

Analisis Keterlambatan Proyek pada Pembuatan Kapal *Tugboat* 27M dengan Metode *Fault Tree Analysis*

Nurul Fatimah Anwar^{*1}, Ari Wibowo[^], Roza Puspita^{*}

¹Politeknik Negeri Batam

^{*}Program Studi Teknik Mesin

[^]Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi Logam

Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461.

¹E-mail: nurulfanwar@gmail.com

Abstrak

Indonesia dikenal sebagai negara maritim karena merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan 17.508 pulau yang tersebar di seluruh wilayahnya. Keberadaan galangan kapal di Indonesia dianggap sebagai peluang besar dalam menciptakan lapangan kerja. Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berperan dalam terjadinya kegagalan. Pendekatan FTA bersifat top-down, dimulai dengan asumsi kegagalan dari suatu kejadian puncak (top event), kemudian merinci sebab-sebab suatu top event hingga mencapai akar penyebab (root cause). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi keterlambatan pembuatan Kapal *Tugboat* 27M dengan Metode Fault Tree Analysis, dengan batasan masalah mencakup analisis faktor lingkungan, ketersediaan material, dan kapasitas peralatan produksi yang menyebabkan keterlambatan proyek. Metodologi penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, dan pengumpulan data untuk memberikan arah yang jelas dalam memecahkan masalah dan meningkatkan efisiensi dalam kegiatan produksi. Pada 13 *cut set* yang di dapat maka dapat ditentukan bahwa faktor dari pengadaan material dan peralatan dapat mempengaruhi pekerjaan *procurement* sedangkan untuk faktor dari pekerja terbatas dan produktifitas pekerja dapat mempengaruhi proses *construction*. Dari hasil Reliability didapatkan hasil 0,978 dimana, hasil jika $\alpha > 0.90$ maka reliabilitas sempurna. Jika α antara 0.70 – 0.90 maka reliabilitas tinggi. Jika α 0.50 – 0.70 maka reliabilitas moderat. Jika $\alpha < 0.50$ maka reliabilitas rendah. Maka hasil dari analisis ini dikatakan masih layak atau dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: *Tugboat*, *Fault Tree Analysis*

Abstract

Indonesia is known as a maritime country because it is the largest archipelago in the world with 17,508 islands spread throughout its territory. The existence of shipyards in Indonesia is considered a great opportunity in creating jobs. Fault Tree Analysis (FTA) is used to identify factors that play a role in the occurrence of failures. The FTA approach is top-down, starting with the assumption of failure from a top event, then detailing the causes of a top event until it reaches the root cause. This study aims to determine the dominant factors affecting the delay in the manufacture of 27M *Tugboat* with the Fault Tree Analysis Method, with problem limitations including analysis of environmental factors, material availability, and production equipment capacity that cause project delays. The research methodology includes problem identification, literature study, and data collection to provide clear direction in solving problems and increasing efficiency in production activities. In the 13 *cut sets* obtained, it can be determined that the factors of material and equipment procurement can affect procurement work while the factors of limited workers and worker productivity can affect the construction process. From the Reliability results obtained 0.978 where, the results if $\alpha > 0.90$ then the reliability is perfect. If α is between 0.70 - 0.90 then reliability is high. If α is 0.50 - 0.70 then reliability is moderate. If $\alpha < 0.50$ then low reliability. Then the results of this analysis are said to be still feasible or can work well.

Keywords: *Tugboat*, *Fault Tree Analysis*

1 PENDAHULUAN

Indonesia diketahui sebagai negara maritim karena dikenal secara internasional sebagai negara kepulauan terbesar di dunia. Terdiri dari 17.508 pulau yang tersebar di seluruh wilayahnya, dari Sabang di ujung barat hingga Merauke di ujung timur. Sebagai negara dengan karakter maritim, Indonesia sangat bergantung pada transportasi laut, terutama kapal, untuk kegiatan perdagangan dan pariwisata. Keberadaan galangan kapal di Indonesia juga dianggap sebagai peluang besar dalam menciptakan lapangan kerja[1].

Galangan kapal merupakan fasilitas utama dalam industri perkapalan, dimana kapal-kapal dibangun, direparasi, dan dirawat. Proses konstruksi atau perbaikan kapal melibatkan serangkaian langkah, mulai dari perancangan hingga tahap penyelesaian. Di galangan kapal, beragam jenis material digunakan untuk membangun struktur kapal dan memasang sistem-sistem krusial seperti mesin, sistem listrik, dan navigasi. Dilanjutkan dengan serangkaian uji coba dan penyesuaian untuk memastikan kapal memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang telah ditetapkan sebelum akhirnya proses pengecatan dan penyelesaian akhir dilakukan. Peran penting galangan kapal dalam ekonomi global tercermin dari dampak signifikannya terhadap perdagangan dan industri lainnya. Pertumbuhan pesat ini terutama disebabkan oleh kuatnya permintaan dan kepercayaan terhadap produk dan layanan kepada Perusahaan. Galangan kapal tersebut didukung oleh berbagai fasilitas operasional, tenaga kerja terampil, dan lokasi konstruksi yang luas hingga berstandar internasional. Salah satu contohnya adalah galangan kapal yang beroperasi di Sagulung, Sekupan dan Tg. Riau, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau[2].

