

Pendampingan Mitigasi Risiko Keterlambatan Proyek Salvage Buoy dengan Fault Tree Analysis

Diterima:
23 Juni 2026
Revisi:
3 Juli 2026
Terbit:
16 Juli 2026

Tazkiya Mutia Yogasani, *Agus Ristono
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Abstrak— Latar Belakang: Proyek *salvage buoy* merupakan salah satu kegiatan operasi kelautan yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan operasional. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek apabila risiko yang muncul tidak teridentifikasi dan dikelola dengan baik. **Tujuan:** Pengabdian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang menyebabkan keterlambatan pada proyek *salvage buoy* kuning yang dilaksanakan di perairan Teluk Jakarta arah utara Muara Karang. **Metode:** Pengabdian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan proyek dan *Schedule Overrun Analysis* untuk mengukur tingkat deviasi antara durasi rencana dan durasi aktual proyek. Data diperoleh dari laporan pelaksanaan proyek selama periode 9–19 Desember 2025. **Hasil:** Hasil analisis menunjukkan bahwa proyek yang direncanakan selesai dalam waktu enam hari mengalami keterlambatan menjadi sepuluh hari, sehingga terjadi keterlambatan selama empat hari atau sebesar 66,67% dari durasi rencana. Analisis FTA menunjukkan bahwa keterlambatan proyek dipengaruhi oleh kombinasi beberapa faktor risiko operasional yang saling berhubungan. **Kesimpulan:** Keterlambatan proyek *salvage buoy* terjadi akibat adanya risiko operasional yang memengaruhi pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Penerapan FTA mampu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat yang berkontribusi terhadap keterlambatan sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi mitigasi risiko untuk meningkatkan ketepatan waktu pelaksanaan proyek sejenis pada masa mendatang.

Kata Kunci— Manajemen Risiko; Fault Tree Analysis; Schedule Overrun; Salvage Buoy

Abstract— Background: Salvage buoy projects are marine operations characterized by a high level of uncertainty due to environmental and operational factors. These conditions may lead to project delays if potential risks are not properly identified and managed. **Objective:** This study aims to identify the risk factors contributing to delays in the yellow salvage buoy project conducted in the waters of Jakarta Bay, north of Muara Karang. **Methods:** A descriptive quantitative approach was employed using Fault Tree Analysis (FTA) to identify the root causes of project delays and Schedule Overrun Analysis to measure deviations between planned and actual project durations. Data were obtained from project implementation records during the period of 9–19 December 2025. **Results:** The findings indicate that the project, initially planned for completion within six days, required ten days to complete, resulting in a four-day delay or a schedule overrun of 66.67% relative to the planned duration. The FTA results reveal that the delay was influenced by a combination of interrelated operational risk factors. **Conclusion:** The delay in the salvage buoy project was caused by operational risks affecting field activities. The application of FTA successfully identified the cause-and-effect relationships contributing to project delays and can serve as a basis for developing risk mitigation strategies to improve schedule performance in similar projects.

Keywords— Risk Management; Fault Tree Analysis; Schedule Overrun; Salvage Buoy

This is an open access article under the CC BY-SA License.



Penulis Korespondensi:

Agus Ristono,
Fakultas Teknik Industri,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,
Email: agus.ristono@upnyk.ac.id

I. PENDAHULUAN

Keterlambatan penyelesaian proyek masih menjadi salah satu tantangan utama dalam manajemen proyek karena dapat memengaruhi pencapaian target waktu, efisiensi penggunaan sumber daya, dan kinerja pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Keterlambatan proyek sering kali menyebabkan terganggunya aktivitas operasional serta berpotensi menimbulkan konsekuensi ekonomi bagi pemilik maupun pelaksana proyek (Purba, 2021). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan proyek dapat terjadi akibat kombinasi faktor teknis, manajerial, lingkungan, dan sumber daya yang saling berinteraksi selama pelaksanaan proyek (Ali et al., 2022; Purba, 2021). Berbagai studi menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti perencanaan yang kurang matang, keterbatasan tenaga kerja, gangguan peralatan, kondisi cuaca, serta perubahan kondisi lapangan merupakan penyebab dominan keterlambatan proyek pada berbagai sektor industri (Imantaka & Prabowo, 2024; Irfan et al., 2020; Rita et al., 2022). Oleh karena itu, identifikasi faktor risiko yang berpotensi menyebabkan keterlambatan menjadi bagian penting dalam proses pengendalian proyek agar penyimpangan terhadap jadwal dapat diminimalkan.

