiliki titik mulai dan selesai yang spesifik (Songze Du et al, 2023).

Manajemen proyek adalah bidang yang membutuhkan perencanaan, organisasi, kontrol, dan pengawasan sumber daya yang diperlukan dalam suatu proyek untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan (Shoar dan Banaitis, 2018). Ini adalah proses yang rumit yang membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang berbagai elemen proyek. Salah satu elemen kunci dalam manajemen proyek adalah manajemen sumber daya. Ini mencakup penentuan sumber daya apa yang diperlukan untuk proyek, bagaimana sumber daya tersebut akan diterapkan, dan bagaimana mereka akan dikelola selama siklus hidup proyek (Kerzner, 2017).

Menurut Mantri dkk (2014), keterlambatan dalam proyek konstruksi berarti ada penambahan waktu dalam penyelesaian proyek yang telah direncanakan dan dicantumkan dalam dokumen kontrak. Keterlambatan ini biasanya menimbulkan kerugian bagi pemilik proyek dan kontraktor, karena dampaknya adalah konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa yang menjadi penyebab, serta tuntutan waktu dan biaya tambahan.

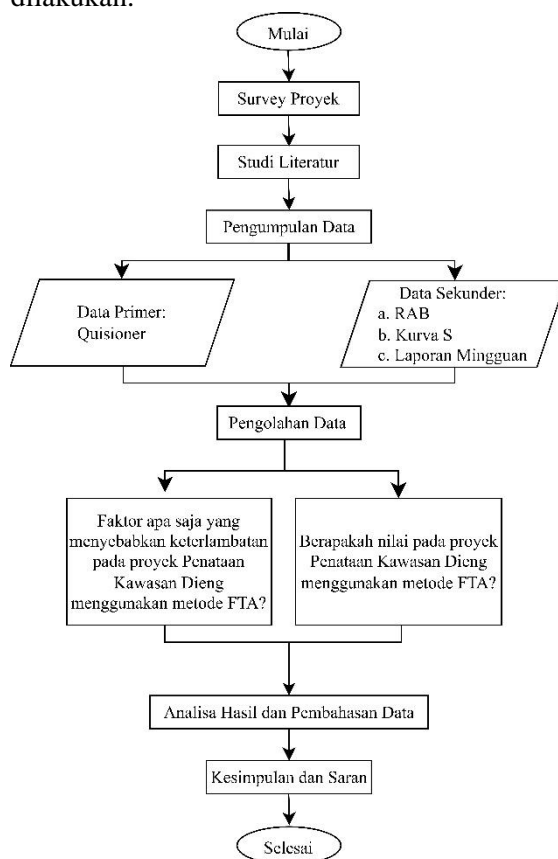
Keterlambatan dalam penyelesaian proyek adalah masalah umum yang kerap kali muncul dalam pelaksanaan proyek, oleh karena itu penting untuk mencari faktor-faktor yang menjadi penyebab keterlambatan tersebut agar tidak

terjadi lagi di masa mendatang. Salah satu cara untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan proyek adalah dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

FTA digunakan untuk menganalisis kegagalan sistem dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kegagalan tersebut. Metode ini menggunakan struktur diagram logika yang terstruktur dan berjenjang untuk menggambarkan hubungan antara berbagai peristiwa dalam sistem (Sohar dkk, 2019).

III. METODE PENELITIAN

Berikut ini adalah diagram alir yang menggambarkan proses penelitian yang telah dilakukan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Diagram ini mencakup semua langkah penting dalam penelitian, mulai dari identifikasi *Top Event* dan *Primary Event*, pembuatan *Fault Tree*, penentuan probabilitas, analisis kombinasi, hingga evaluasi risiko. Diagram ini dirancang untuk memberikan gambaran visual yang jelas dan mudah dipahami tentang proses penelitian. Harap perhatikan diagram ini untuk memahami lebih lanjut tentang proses penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Diagram alir

Studi literatur merupakan bagian penting dari penelitian ini, memberikan wawasan dan analisis yang diperlukan untuk mendukung penelitian. Studi literatur ini mencakup proyek, manajemen proyek, dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Melalui studi literatur ini, kita dapat memahami metode yang digunakan, variabel yang diteliti, dampak dan hasil penelitian terhadap proyek yang diteliti, serta langkah-langkah antisipasi yang dapat diambil untuk menghindari keterlambatan proyek. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data terkait penelitian ini, termasuk data primer dan data sekunder proyek. Data primer, yang merupakan data yang diperoleh dan dikumpulkan langsung oleh peneliti dari para pekerja yang berhubungan langsung dengan proyek, digunakan dalam penelitian ini. Melalui hasil pengisian kuisisioner yang dilakukan peneliti dengan pekerja, akan dihasilkan beberapa analisis terkait kendala apa saja yang ada di proyek.