Penyebab keterlambatan proyek meliputi keterbatasan peralatan yang tersedia, material datang tidak sesuai jadwal, lingkungan yang tidak mendukung, banyak *manpower* yang tidak memenuhi *standart* perusahaan, Metode yang dapat berubah sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Penting untuk memastikan bahwa proyek selesai tepat waktu sesuai dengan target yang ditetapkan. Keterlambatan dalam proyek dapat menyebabkan peningkatan biaya karena perlu membayar denda kepada pemilik proyek sesuai dengan kesepakatan yang telah dibuat. Untuk memastikan penyelesaian proyek sesuai jadwal, dilakukan analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek.

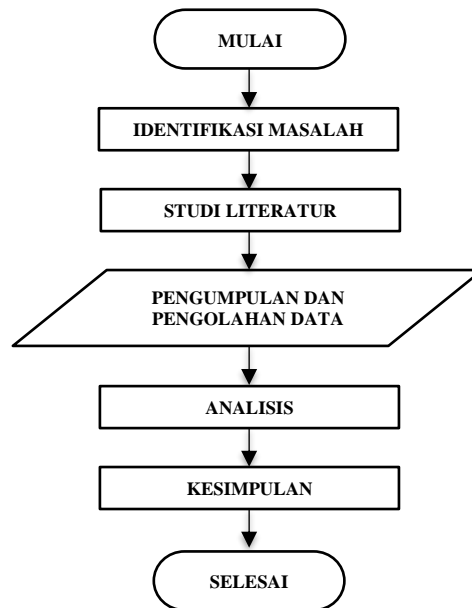
Penelitian ini menginvestigasi faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan proyek pembuatan Kapal *Tugboat 27M* menggunakan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)*. Metode FTA merupakan alat analisis yang efektif dalam mengidentifikasi kegagalan pada suatu sistem, termasuk keterlambatan dalam proyek. Keunggulan menggunakan metode FTA adalah kemampuannya untuk menemukan akar penyebab masalah, memberikan penjelasan yang rinci, dan mudah dipahami oleh pembaca[3].

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi keterlambatan Pembuatan Kapal *Tugboat 27M* dengan Metode *Fault Tree Analysis* dan mengetahui tindakan atau solusi yang dapat dilakukan terhadap faktor-faktor Keterlambatan Proyek yang terjadi dalam Pembuatan Kapal *Tugboat 27M*. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah menganalisa faktor lingkungan, pengadaan material, produktifitas pekerja, pekerja terbatas dan pengadaan peralatan produksi yang mengakibatkan keterlambatan proyek pembangunan kapal *Tugboat 27M*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berperan dalam terjadinya kegagalan. Pendekatan FTA bersifat *top-down*, dimulai dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari suatu kejadian puncak (*top event*), kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* hingga mencapai akar penyebab (*root cause*) yang mengidentifikasi berbagai cara terjadinya kegagalan, baik dari faktor fisik maupun manusia. FTA menggambarkan hubungan sebab-akibat antara peristiwa-peristiwa ini melalui diagram pohon[4]. Prinsip kerja FTA melibatkan langkah-langkah berikut:

1. Kegagalan Sistem / Kecelakaan: Identifikasi kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*) pada sistem, seperti kegagalan mesin atau kecelakaan dalam proses produksi.
2. Urutan Peristiwa: Gambarkan urutan peristiwa yang mengarah pada kegagalan sistem atau kecelakaan. Diagram pohon FTA menunjukkan bagaimana peristiwa-peristiwa ini terkait.
3. Gerbang Logika: Dalam pembuatan diagram FTA, gunakan gerbang logika seperti “AND” atau “OR”. Gerbang ini menggambarkan kontribusi beberapa peristiwa terhadap kegagalan sistem. Misalnya, kita bisa menggabungkan beberapa peristiwa dengan gerbang “AND” untuk menunjukkan bahwa semua peristiwa tersebut harus terjadi bersamaan agar menyebabkan kegagalan sistem[5]

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah serangkaian tahapan yang harus ditetapkan sebelum melakukan penelitian. Tujuan dari metodologi ini adalah agar penelitian dapat dilakukan dengan terarah dan mempermudah analisis permasalahan yang akan dipecahkan. Tahapan penelitian yang dilakukan penulis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart

Untuk memecahkan suatu masalah dalam melakukan penelitian maka dibutuhkan langkah - langkah sistematis dengan tujuan agar pendekatan dan model dari permasalahan tersebut dapat diuraikan. Langkah langkah tersebut adalah sebagai berikut:

- 2.1 Identifikasi Masalah, ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan keterlambatan proyek. Pertama, lingkungan memainkan peran penting, terutama ketika cuaca tidak menentu. Kedua, keterlambatan dalam penyediaan peralatan juga dapat menjadi masalah serius. Ketiga, material yang tidak tiba sesuai jadwal dapat mengganggu jalannya proyek, pekerja yang terbatas serta produktifitas pekerja yang dapat menghambat proyek tersebut berjalan. Selanjutnya, kekurangan stok dari bagian *workshop* yang akan digunakan di *yard* bisa menjadi hambatan. Barang yang harus dikembalikan karena tidak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan juga merupakan penyebab keterlambatan yang tidak diinginkan. Terakhir, kurangnya tenaga kerja yang sesuai dengan standar perusahaan juga dapat menghambat kemajuan proyek. Semua faktor ini dapat menyebabkan penundaan dalam penyelesaian proyek dan memerlukan solusi yang tepat untuk mengatasinya.
- 2.2 Pada Studi Literatur penulis menyimpulkan dari penelitian terdahulu dengan judul “Penilaian Risiko Operasional Proses Pembangunan Kapal Wisata Trimaran *Bottom Glass* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* dan Matrik Risiko pada PT.ABC”, dari jurnal tersebut terdapat kesimpulan bahwa dari analisa menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) diketahui kejadian utama atau *top event* yaitu keterlambatan pengerjaan proyek yang dipecah lagi menjadi 3 *intermediate event*. Pada 3 *intermediate event* dikembangkan lagi menjadi 4 *intermediate event*. Ke 4 *intermediate event* dikembangkan lagi untuk mengetahui kejadian dasar atau *basic event*, dan didapatkan 16 kejadian dasar atau *basic event* yang menjadi penyebab keterlambatan proyek pembangunan kapal Trimaran *Bottom Glass*[6]
- 2.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data, data yang dikumpulkan mencakup aspek-aspek yang terkait dengan ruang lingkup umum perusahaan serta data yang relevan dengan permasalahan yang sedang diteliti, seperti:
 - A. Identifikasi proses pembuatan produk. Merupakan langkah awal yaitu menggambarkan kegiatan produksi dari awal yang berlangsung dari proses *Raw Material* sampai menjadi *Finished Product*.
 - B. FTA (*Fault Tree Analysis*). Langkah - langkah yang dilakukan untuk pembuatan FTA (*Fault Tree Analysis*) adalah sebagai berikut :
 - a) Mendefinisikan *problem* dan *boundary condition* dari proses pembuatan produk. Membuat tabel yang mengklasifikasikan proses kegiatan produksi dan jumlah produk.
 - b) Pengkonstruksian *Fault Tree*, setelah mendefinisikan permasalahan yang menyebabkan kegagalan produk, selanjutnya membuat pohon kesalahan (*fault*

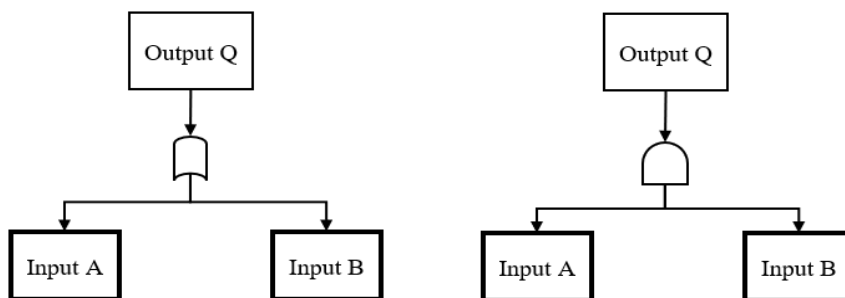
tree) yaitu suatu analisis secara sederhana yang dapat diuraikan sebagai suatu teknik analisis[7]

Tabel yang berisikan simbol untuk diagram umumnya digunakan untuk menyajikan informasi kompleks atau hubungan antar elemen secara visual. Berikut ini adalah penjelasan mengenai komponen-komponen tabel yang mengandung simbol untuk diagram dapat dilihat pada tabel berikut;

Tabel 1. Simbol *Fault Tree Analysis* [8]

Simbol	Arti
○	<i>Basic event.</i> Dasar inisiasi kesalahan yang tidak membutuhkan pengembangan yang lebih jauh.
◌	<i>Conditioning Event.</i> Kondisi <i>Specify</i> yang dapat diterapkan ke berbagai gerbang logika.
◇	<i>Undevelopment event.</i> <i>Event</i> yang tidak dapat dikembangkan lagi karena informasi tidak tersedia.
⏏	<i>External Event.</i> <i>Event</i> yang diekspektasikan muncul.
⌋	Gerbang <i>AND.</i> Kesalahan muncul akibat semua <i>input</i> masalah yang terjadi.
⌋	Gerbang <i>OR.</i> Kesalahan muncul akibat salah satu <i>input</i> masalah yang terjadi.