Objek pengabdian ini adalah proyek salvage buoy kuning yang dilaksanakan di perairan Teluk Jakarta, tepatnya di arah utara Muara Karang. Ini merupakan salah satu jenis proyek yang memiliki tingkat ketidakpastian relatif tinggi adalah proyek salvage atau pemulihan objek di wilayah perairan. Karena kondisi lingkungan yang dinamis menjadikan aktivitas operasional di laut lebih rentan terhadap ketidakpastian dibandingkan proyek pada lingkungan darat. Berbeda dengan proyek yang dilaksanakan pada lingkungan yang lebih terkendali, proyek salvage sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, gelombang laut, arus perairan, visibilitas bawah air, serta kesiapan personel dan peralatan operasional. Karakteristik tersebut menyebabkan proyek salvage memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi terhadap gangguan operasional dan keterlambatan penyelesaian pekerjaan (Reddy & Rao, 2022). Proyek tersebut bertujuan untuk melakukan pencarian, pengangkatan, dan pemindahan buoy yang berada di area perairan operasional. Berdasarkan jadwal kontrak, proyek direncanakan selesai dalam waktu enam hari. Namun pada pelaksanaannya proyek memerlukan waktu penyelesaian selama sepuluh hari sehingga terjadi keterlambatan selama empat hari dari durasi rencana. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya faktor-faktor risiko yang memengaruhi pelaksanaan proyek dan menyebabkan penyimpangan terhadap jadwal yang telah ditetapkan (Alsulamy et al., 2022).

Penelitian mengenai analisis keterlambatan proyek telah banyak dilakukan pada sektor konstruksi gedung, infrastruktur, dan manufaktur. Nugroho et al. (2019) menganalisis penyebab keterlambatan proyek Jetty di Pulau Waibalun, Flores Timur. Irfan et al. (2020) meneliti keterlambatan proyek bangunan di Pakistan karena sumber daya. Kolo et al. (2021) mengulas keterlambatan pekerjaan Jembatan Sungai Kambu. Purba (2021) meneliti faktor penentu utama

keterlambatan pada pekerjaan konstruksi pabrik Kawasan Cikarang. Untuk keterlambatana proyek konstruksi juga diteliti oleh Moirore & Muchelule (2023), namun untuk proyek knstruksi di kota Mombasa, Kenya. Imantaka & Prabowo (2024) membahas tentang penghambat proyek Flyover Grand Wisata. Berbagai penelitian tersebut diatas menunjukkan bahwa keterlambatan proyek banyak dipengaruhi oleh faktor cuaca, keterbatasan sumber daya, serta lemahnya identifikasi risiko pada tahap pelaksanaan. Namun demikian, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada analisis penyebab keterlambatan tanpa disertai kegiatan pendampingan kepada pelaksana proyek agar mampu melakukan identifikasi risiko secara mandiri. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) berupa pendampingan penggunaan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) kepada tim pelaksana proyek salvage buoy.