Pengujian kuesioner dalam penelitian ini menggunakan skala likert untuk mengukur frekuensi, dengan penilaian berkisar dari 1 (Sangat Rendah) hingga 5 (Sangat Tinggi). Penentuan sampel dilakukan dengan Teknik *Slovin*. Uji validitas dan uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui kelayakan butir-butir dalam daftar pertanyaan dan keandalan instrumen penelitian, dengan bantuan program Software IBM SPSS Windows Version. Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari pihak ketiga (kontraktor). Data analisis yang digunakan pada penelitian *Fault Tree Analysis* (FTA) Kurva S, dan Laporan Pekerjaan Mingguan.

Metode pengolahan data dalam penelitian ini melibatkan penggunaan *Fault Tree Analysis* (FTA). Proses ini dimulai dengan identifikasi *Top Event* dan *Primary Event*, yang merupakan kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan dan peristiwa dasar yang dapat menyebabkan terjadinya *Top Event*. Selanjutnya, *Fault Tree* dibuat untuk menggambarkan hubungan antara *Primary Event* dan *Top Event*, dan probabilitas masing-masing *Primary Event* ditentukan. Analisis kombinasi peristiwa-peristiwa dalam *Fault Tree* dilakukan untuk menentukan probabilitas terjadinya *Top Event*, dan risiko dievaluasi berdasarkan hasil analisis FTA. Kesimpulan penelitian ini mencakup rangkuman faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan proyek, nilai probabilitas keterlambatan proyek,

dan dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan proyek tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada proyek Penataan Kawasan Dieng, dengan tujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor dan dampak yang dihasilkan oleh keterlambatan dalam proyek. Proyek ini, yang direncanakan berlangsung selama 365 hari kalender, mengalami keterlambatan sebesar 7,49%. Data primer dan sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari proyek tersebut, dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Data ini meliputi kuisisioner, jadwal waktu, dan Kurva S. Kuisisioner digunakan untuk mengetahui karakteristik responden, seperti riwayat pendidikan, umur, dan pengalaman kerja. Proses pengumpulan data ini melibatkan pekerja dari PT. Karya Bangun Mandiri Persada dan PT. Pola Teknik Konsultan, yang diberikan waktu selama satu minggu untuk mengisi kuisisioner. Dari populasi data yang diambil, 30 responden dipilih sebagai sampel penelitian. Proses penyebaran kuisisioner dilakukan selama periode 13 November hingga 20 November 2023, di lokasi proyek Penataan Kawasan Wisata Dieng, Kabupaten Wonosobo. Responden dalam penelitian ini adalah individu yang terlibat dalam proyek Penataan Kawasan Wisata Dieng, khususnya pekerja dari PT. Karya Bangun Mandiri Persada dan PT. Pola Teknik Konsultan. Sebanyak 30 responden dipilih berdasarkan pemahaman mereka tentang proyek dan jabatan mereka dalam struktur organisasi proyek. Dalam hal jabatan, Manajer Proyek dan Teknik memiliki persentase terbesar (20%), sementara Manajer Situs, Survey Kualitas, HSE, Supervisor, Administrasi, Surveyor, dan Pemimpin Waktu masing-masing sebesar 3,33%. Pengalaman kerja responden juga beragam, dengan 40% memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun, 33% memiliki pengalaman kerja antara 1 hingga 5 tahun, dan 27% lainnya memiliki pengalaman kerja antara 6 hingga 10 tahun. Tingkat pendidikan responden mencakup SMA/SMK (7%), S1 (73%), dan S2 (20%). Variasi ini mencerminkan tingkat pendidikan dan pengetahuan responden dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Validitas instrumen penelitian adalah elemen penting yang menentukan sejauh mana instrumen mampu mengukur variabel yang diinginkan. Instrumen dalam penelitian ini diuji