Berikut perbedaan antara Gerbang OR dan Gerbang AND dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. *Logic a).* Gerbang *OR* dan *logic b).* Gerbang *AND* [8]

2.4 Tahap ini berisi analisis hasil pengolahan data dengan menggunakan kombinasi metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil analisis kemudian akan digunakan untuk memberikan suatu usulan perbaikan untuk menekan tingginya kegagalan pada produksi pembuatan kapal baru.

2.5 Kesimpulan dan Saran Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya yang memiliki kaitan dengan penelitian ini, serta pihak-pihak yang berkepentingan dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dari suatu kegiatan produksi.

Dalam penelitian, teknik pengumpulan data merupakan faktor penting demi keberhasilan penelitian. Metode pengumpulan data merupakan teknik atau cara yang dilakukan untuk mengumpulkan data. Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah triangulasi sumber data sebagai berikut :

1. Observasi ini dilakukan dengan dua cara yaitu sebagai berikut :
 - a. Peserta Observasi, dalam observasi ini peneliti secara langsung terlibat dalam kegiatan sehari - hari orang atau situasi yang diamati sebagai sumber data.
 - b. Bukan Peserta Observasi merupakan observasi yang penulisnya tidak ikut secara langsung dalam kegiatan atau proses yang sedang diamati[9].
2. Wawancara (Interview), merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara pengumpul data maupun peneliti terhadap narasumber atau sumber data[10].
3. Dokumentasi, dalam hal ini penulis mengumpulkan data yang di dapat secara tidak langsung seperti dokumen atau arsip.

3 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Studi kasus yang diambil dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah proyek pembangunan kapal Tugboat 27M dengan nama *vessel* Prima 229. Gambar 3 dibawah merupakan contoh dari Kapal *Tugboat* 27M



Gambar 3. Kapal *Tugboat* 27M

Tabel 2 dibawah ini menunjukkan spesifikasi dari Kapal *Tugboat* 27M :

Tabel 2. Spesifikasi of *Tugboat* 27M

No	Spesification	Mark
1	<i>Lenght, oa</i>	27 m
2	<i>Beam, molded</i>	8.8 m
3	<i>Depth, molded</i>	4 m
4	<i>Draught</i>	3 m
5	<i>Gross tonnage</i>	245 GT
6	<i>Propeller</i>	Four-blade, 200 cm diameter
7	<i>Bollard pull</i>	29 tones
8	<i>Top speed</i>	15 knots
9	<i>Accommodation</i>	For 12 men

Tugas akhir ini membahas faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan proyek pembangunan kapal baru menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Proyek ini memiliki rencana awal sesuai dengan kontrak dengan pihak luar perusahaan pada akhir desember tahun 2023 sampai dengan awal bulan april tahun 2024. Berikut pada Tabel 2 merupakan rencana awal pembangunan kapal *Tugboat* 27M dengan Hull 1582.

Tabel 3 Aktivitas utama kapal *Tugboat*

Hull No	Dimension	Owner	Vessel Name	Milestone	Plan Date	Actual Date	Lateness
1590	TB 27M	PT. Maritim Prima Mandiri	Prima 229	Engineering	23/12/2023 - 79 days 28/03/2024	23/12/2023 - 79 days 28/03/2024	0 day
				Procurement	23/12/2023 - 208 days 04/09/2024	23/12/2023 - 216 days 20/09/2024	16 days
				Construction	27/02/2024 - 171 days 25/09/2024	05/03/2024 - 181 days 30/09/2024	10 days
				Launching	18/06/2024 - 2 days 20/06/2024	20/06/2024 - 4 days 24/06/2024	4 days
				Delivery			