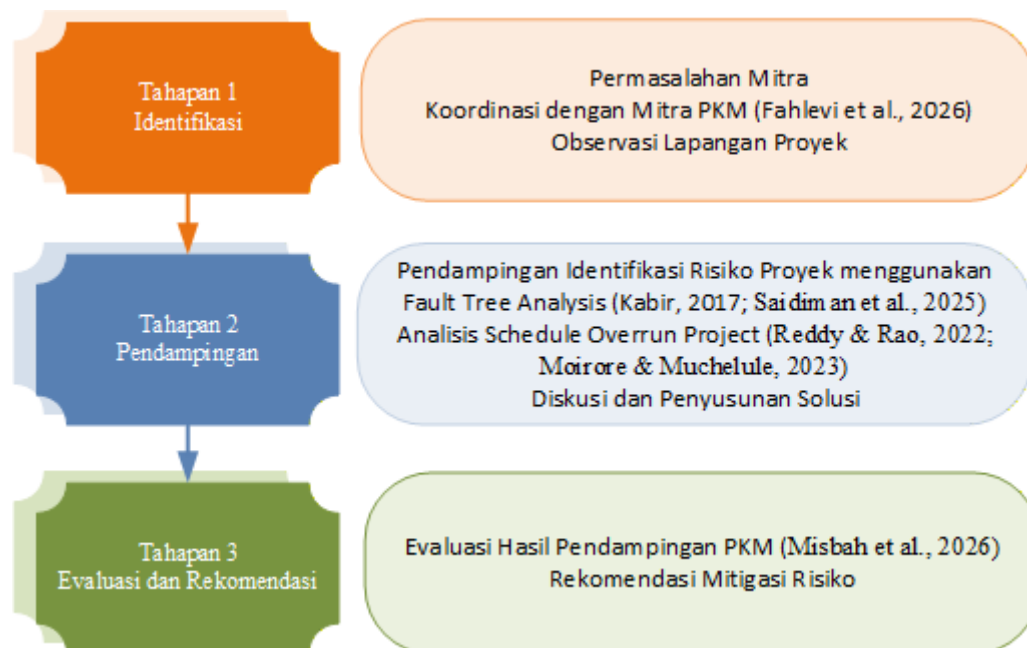
Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA merupakan metode analisis deduktif yang digunakan untuk menelusuri hubungan logis antara suatu kejadian yang tidak diinginkan dengan faktor-faktor penyebabnya hingga diperoleh penyebab dasar atau basic event (Kabir, 2017). Melalui pendekatan ini, hubungan sebab-akibat yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek dapat diidentifikasi secara sistematis sehingga mendukung penyusunan strategi mitigasi risiko yang lebih efektif. *Fault Tree Analysis* (FTA) telah banyak diterapkan untuk menganalisis risiko kegagalan pada sistem teknik, manufaktur, maupun proyek konstruksi (Saidiman et al., 2025). Namun, penelitian yang mengkaji keterlambatan proyek salvage di lingkungan operasi kelautan menggunakan pendekatan FTA masih relatif terbatas. Padahal karakteristik proyek salvage yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan laut memiliki tingkat ketidakpastian yang berbeda dibandingkan proyek pada sektor lainnya. Oleh sebab itu, tujuan PKM ini adalah memberikan pendampingan kepada tim pelaksana proyek salvage buoy dalam mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) sehingga mitra memiliki kemampuan melakukan analisis risiko secara sistematis sebagai dasar penyusunan strategi mitigasi risiko.

II. METODE

Mitra kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) adalah tim pelaksana proyek *salvage buoy* yang bertugas melaksanakan pekerjaan pencarian, pengangkatan, dan pemindahan buoy di wilayah Teluk Jakarta. Pengabdian dilakukan pada proyek *salvage buoy* kuning yang berlokasi di perairan Teluk Jakarta arah utara Muara Karang. Proyek ini bertujuan untuk melakukan pencarian, pengangkatan, dan pemindahan *buoy* dari lokasi perairan menuju area penyimpanan yang telah ditentukan. Berdasarkan jadwal kontrak, proyek direncanakan berlangsung selama enam hari kalender, yaitu mulai tanggal 10 Desember 2025 hingga 15 Desember 2025. Namun pada

pelaksanaannya proyek selesai pada tanggal 19 Desember 2025 sehingga terjadi keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Objek pengabdian difokuskan pada analisis keterlambatan proyek (*schedule overrun*) dan identifikasi faktor-faktor risiko yang berkontribusi terhadap keterlambatan tersebut. Pengabdian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari dokumen pelaksanaan proyek, meliputi: (1) Jadwal rencana proyek, (2) Jadwal aktual pelaksanaan proyek, (3) Laporan harian pekerjaan, (4) Dokumentasi kegiatan lapangan, dan (5) Catatan kendala dan hambatan selama pelaksanaan proyek. Data tersebut digunakan untuk menghitung tingkat keterlambatan proyek serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan.