menggunakan sampel 23 responden dari populasi yang sama. Analisis korelasi Pearson dilakukan untuk menentukan validitas kuesioner dengan bantuan perangkat lunak IBM SPSS. Indikator dianggap valid jika nilai korelasi Pearson lebih besar dari nilai R_{tabel} , yang dalam hal ini adalah 0.361 (dengan jumlah responden $n = 30$ dan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau 0.05). Jika hasil $R_{hitung} > R_{tabel}$ (0.361), instrumen dianggap valid, sedangkan jika $R_{hitung} < R_{tabel}$, instrumen dianggap tidak valid. Uji validitas ini dilakukan secara berkala dan berulang, dan jika beberapa item masih tidak valid, variabel tersebut tidak digunakan. Proses ini melibatkan pengumpulan data, tabulasi data, dan uji validitas menggunakan IBM SPSS. Penelitian ini melakukan dua kali uji validitas.

Tabel 1. Rekapitulasi uji validitas ke-2

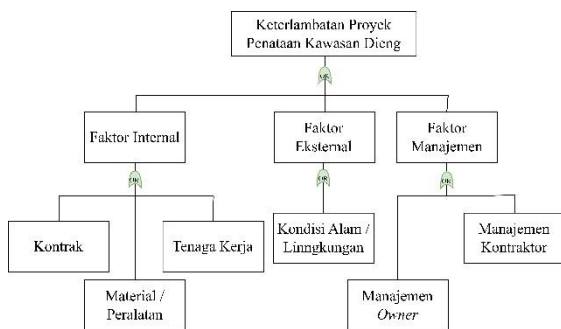
Varibel	Rhitung	Rtabel	Keterangan
A1	0.84	0.361	Valid
A2	0.85	0.361	Valid
A3	0.90	0.361	Valid
A4	0.80	0.361	Valid
A5	0.92	0.361	Valid
A6	0.83	0.361	Valid
B1	0.89	0.361	Valid
B2	0.80	0.361	Valid
B3	0.47	0.361	Valid
B4	0.73	0.361	Valid
B5	0.70	0.361	Valid
B7	0.86	0.361	Valid
C1	0.91	0.361	Valid
C2	0.79	0.361	Valid
C3	0.87	0.361	Valid
C4	0.91	0.361	Valid
D1	0.87	0.361	Valid
D2	0.84	0.361	Valid
D3	0.79	0.361	Valid
D4	0.68	0.361	Valid
D5	0.93	0.361	Valid
E1	0.88	0.361	Valid
E2	0.91	0.361	Valid
E3	0.92	0.361	Valid
E4	0.89	0.361	Valid
E5	0.79	0.361	Valid
F1	0.89	0.361	Valid
F2	0.89	0.361	Valid
F3	0.49	0.361	Valid
F4	0.91	0.361	Valid
F5	0.64	0.361	Valid
F6	0.68	0.361	Valid
F7	0.88	0.361	Valid

Penelitian ini mengevaluasi validitas dan reliabilitas instrumen penelitian yang digunakan dalam proyek Penataan Kawasan Wisata Dieng. Validitas dan reliabilitas diukur dengan analisis korelasi Pearson dan *Cornbach's Alpha*, dengan nilai minimal 0.60 sebagai batas reliabilitas. Hasil perhitungan direkapitulasi dalam bentuk angka *Cornbach's Alpha*.

Tabel 2. Hasil Uji Reabilitas

Cornbach's Alpha	N of Items
0.982	33

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan dalam proyek Penataan Kawasan Wisata Dieng. FTA memungkinkan identifikasi berbagai peristiwa yang tidak diinginkan dalam sistem dan menemukan semua kemungkinan yang mengarah pada terjadinya peristiwa tersebut. Proses ini melibatkan penggunaan software Draw.io untuk memasukkan dan mengolah data, menghasilkan diagram FTA yang menampilkan hubungan antara peristiwa dasar dan bagaimana mereka berkontribusi terhadap kegagalan sistem. Faktor-faktor penyebab keterlambatan yang diidentifikasi meliputi masalah desain, proses produksi, dan proses serah terima. Keterlambatan pada proyek ini dibagi menjadi enam cabang utama: kontrak, material/peralatan, tenaga kerja, kondisi alam, operasional dan manajemen pemilik proyek (*owner*), dan operasional dan manajemen pelaksana proyek (kontraktor). Setiap cabang ini dijabarkan lebih lanjut untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari masing-masing kejadian.