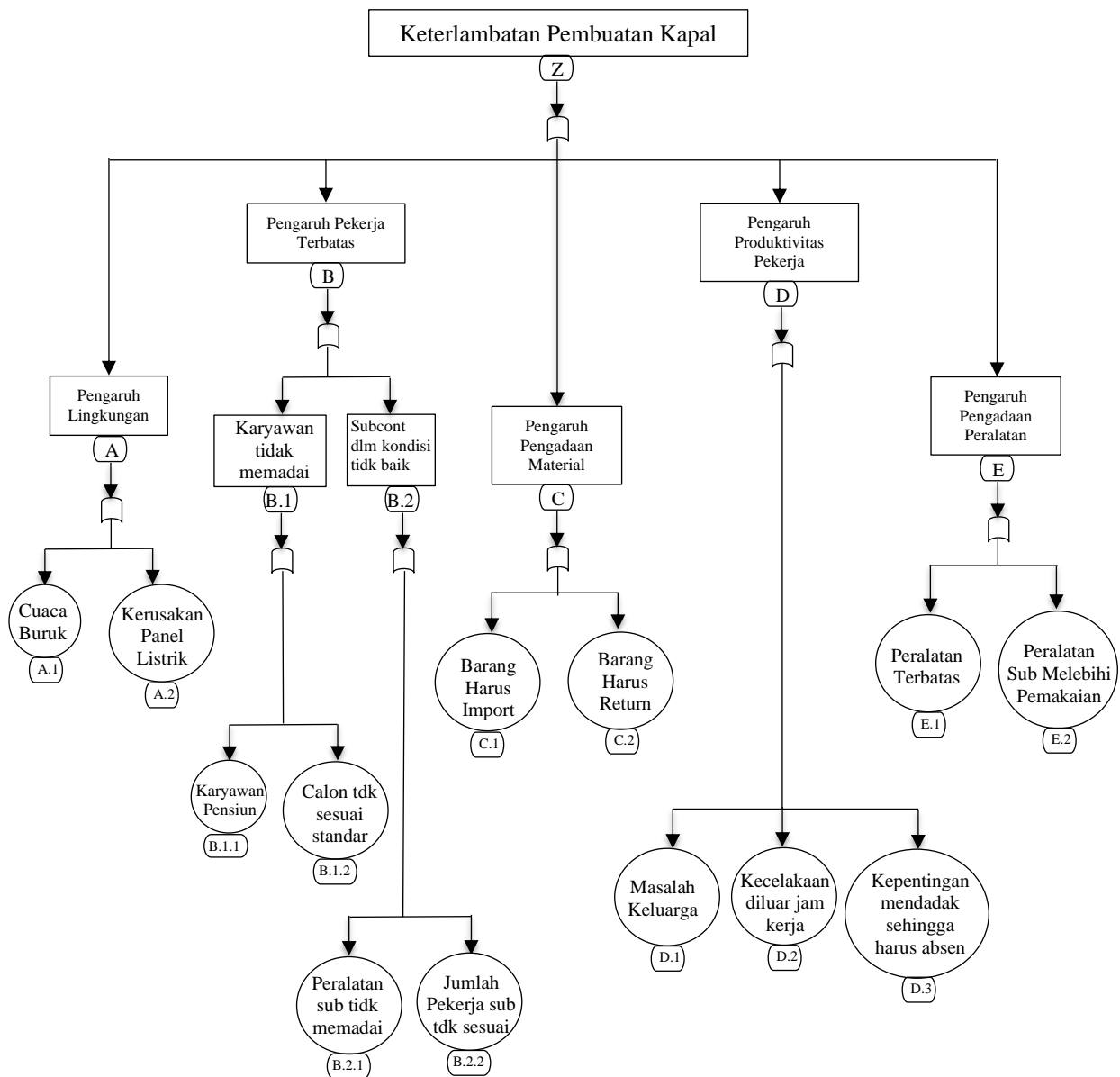
Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa aktivitas pembuatan kapal *Tugboat* dilaksanakan terbagi menjadi 3 bagian yaitu engineering, procurement, dan construction. Untuk kapal ini menghabiskan waktu pengerjaan 180 hari dimulai dari tanggal 23 desember 2023 sampai dengan 20 Juni 2024 dengan rencana awal kontrak pengerjaan memakan waktu 5 bulan 28 hari dari akhir desember 2023 sampai akhir bulan juni 2024. Namun di tengah perjalanan mengalami keterlambatan paling signifikan pada *procurement* dan *construction* maka pekerjaan pembuatan kapal *Tugboat* ini menjadi 184 hari dengan durasi 6 bulan 1 hari

dimulai dari tanggal 23 desember 2024 sampai dengan 24 juni 2024 Ini berarti dapat disimpulkan produksi kapal *Tugboat* ini mengalami keterlambatan selama 4 hari dari durasi kontrak awal.

Tabel 3 adalah major activities dari proses pembangunan proyek kapal *Tugboat 27M*. Dari data tersebut sangat jelas terlihat bagaimana keterlambatan proyek ini dari desain, pemesanan, hingga konstruksi. Keterlambatan yang terjadi disini adalah keterlambatan yang saling berkaitan satu sama lainnya karena dari permasalahan pada satu bidang diatas maka akan mempengaruhi permasalahan yang lain. Oleh karena itu penelitian ini akan berfokus pada bagian konstruksi pembuatan bangunan kapal *Tugboat 27M*.