Tahapan pelaksanaan PkM dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan pada Gambar 1, tahapan diawali dengan identifikasi permasalahan berupa keterlambatan penyelesaian proyek *salvage buoy*. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data jadwal rencana dan jadwal aktual proyek. Data tersebut digunakan untuk menghitung tingkat keterlambatan proyek melalui analisis *schedule overrun* (Reddy & Rao, 2022). *Schedule overrun* didefinisikan sebagai waktu tambahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dibandingkan waktu yang awalnya direncanakan (*baseline*) (Moirore & Muchelule, 2023). Berdasarkan data proyek, durasi rencana adalah 6 hari sedangkan durasi aktual mencapai 11 hari. Nilai *schedule overrun* digunakan untuk menggambarkan tingkat penyimpangan jadwal yang terjadi selama pelaksanaan proyek. Setelah tingkat keterlambatan diketahui, dilakukan identifikasi faktor-faktor risiko yang muncul selama pelaksanaan proyek. Faktor-faktor tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk memperoleh akar penyebab keterlambatan (Saidiman et al., 2025).



Gambar 1. Tahapan PkM

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode analisis deduktif yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dari suatu kejadian yang tidak diinginkan (Kabir, 2017). Pada pengabdian ini, kejadian puncak (*top event*) ditetapkan sebagai keterlambatan proyek *salvage buoy*. Penyusunan diagram FTA dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) Menentukan *top event* berupa keterlambatan proyek, (2) Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan berdasarkan laporan pelaksanaan proyek, (3) Mengelompokkan penyebab ke dalam *intermediate event* dan *basic event*, (4) Menyusun hubungan logika menggunakan gerbang AND dan OR, dan (5) Mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan proyek (Saidiman et al., 2025). Hasil FTA digunakan untuk mengetahui faktor-faktor risiko dominan yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyusunan strategi mitigasi risiko. Setiap aktivitas dilaksanakan secara berurutan sehingga keterlambatan pada satu tahapan berpotensi memengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Oleh karena itu, setiap aktivitas dianalisis sebagai sumber potensi risiko dalam penyusunan *Fault Tree Analysis*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan pertama

Tahapan ini sangat penting karena digunakan untuk memotret permasalahan yang ada pada mitra (Fahlevi et al., 2026). Proyek *salvage buoy* kuning dilaksanakan di perairan Teluk Jakarta bagian utara Muara Karang. Pekerjaan bertujuan untuk menemukan, mengangkat, dan memindahkan *buoy* menuju Pelabuhan Sunda Kelapa sebelum selanjutnya dibawa ke gudang penyimpanan. Kegiatan proyek meliputi mobilisasi personel, pengecekan peralatan, penyelaman pencarian *buoy*, pemasangan tali pengangkat, *towing buoy*, dan demobilisasi personel. Rangkuman laporan harian kegiatan dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, pelaksanaan proyek mengalami beberapa hambatan yang menyebabkan aktivitas tidak dapat berjalan sesuai rencana. Hambatan utama yang teridentifikasi adalah kondisi cuaca yang tidak mendukung serta waktu pencarian *buoy* yang lebih lama dari perkiraan. Kondisi tersebut mengakibatkan durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih panjang dibandingkan jadwal yang telah direncanakan dan selanjutnya dianalisis pada subbab berikutnya.

Analisis *schedule overrun* dilakukan untuk mengetahui tingkat keterlambatan yang terjadi selama pelaksanaan proyek *salvage buoy* kuning dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan (Dharmawan et al., 2023; Kolo et al., 2021; Nugroho et al., 2019). Keterlambatan proyek diukur berdasarkan selisih antara durasi rencana dan durasi aktual pelaksanaan pekerjaan (Sumanang & Rivai, 2021). Tabel 2 menyajikan tentang perbandingan durasi rencana dan aktual

proyek. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *schedule overrun* sebesar 83,33%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa durasi pelaksanaan proyek mengalami penambahan waktu sebesar 5 hari dibandingkan jadwal yang telah direncanakan. Dengan kata lain, proyek yang semula ditargetkan selesai dalam waktu 6 hari membutuhkan waktu aktual selama 11 hari untuk mencapai penyelesaian pekerjaan.