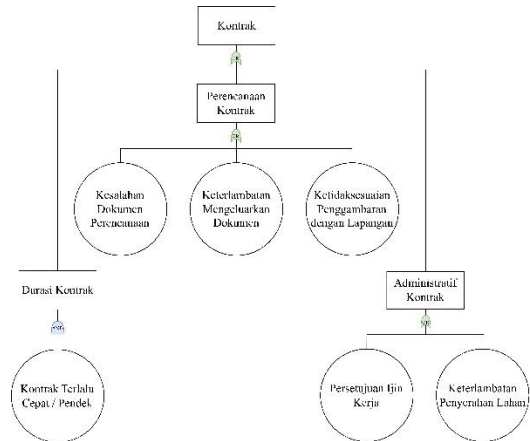
Gambar 2. Diagram FTA keterlambatan proyek faktor internal

Faktor Internal

Proyek Penataan Kawasan Dieng menghadapi kendala yang membuatnya tidak berjalan sesuai harapan, dengan masalah yang saling berkaitan dan menciptakan kompleksitas. Faktor utama penyebab kendala ini meliputi masalah kontrak, ketersediaan dan penggunaan material/peralatan, dan manajemen tenaga kerja. Faktor-faktor ini diidentifikasi melalui survei kuesioner kepada karyawan dan pekerja proyek. Dengan memahami dan mengatasi faktor-faktor ini,

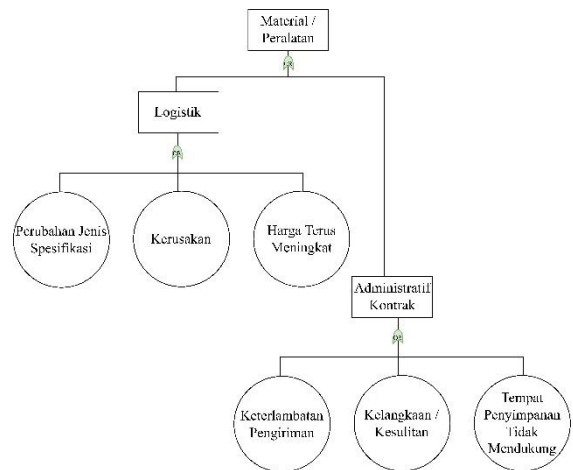
diharapkan proyek dapat berjalan lebih lancar dan efisien di masa mendatang.