3.2 Pengolahan Data Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Kapal Menggunakan FTA

Diagram Fault Tree Analysis (FTA) atau diagram pohon kesalahan adalah suatu metode analisa untuk mencari penyebab dari gagalnya suatu sistem dalam hal ini adalah keterlambatan proyek konstruksi kapal *Tugboat*. Disini akan dijelaskan secara menyeluruh mengenai penyebab gagalnya suatu sistem produksi kapal mulai dari penyebab Pengaruh lingkungan, Keterbatasan Pekerja, Pengadaan Material, Produktivitas Pekerja, dan Pengadaan Peralatan Penyebab keterlambatan Pembuatan kapal. Semua proses tersebut akan dijabarkan dalam bentuk akar diagram pohon kesalahan FTA sehingga nantinya dapat diketahui penyebab dasar permasalahannya dan probabilitas masing- masing akar permasalahan tersebut. Gambar 4 dibawah merupakan diagram dari *Fault Tree Analysis* Kapal *Tugboat 27M*.

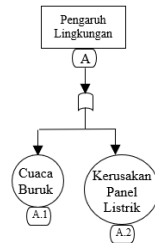


Gambar 4 Diagram Fault Tree Analysis

3.1. Proses Produksi Terganggu

Proses produksi terganggu disebabkan oleh beberapa hal yang saling berkaitan antara satu hal dan lainnya diantaranya adalah pengadaan material lama, Fasilitas peralatan kurang memadai, kondisi lingkungan kurang baik, pekerja terbatas, produktivitas pekerja kurang baik.

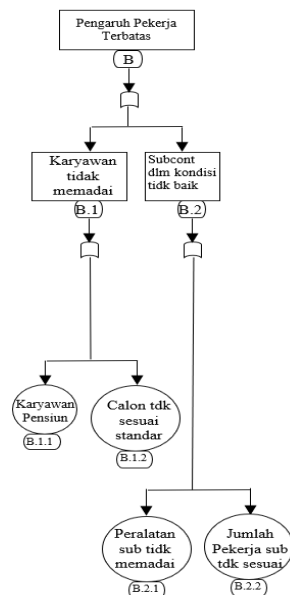
a. Pengaruh Lingkungan



Gambar 5. Faktor Pengaruh Lingkungan

Dari Gambar 5 diatas menjelaskan tentang kondisi lingkungan di sini bersifat relatif dan berkaitan dengan lingkungan kerja yang digunakan dalam proses produksi. Mati listrik akan menyebabkan penghentian sementara proses produksi, terutama di departemen yang sangat bergantung pada aliran listrik. Cuaca buruk yang pasti terjadi setiap musim hujan juga menyebabkan penundaan dalam proses produksi.

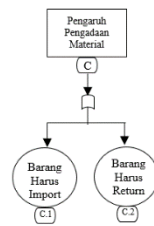
b. Pekerja Terbatas



Gambar 6. Faktor pekerja terbatas

Gambar 6 diatas menjelaskan bahwa faktor pekerja terbatas diperoleh melalui bagian sumber daya manusia dibagi menjadi 2 bagian yaitu karyawan tidak memadai dan *subcont* tidak dalam kondisi yang baik. Pada bagan karyawan terdapat 2 permasalahan dasar yaitu calon karyawan tidak sesuai dengan standar yang diminta perusahaan, banyak karyawan pensiun. Pada bagan sub kontraktor membahas jumlah tenaga kerja yang disediakan oleh perusahaan sub kontraktor kurang, peralatan sub kontraktor kurang baik. 4. Dari permasalahan diatas maka pekerja yang memadai dan sub kontraktor yang baik dapat membantu mempercepat produksi pembuatan kapal.

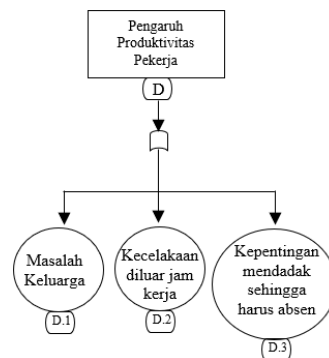
c. Pengadaan Material



Gambar 7. Faktor dari pengadaan material

Gambar 7 dapat menjelaskan bahwa pengadaan material mengalami keterlambatan disebabkan oleh beberapa faktor yang dijelaskan oleh bagian pengadaan barang yaitu faktor pemesanan barang ke luar negeri (impor) karena penyedia material lokal tidak memiliki daftar material yang akan digunakan untuk proses produksi, kualitas material kurang baik sehingga memerlukan pemesanan ulang disebabkan oleh beberapa material yang akan diproses dalam produksi terlebih dahulu melalui proses penyortiran dan pengecekan material apakah material tersebut sudah berstandar sesuai yang diharapkan oleh owner, dengan begini maka material yang akan digunakan dalam proses produksi mengalami kemunduran dari jadwal yang sudah ditetapkan.