Tabel 1. Hasil Kegiatan Tahapan Observasi

Salvage Buoy Kuning		
No	Tanggal	Kegiatan
1	9/12/2025	Mobilisasi <i>crew</i>
2	10/12/2025	Pekerjaan dihentikan akibat kondisi cuaca yang tidak mendukung
3	11/12/2025	Penyelaman sekitar radius keliling 20 m dari koordinat perkiraan <i>buoy</i> , <i>diver</i> kembali ke <i>surface</i> (belum menemukan <i>buoy</i> kuning)
4	12/12/2025	Penyelaman sekitar radius keliling 30m dari koordinat perkiraan <i>buoy</i> (<i>diver</i> menemukan <i>bouy</i> kuning, <i>finishing</i> dan memastikan semua tali terpasang pada <i>buoy</i>)
5	13/12/2025	<i>Buoy</i> terangkat ke permukaan, <i>unsuccessful mobilization due to bad weather</i>
6	14/12/2025	<i>Standby due to bad weather</i>
7	15/12/2025	<i>Standby due to bad weather</i>
8	16/12/2025	<i>Buoy lifted, setting floater, towing buoy to Sunda Kelapa Port, Mobilization buoy to Gudang NR</i>
9	17/12/2025	Pencarian <i>buoy</i> hijau
10	18/12/2025	Pencarian <i>buoy</i> hijau, <i>bad weather</i>
11	19/12/2025	Demobilisasi <i>crew</i>

Tabel 2. Perbandingan Durasi Rencana dan Aktual Proyek

Uraian	Durasi (Hari)
Durasi Rencana	6
Durasi Aktual	11
Keterlambatan	5

Keterlambatan tersebut terlihat dari kronologi pelaksanaan proyek yang menunjukkan beberapa aktivitas tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal. Pada tanggal 10 Desember 2025 pekerjaan dihentikan akibat kondisi cuaca yang tidak mendukung. Selain itu, pada tanggal 11 Desember 2025 proses pencarian *buoy* belum berhasil menemukan objek pada lokasi perkiraan awal sehingga diperlukan perluasan area pencarian pada hari berikutnya. Hambatan kembali terjadi pada tanggal 13 Desember 2025 ketika proses pengangkatan *buoy* tidak dapat dilaksanakan akibat kondisi cuaca yang buruk. Selanjutnya, pada tanggal 14 dan 15 Desember 2025 pekerjaan juga tidak dapat dilanjutkan karena kondisi cuaca yang tidak aman untuk operasi *salvage* di laut.

Berdasarkan kondisi tersebut dapat diketahui bahwa keterlambatan proyek tidak hanya disebabkan oleh satu faktor tunggal, tetapi merupakan hasil kombinasi antara faktor lingkungan dan faktor operasional. Faktor lingkungan berupa cuaca buruk menyebabkan penghentian sementara pekerjaan selama beberapa hari, sedangkan faktor operasional berupa kesulitan dalam menemukan posisi *buoy* mengakibatkan bertambahnya durasi aktivitas penyelaman. Akumulasi kedua faktor tersebut menyebabkan proyek mengalami keterlambatan sebesar 5 hari atau 83,33% dari durasi rencana.

Tahapan kedua

Tahapan kedua adalah pendampingan kepada mitra dalam menerapkan metode (Sriyulianti et al., 2026). Dokumentasi selama proses pendampingan dapat dilihat pada Gambar 2. Metode yang digunakan dalam pendampingan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini adalah untuk mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan proyek secara sistematis. Berdasarkan hasil observasi terhadap pelaksanaan proyek *salvage buoy* kuning dan evaluasi kronologi pekerjaan, ditemukan beberapa faktor yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3. Faktor-faktor yang tersebut dalam Tabel 3, diidentifikasi dari aktivitas yang mengalami hambatan selama pelaksanaan pekerjaan. Berdasarkan hasil identifikasi, faktor cuaca buruk dan hambatan operasional merupakan faktor yang paling sering muncul selama pelaksanaan proyek. Faktor-faktor tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengetahui hubungan sebab-akibat yang menyebabkan keterlambatan proyek.