Kontrak



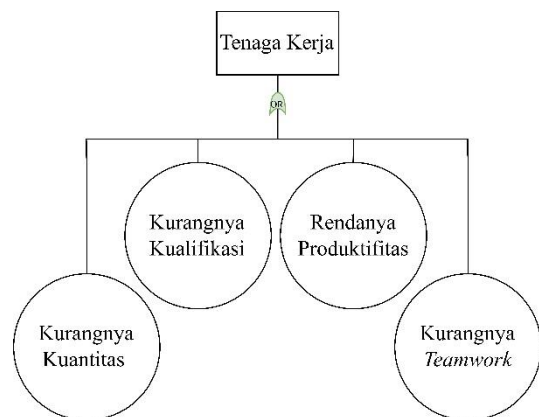
Gambar 3. Diagram FTA aspek kontrak

Material



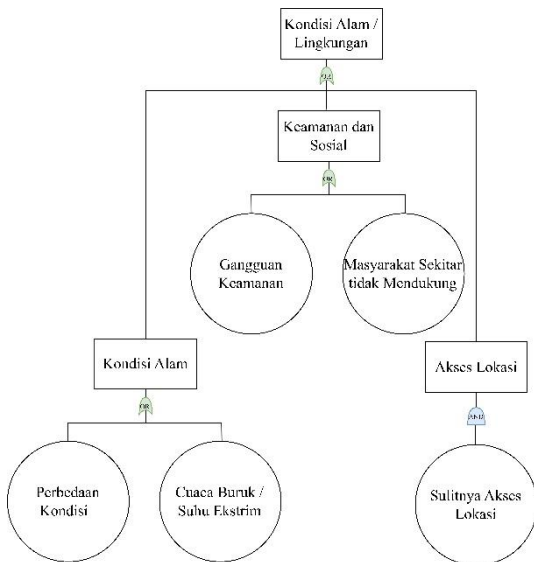
Gambar 4. Diagram FTA aspek material

Tenaga Kerja



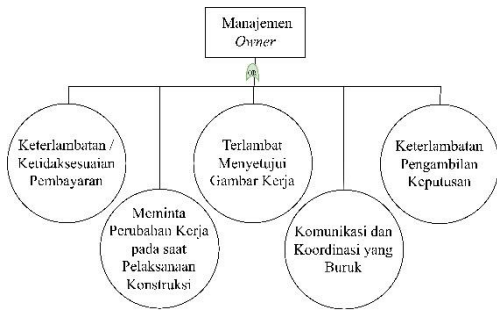
Gambar 5. Diagram FTA aspek tenaga kerja

Faktor Eksternal

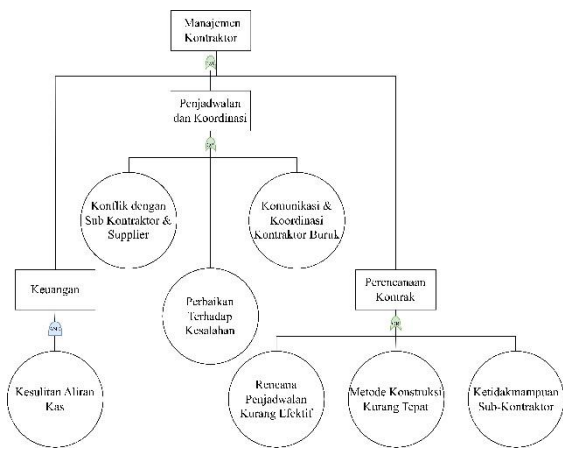


Gambar 6. Diagram FTA faktor eksternal

Faktor Manajemen



Gambar 7. Diagram FTA aspek manajemen owner



Gambar 6. Diagram FTA aspek manajemen kontraktor

Contoh Perhitungan nilai Probabilitas pada variabel A
 Probabilitas = Jumlah A1/Jumlah Total
 = 66/5040
 = 0,131

Tabel 3. Nilai Probabilitas

Kode	Indikator	Probabilitas
A1	Estimasi durasi kontrak terlalu cepat/pendek	0.0247
A2	Kesalahan dalam dokumen perencanaan	0.0363
A3	Keterlambatan dalam mengeluarkan dokumen perencanaan	0.0262
A4	Ketidaksesuaian antara penggambaran dengan representasi di lapangan	0.0449
A5	Persetujuan ijin kerja yang lama	0.0318
A6	Keterlambatan penyerahan/penyediaan lahan	0.0247
B1	Perubahan jenis dan spesifikasi material/peralatan/alat berat yang digunakan	0.0251
B2	Kerusakan material/peralatan/alat berat yang penting untuk dipakai	0.0348
B3	Harga barang-barang konstruksi secara berkesinambungan terus meningkat	0.0426
B4	Keterlambatan pengiriman material/peralatan/alat berat ke lokasi proyek	0.0378
B5	Kelangkaan atau kesulitan untuk mendapatkan material yang dibutuhkan	0.0385
B7	Tempat penyimpanan material/peralatan/alat berat tidak tersedia/kurang mendukung	0.0239
C1	Kurangnya tenaga kerja untuk menyelesaikan	0.0254
C2	Kualifikasi tenaga kerja yang kurang memenuhi standar	0.0344
C3	Rendahnya produktifitas yang dihasilkan oleh tiap tenaga kerja	0.0303
C4	Kerjasama tim yang kurang baik	0.0243
D1	Kondisi alam yang berbeda	0.0404
D2	Cuaca buruk di sekitar lokasi proyek (suhu terlalu tinggi atau rendah/hujan deras/bencana alam)	0.0456
D3	Gangguan keamanan selama proyek berlangsung	0.0273
D4	Respon masyarakat sekitar yang tidak mendukung adanya proyek	0.0367
D5	Akses menuju lokasi proyek yang sulit	0.0258
E1	Keterlambatan/ketidaksesuaian proses pembayaran	0.0258
E2	Meminta perubahan kerja selama masa pelaksanaan proyek konstruksi	0.0266
E3	Terlambat menyetujui gambar kerja (Working Drawing)	0.0269
E4	Komunikasi dan koordinasi owner yang buruk terhadap pihak lain	0.0165
E5	Keterlambatan dalam proses pengambilan keputusan untuk konstruksi	0.0344
F1	Kesulitan aliran kas keuangan pendanaan proyek dari kontraktor	0.0292
F2	Konflik penjadwalan dengan sub-kontraktor dan supplier dalam penyelesaian pekerjaan	0.0258
F3	Pekerjaan perbaikan terhadap kesalahan dalam pelaksanaan proyek	0.0311
F4	Komunikasi dan koordinasi kontraktor yang buruk terhadap pihak lain	0.0213
F5	Rencana penjadwalan pekerjaan yang tidak mengacu pada keefektifan kerja	0.0288
F6	Penerapan metode konstruksi yang tidak tepat dalam penyelesaian proyek	0.0281
F7	Ketidakmampuan sub-kontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan	0.0239