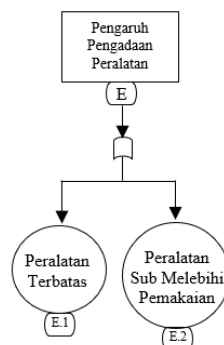
d. Produktivitas Pekerja



Gambar 8. Faktor dari produktivitas pekerja

Pada Gambar 8 diatas terdapat banyak hal yang dapat mempengaruhi produktivitas pekerja dalam menjalankan pekerjaannya, seperti permasalahan dalam keluarga yang dapat mengganggu konsentrasi pekerja, kecelakaan diluar jam kerja juga dapat mempengaruhi produktivitas pekerja, kepentingan mendadak juga tidak dapat dipungkiri dapat mengganggu produktivitas pekerjaan karena terkadang pekerja tersebut absen untuk tidak bekerja di hari itu. Dapat dilihat juga dari *master schedule* pada bagian *constuction* dan *pre fabrication* mengalami keterlambatan yang diakibatkan oleh produktivitas pekerja yang terganggu selama 10 hari dimana pada *Planning* dimulai tanggal 27 february 2024 sampai dengan 25 september 2024 namun pada aktual tanggal di mulai pada 05 maret 2024 sampai dengan 30 september 2024.

e. Pengadaan Peralatan



Gambar 9. Faktor dari pengadaan Material

Gambar 9 dapat menunjukkan beberapa faktor penyebab keterlambatan pengadaan peralatan. Fasilitas peralatan terbatas dan pemakaian melebihi batas menjadi faktor yang saling berkaitan dalam proses produksi. Jika peralatan digunakan melebihi batas maka akan mengalami kerusakan menjadi penyebab kerusakan peralatan. Fasilitas peralatan terbatas adalah ketersediaan peralatan di dalam suatu galangan, jika peralatan tersebut terbatas maka otomatis proses produksi terganggu. Dapat dilihat juga keterlambatan tersebut pada Tabel 2 dimana pada *procurement* / pengadaan material dan peralatan juga mengalami keterlambatan selama 16 hari yang seharusnya berakhir pada tanggal 04 september 2024 namun proses pekerjaan tersebut baru dapat selesai pada tanggal 20 september 2024

Tabel 4 Basic event atau cut set

No	No. Kejadian	Nama kejadian
1	A.1	Cuaca buruk
2	A.2	Kerusakan panel listrik
3	B.1.1	Banyak karyawan pensiun
4	B.1.2	Calon karyawan tidak sesuai standart perusahaan
5	B.2.1	Peralatan <i>Subcont</i> kurang memadai
6	B.2.2	Jumlah tenaga kerja yang diminta tidak sesuai
7	C.1	Barang tidak ada di pasar lokal/ <i>import</i>
8	C.2	Kualitas barang tidak bagus/ <i>return</i>
9	D.1	Permasalahan keluarga
10	D.2	Kecelakaan diluar jam kerja
11	D.3	Kepentingan mendadak sehingga harus absen
12	E.1	Fasilitas peralatan terbatas
13	E.2	Peralatan <i>subcon</i> melebihi batas pemakaian

Dari hasil *cut set* di atas maka didapat 13 kejadian dasar yang menyebabkan keterlambatan pembuatan kapal *Tugboat 27M*. Setelah dapat *minimal cut set* selanjutnya adalah menganalisis *fault tree* secara kuantitatif. Langkah pertama dalam menganalisis secara kuantitatif adalah dengan memakai sistem *Tracking*. *Tracking* adalah peninjauan hasil kerja lapangan dengan rencana pekerjaan semula. Hal ini bertujuan untuk membandingkan hasil progress rencana dengan progress aktual. Total pelaksanaan pembuatan kapal *Tugboat 27M* ini yang tertulis dalam kontrak adalah 180 hari kalender. Yang dimulai pada pada 23 desember 2023 sampai dengan 20 juni 2024. untuk pekerjaan persiapan dapat disebutkan bobot persentase 0% dikarenakan belum adanya proses pengerjaan.

Dari tabel 2, diketahui proyek mengalami keterlambatan *launching* selama 4 hari. Yang seharusnya selesai pada tanggal 20 Juni 2024 harus mundur sampai dengan tanggal 24 Juni 2024. dari proses *Tracking*, dicari laju kegagalannya.

- *failure rate* (Laju Kegagalan) :

$$\lambda(t) = f / T, \text{ dimana}$$

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

$$f = \text{Jumlah kegagalan selama waktu pengerjaan (hari)}$$

$$T = \text{Total waktu pengerjaan (hari)}$$

maka ;

$$\lambda(t) = 4 / 184 = 0,0217$$

- *Reability* (Fugsi Keandalan) :

Reliability atau nilai keandalan merupakan nilai 0 - 1 dimana nilai 1 menunjukkan 100 % sistem menjalankan fungsinya dan nilai 0 menunjukkan sistem mengalami kegagalan.