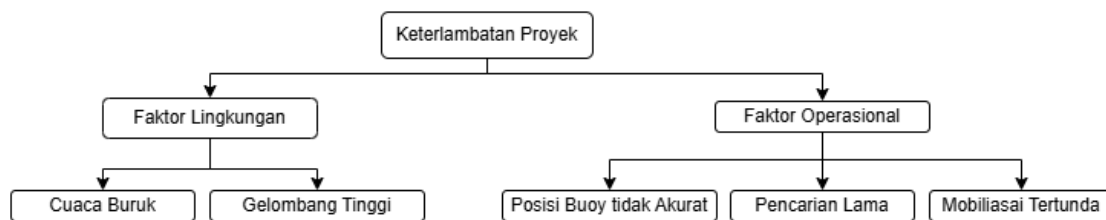


Gambar 2. Dokumentasi Pendampingan dari Tim PkM

Tabel 3. Hasil Tahapan Pendampingan

No	Faktor	Deskripsi
1	Cuaca buruk	Menyebabkan penghentian pekerjaan pada beberapa hari kerja
2	Mobilisasi tertunda	Pengangkatan dan <i>towing buoy</i> tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal
3	Ketidakpastian posisi <i>buoy</i>	Memperpanjang proses pencarian bawah air
4	Keterbatasan peralatan	Mengurangi efektivitas operasi <i>salvage</i>

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab keterlambatan proyek secara sistematis melalui hubungan logika antara kejadian puncak (*top event*) dan faktor-faktor penyebabnya. Dalam pengabdian ini, *top event* yang dianalisis adalah keterlambatan proyek *salvage buoy* kuning. Berdasarkan hasil identifikasi faktor penyebab keterlambatan, diperoleh dua kelompok faktor utama yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek, yaitu faktor lingkungan dan faktor operasional. Faktor lingkungan terdiri atas kondisi cuaca buruk yang menyebabkan penghentian pekerjaan selama beberapa hari. Sementara itu, faktor operasional terdiri atas ketidakpastian posisi *buoy* yang menyebabkan proses pencarian berlangsung lebih lama dari rencana, mobilisasi pengangkatan yang tertunda, serta keterbatasan peralatan pendukung operasi *salvage*. Gambar 3 menunjukkan struktur *Fault Tree Analysis* yang menggambarkan hubungan antara *top event* dan faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek. Berdasarkan pada Gambar 3, yang menjadi *top event* adalah keterlambatan proyek *Salvage Buoy* Kuning. Sedangkan, yang menjadi faktor lingkungan antara lain adalah cuaca buruk dan gelombang serta kondisi laut yang tidak aman. Adapun untuk faktor operasionalnya meliputi posisi *buoy* yang tidak sesuai koordinat perkiraan, proses pencarian *buoy* lebih lama dari rencana, dan mobilisasi pengangkatan (*lifting*) tertunda, serta keterbatasan peralatan pendukung.



Gambar 3. Struktur *Fault Tree Analysis*

Berdasarkan kronologi pelaksanaan proyek, faktor lingkungan merupakan penyebab yang paling dominan. Kondisi cuaca buruk menyebabkan penghentian pekerjaan pada tanggal 10 Desember 2025 serta menghambat proses pengangkatan *buoy* pada tanggal 13 hingga 15 Desember 2025. Kondisi tersebut mengakibatkan aktivitas *salvage* tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal yang telah direncanakan. Selain faktor lingkungan, faktor operasional juga memberikan kontribusi terhadap keterlambatan proyek. Pada tanggal 11 Desember 2025 penyelam belum berhasil menemukan *buoy* pada radius pencarian awal sehingga diperlukan perluasan area pencarian pada hari berikutnya. Hal ini menunjukkan bahwa ketidakpastian posisi *buoy* menyebabkan durasi pekerjaan penyelaman menjadi lebih panjang dibandingkan estimasi awal.

Tahapan ketiga

Hasil analisis FTA menunjukkan bahwa keterlambatan proyek tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh kombinasi faktor lingkungan dan operasional yang saling berkaitan. Hasil ini didukung dengan penelitian dari Nugroho et al. (2019), Irfan et al. (2020), dan Kolo et al. (2021). Faktor cuaca buruk menjadi penyebab utama keterlambatan, sedangkan kesulitan pencarian *buoy* dan hambatan mobilisasi memperbesar dampak keterlambatan terhadap durasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan durasi aktual proyek meningkat dari 6 hari menjadi 11 hari atau mengalami *schedule overrun* sebesar 83,33%. Berdasarkan hasil analisis tersebut, upaya mitigasi yang dapat dilakukan pada proyek sejenis antara lain penyusunan jadwal kerja yang mempertimbangkan kondisi cuaca, peningkatan akurasi data posisi objek sebelum operasi penyelaman, penyediaan peralatan cadangan, serta perencanaan mobilisasi yang lebih fleksibel. Penerapan langkah-langkah tersebut diharapkan dapat mengurangi risiko keterlambatan dan meningkatkan keberhasilan pelaksanaan proyek *salvage* pada masa mendatang. Sebagai bahan evaluasi pelaksanaan pendampingan ini, maka perlu dilakukan pengukuran kondisi setelah pendampingan yang dibandingkan dengan kondisi sebelum pendampingan (Misbah et al., 2026). Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel ini digunakan untuk melihat keberlanjutan program kedepannya.

Tabel 4. Hasil Tahapan Evaluasi

No	Aspek	Sebelum	Sesudah
1	Memahami penyebab keterlambatan	Rendah	Baik
2	Menyusun FTA	Belum mampu	Mampu
3	Mengidentifikasi risiko	Kurang sistematis	Sistematis
4	Menentukan mitigasi	Belum ada	Ada

Temuan PKM ini adalah pendampingan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* mampu membantu mitra mengidentifikasi faktor-faktor dominan penyebab keterlambatan *proyek salvage buoy* sehingga mitra memperoleh dasar dalam menyusun strategi mitigasi risiko. Hasil PKM ini sejalan dengan penelitian Kabir (2017) yang menjelaskan bahwa *Fault Tree Analysis* efektif digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu kejadian secara sistematis. Selain itu, hasil PKM ini juga didukung oleh penelitian Saidiman et al. (2025) yang menyatakan bahwa metode FTA mampu mengidentifikasi faktor risiko dominan pada proyek bawah laut sehingga mempermudah penyusunan tindakan mitigasi risiko.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan PKM dapat disimpulkan bahwa pendampingan penerapan *Fault Tree Analysis* berhasil meningkatkan kemampuan mitra dalam mengidentifikasi faktor-faktor

penyebab keterlambatan proyek salvage buoy secara sistematis. Temuan PKM menunjukkan bahwa faktor lingkungan dan faktor operasional merupakan penyebab dominan keterlambatan proyek. Mitra memperoleh pemahaman mengenai penyusunan diagram *Fault Tree Analysis* sebagai dasar penyusunan strategi mitigasi risiko. Kegiatan PKM selanjutnya disarankan mengembangkan pendampingan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) atau *Bow Tie Analysis* sehingga sistem manajemen risiko proyek menjadi lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R., Lakawa, I., Hawa, S., & Sufrianto, S. (2022). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Tedubara-Pising Kabupaten Bombana. *Sultra Civil Engineering Journal*, 3(1), 32–40. <https://doi.org/10.54297/sciej.v3i1.242>
- Alsulamy, S. (2025). Comparative analysis of deep learning algorithms for predicting construction project delays in Saudi Arabia, *Applied Soft Computing*, 172, 112890. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2025.112890>
- Dharmawan, R. D., Safarizki, H. A., & Firdausi, A. A. (2023). Evaluasi Efektivitas Keputusan Addendum Proyek Terhadap Waktu Pekerjaan Proyek Berbasis Earned Value Method. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 51–61. <https://doi.org/10.14710/jati.18.1.51-61>
- Fahlevi, M., Purnomo, B. E. P., Naibaho, B. M., & Ristono, A. (2026). Pengaruh Konsistensi Pasokan Bahan Baku Terhadap Efisiensi Produksi UMKM Kerupuk Pak Subur. *Communnity Development Journal*, 7(2), 1113-1116. <https://doi.org/10.31004/cdj.v7i2.55512>
- Imantaka, E., & Prabowo, A. (2024). Faktor – Faktor Penghambat Proyek Flyover Grand Wisata. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1), 357–362. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.24977>
- Irfan, M., Zahoor, H., Abbas, M., & Ali, Y. (2020). Determinants of labor productivity for building projects in Pakistan. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 3(2), 85–100. <https://doi.org/10.31462/jcemi.2020.02085100>
- Kabir, S. (2017). An overview of fault tree analysis and its application in model based dependability analysis. *Expert Systems with Applications*, 77, 114–135. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.058>
- Kolo, S., Mursidi, B., & Mustika, W. (2021). Tinjauan Pengaruh Keterlambatan Pekerjaan Jembatan Sungai Kambu. *Media Konstruksi*, 6(1), 49. <https://doi.org/10.33772/jmk.v6i1.22175>
- Misbah H, K. Putri P, R., Albar M.G., F., & Ristono, A. (2026). Perbaikan Sistem Supply pada UMKM Kelapa Parut Pak Sarkan Menggunakan Metode Reorder Point. *Archive*, 5(2), 493-504. <https://doi.org/10.55506/arch.v5i2.282>
- Moirore, M. A., & Mucheluli, Y. (2023). Project Schedule Management on Performance of Construction Projects in Mombasa County, Kenya. *Strategic Journal of Business & Change Management*, 10(2). <https://doi.org/10.61426/sjbcm.v10i2.2624>
- Nugroho, W. A., Yakin, K., Bustamin, M. O., & Weking, H. A. D. (2019). Analisis Pengaruh Keterlambatan Waktu Terhadap Biaya Menggunakan Earned Value Concept (Pada Proyek Jetty Di Pulau Waibalun, Flores Timur). *Narotama Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 25–40. <https://doi.org/10.31090/njts.v3i1.847>

- Purba, M. (2021). Faktor-Faktor Penentu Utama Keterlambatan Pada Pekerjaan Konstruksi Pabrik (Studi Kasus: Pabrik Kawasan Cikarang). *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 2(1), 1–11. <https://doi.org/10.51212/cen.v2i1.2758>
- Reddy, M. V., & Rao, H. (2022). Analysing the critical delay factors and delay in material supply for construction projects in India, *Materials Today: Proceedings*, 60(3), 1890-1897. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.529>
- Rita, E., Carlo, N., & Nandi. (2022). Penyebab Dan Dampak Keterlambatan Pekerjaan Jalan Di Sumatera Barat Indonesia. *Jurnal Rekayasa*, 11(1), 27–37. <https://doi.org/10.37037/jrftsp.v11i1.94>
- Saidiman, M., Jumara, A., Industri, T., & Teknologi, U. (2025). Analisis risiko bahaya pada proyek penggantian pipa bawah laut dengan metode HIRADC dan FTA. *KOLECER Scientific Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), 10–22. <https://doi.org/10.54564/jtsa.v20i2.90>
- Sriyulianti, P., Fadilah, A. N., Lestari, K., Nuraeni, I., Anggraeni, R., Kenisah, M. L. (2026). Pendampingan Perancangan Sistem Informasi Akuntansi untuk Meningkatkan Efektivitas Proses Bisnis UMKM Toko Beras Putra Jaya. *Kontribusi*, 7(1), 35-48. <https://doi.org/10.53624/Kontribusi.v7i1.927>
- Sumanang, I. R., & Rivai, I. (2021). Evaluasi Biaya dan Waktu dengan Earned Value pada Proyek Gedung Sportainment Telkom Corporate University Gegerkalong Bandung. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 20(2), 106–128.