Cut Set

Setelah membuat diagram *Fault Tree Analysis* (FTA), langkah selanjutnya adalah menentukan cut set. Cut set merupakan kombinasi kegagalan pada kejadian dasar atau kombinasi pembentuk pohon kesalahan yang jika semuanya terjadi

Probabilitas dari masing-masing basic event pada proyek penataan kawasan Dieng didapatkan melalui kuesioner dengan responden yang terkait.

maka dapat menyebabkan peristiwa puncak terjadi.

Tabel 4 di bawah ini menjelaskan mengenai minimal cut set dari faktor internal yang diawali ketidaksesuaian penggambaran dan representasi di lapangan dengan probabilitas 0.0449 yang menjadi pilihan utama penyebab faktor keterlambatan dari internal.

Tabel 4. Minimal cut set faktor internal

Kode	Indikator	Probabilitas
A4	Ketidaksesuaian antara penggambaran dengan representasi di	0.0449
B3	Harga barang-barang konstruksi secara berkesinambungan terus	0.0426
B5	Kelangkaan atau kesulitan untuk mendapatkan material yang dibutuhkan	0.0385
B4	Keterlambatan pengiriman material/peralatan/alat berat ke lokasi proyek	0.0378
A2	Kesalahan dalam dokumen perencanaan	0.0363
B2	Kerusakan material/peralatan/alat berat yang penting untuk dipakai	0.0348
C2	Kualifikasi tenaga kerja yang kurang memenuhi standar	0.0344
A5	Persetujuan ijin kerja yang lama	0.0318
C3	Rendahnya produktifitas yang dihasilkan oleh tiap tenaga kerja	0.0303
A3	Keterlambatan dalam mengeluarkan dokumen perencanaan	0.0262
C1	Kurangnya tenaga kerja untuk menyelesaikan proyek	0.0254
B1	Perubahan jenis dan spesifikasi material/peralatan/alat berat yang digunakan	0.0251
A1	Estimasi durasi kontrak terlalu cepat/pendek	0.0247
A6	Keterlambatan penyerahan/penyediaan lahan	0.0247
C4	Kerjasama tim yang kurang baik	0.0243
B7	Tempat penyimpanan material/peralatan/alat berat tidak	0.0239
Total		0.5058

Tabel 5 di bawah ini menjelaskan mengenai minimal cut set dari faktor eksternal yang diawali cuaca buruk di sekitar lokasi proyek dengan probabilitas 0.0456 yang menjadi pilihan utama penyebab faktor keterlambatan dari eksternal.

Tabel 4. Minimal cut set faktor eksternal

Kode	Indikator	Probabilitas
D2	Cuaca buruk di sekitar lokasi proyek (suhu terlalu tinggi atau	0.0456
D1	Kondisi alam yang berbeda	0.0404
D4	Respon masyarakat sekitar yang tidak mendukung adanya proyek	0.0367
D3	Gangguan keamanan selama proyek berlangsung	0.0273
D5	Akses menuju lokasi proyek yang sulit	0.0258
Total		0.1758

Tabel 6 di bawah ini menjelaskan mengenai minimal cut set dari faktor manajemen yang diawali keterlambatan/ketidaksesuaian pembayaran dengan probabilitas 0.323 yang menjadi pilihan utama penyebab faktor keterlambatan dari manajemen.

Tabel 6. Minimal Cut Set Faktor Manajemen

Kode	Indikator	Probabilitas
E5	Keterlambatan dalam proses pengambilan keputusan untuk	0.0344
F3	Pekerjaan perbaikan terhadap kesalahan dalam pelaksanaan proyek	0.0311
F1	Kesulitan aliran kas keuangan pendanaan proyek dari kontraktor	0.0292
F5	Rencana penjadwalan pekerjaan yang tidak mengacu pada keefektifan kerja	0.0288
F6	Penerapan metode konstruksi yang tidak tepat dalam penyelesaian proyek	0.0281
E3	Terlambat menyetujui gambar kerja (Working Drawing)	0.0269
E2	Meminta perubahan kerja selama masa pelaksanaan proyek	0.0266
E1	Keterlambatan/ketidaksesuaian proses pembayaran	0.0258
F2	Konflik penjadwalan dengan sub-kontraktor dan supplier dalam penyelesaian pekerjaan	0.0258
F7	Ketidakmampuan sub-kontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan	0.0239
F4	Komunikasi dan koordinasi kontraktor yang buruk terhadap pihak	0.0213
E4	Komunikasi dan koordinasi owner yang buruk terhadap pihak lain	0.0165
Total		0.3184

Dari tabel 4. Hingga 6 di atas dapat diketahui masing-masing minimal cut set dari fault tree analysis (FTA). Untuk minimal cut set pada faktor internal memiliki probabilitas sebesar 0,505. Kemudian untuk minimal cut set pada faktor eksternal memiliki probabilitas sebesar 0,175 Sedangkan untuk minimal cut set pada faktor manajerial yang buruk memiliki probabilitas sebesar 0,318. Jadi jumlah total probabilitas minimal cut set untuk top event adalah:

$$T = C1 + C2 + \dots + Cn$$

$$T = C1 + C2 + C3$$

$$T = 0,505 + 0,175 + 0,318$$

$$T = 0,998$$

Tabel 7. Rekapitulasi cut set

No	Nama Kejadian	Probabilitas
1	Faktor Internal	0.505
2	Faktor Eksternal	0.175
3	Faktor Manajemen	0.318
Total		0.998

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA), faktor utama penyebab keterlambatan pada proyek Penataan Kawasan Dieng adalah faktor internal, eksternal, dan manajemen dengan total probabilitas keterlambatan sebesar 0,998.

REFERENCES

Analysa, D., Suhudi, S., & Rahma, P. D. (2019). Evaluasi keterlambatan Proyek Pembangunan Graha Mojokerto Service City (GMSC) dengan metode Fault Tree Analysis (FTA). *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil dan Tek. Kim.*, 4(2), 36.

Andi Maddeppungeng. (2023). Project delay analysis using Fault Tree Analysis (FTA) Method and Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Method (Case study of the Karian Rangkasbitung Dam Development Project). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 151-157.

Ciszewski, T., Nowakowski, W., & Łukasik, Z. (2018). *Failure evaluation of the level crossing protection*

- system based on fault tree analysis*. Lecture Notes in Network and Systems, 21, 107-115.
- Ciszewski, T., Nowakowski, W., & Łukasik, Z. (2020). A fault tree analysis-based method of railway traffic control systems safety assessment. *WUT Journal of Transportation Engineering*, 128, 49-57.
- Du, S., Wang, W., Gong, J., & Sun, L. (2023). A reliability analysis method based on fault tree analysis and analytic hierarchy process. *Security and Management in Modern Civil Engineering*, 2(1), 5-9.
- Erviyanto, W. I. (2008). Manajemen proyek konstruksi: Edisi revisi. Yogyakarta: Andi.
- Herawanto, B., Suripin, & Wulandari, D. A. (2023). Penilaian risiko kegagalan Bendungan Nglangon menggunakan metode Pohon Kejadian. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1), 48-57.
- Juanizar, A. R., Suripin, & Sriyana, I. (2022). Analisis probabilitas kegagalan bendungan pacal menggunakan metode Event Tree Analysis. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2).
- Kang, D.I. (2020). Study on construction of loss of component cooling water system initiating event fault tree for fire event PSA. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 57(1), 79-89.