Dari hasil diatas, didapatkan reliabilitas pengerjaan pembangunan kapal sebesar

$$R = e^{-(0,0217)}$$

$$R = 0,978$$

Nilai reabilitas diatas menunjukkan bahwa kegagalan suatu sistem masih layak atau normal, sehingga sistem tersebut masih aman untuk dijalankan. Jika $\alpha > 0.90$ maka reliabilitas sempurna. Jika α antara 0.70 – 0.90 maka reliabilitas tinggi. Jika α 0.50 – 0.70 maka reliabilitas moderat. Jika $\alpha <$

0.50 maka reliabilitas rendah. Jika alpha rendah, kemungkinan satu atau beberapa item tidak reliabel. Dalam hal ini berarti, pekerjaan persiapan mengalami keterlambatan dalam batas normal sehingga penanganan untuk proyek selanjutnya masih dapat diatasi. Selain melakukan analisis kuantitatif pada pekerjaan, jumlah hari keterlambatan pada proses procurement dan construction menunjukkan bahwa tingkat kegagalan suatu sistem dapat memperlambat pembangunan kapal baru, sehingga dibutuhkan penanganan lebih untuk mengantisipasi keterlambatan proyek pembangunan kapal selanjutnya

4 KESIMPULAN

Pekerjaan yang mengalami keterlambatan adalah pekerjaan pengadaan material dan peralatan serta pekerjaan *construction*. Faktor yang dominan menyebabkan keterlambatan pada pekerjaan persiapan adalah keterlambatan Pengadaan. Sedangkan, penyebab yang dominan menyebabkan terlambatnya pekerjaan pengadaan dan pekerjaan *construction* adalah material tidak ada di pasar lokal dan material yang datang mengalami cacat produk dan tidak sesuai dengan *form order*. Selain itu, besar nilai keandalan dari pekerjaan persiapan adalah 0,978 maka dapat disimpulkan dari nilai keandalan tersebut masih dapat di golongkan bahwa sistem tersebut sebagai sistem yang berfungsi / tidak rusak.

Untuk mengatasi tantangan di lingkungan kerja, mulai dari kondisi yang tidak optimal hingga keterbatasan tenaga kerja, ada beberapa langkah yang bisa diambil. Pertama, perbaiki kondisi lingkungan kerja dengan evaluasi mendalam dan implementasi perubahan yang diperlukan untuk perlindungan dan desain yang lebih baik. Selanjutnya, perlu untuk mengelola alokasi pekerjaan dengan lebih efisien, memprioritaskan proyek-proyek yang krusial, dan mempertimbangkan outsourcing atau pelatihan tambahan bagi karyawan untuk meningkatkan fleksibilitas. Selain itu, untuk meningkatkan produktivitas, penting untuk mengidentifikasi hambatan-hambatan utama dan memberikan umpan balik yang terstruktur serta menerapkan sistem insentif yang efektif. Menghadapi keterlambatan dalam pengadaan material, langkah-langkah perbaikan perencanaan, diversifikasi sumber pasokan, dan pengelolaan persediaan yang lebih efisien menjadi kunci. Terakhir, untuk mengatasi keterlambatan peralatan, diperlukan pemeliharaan preventif yang terjadwal dan kesiapan dengan rencana darurat yang jelas untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap jadwal proyek. Dengan mengimplementasikan solusi-solusi ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan hasil akhir proyek secara keseluruhan.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, G., (1987), Mengatasi Keterlambatan Pada Penyelesaian Proyek Pembuatan Bangunan Kapal Di PT.DOK Dan PERKAPALAN SURABAYA, Skripsi, Universitas Airlangga.
- [2] Bonardo, K., S., (2021), Analisis Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) Dan FTA (Fault Tree Analysis), Skripsi, Universitas Sumatera Utara.
- [3] Nugroho, Susatyo. (2011). Analisa Penyebab Penurunan Daya Saing Produk Susu Sapi Dalam Negeri terhadap Susu Sapi Impor pada Industri Pengolahan.
- [4] Bassam M. D (2017), Analisa Resiko pada Kebocoran Pipa Bawah Laut dengan Metode *Hybrid Risk Analysis*. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [5] Kristiansen, Svein. (2005). *Maritime Transportation Safety Management Risk Analysis*. London: Great Britain.
- [6] Almaeda, F. I. (2022). Penilaian Risiko Operasional Proses Pembangunan Kapal Wisata Trimaran Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* dan Matrik Risiko pada PT.ABC. Jurnal Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- [7] Suhaeri. (2017). Analisa Pengendalian Kualitas Produk *Jumbo Roll* dengan Menggunakan Metode FTA (Fault Tree Analysis) dan FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) di PT Indah Kiat Pulp & Paper, Tbk. Skripsi, Universitas Mercu Buana
- [8] Kartika. W. Y., Harsono. A., Permata. G., (2016). Usulan Perbaikan Menggunakan Metode *Fault Mode And Effect Analysis* dan Metode *Fault Tree Analysis* Pada PT. Sygma Examedia Arkanleema. Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung. Reka Integra ISSN: 2338-5081. Vol.4 No.01.
- [9] Ismayani, A. (2019). Metodologi Penelitian, Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- [10] Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabet