|  |
| --- |
| <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>  |
| logoundipISSN 2338-0322 | **JURNAL TEKNIK PERKAPALAN**Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro |
| **Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan Penjadwalan Ulang dengan *Critical Path Method* (CPM) pada Kapal MT. Alice XXV di Galangan Semarang** *Sri Wahyuningsih1), Ir. Imam Pujo Mulyatno, MT1), Ir. Sarjito Joko Sisworo, M.Si.1)**1)Laboratorium Kapal-kapal Kecil dan Perikanan* *Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro* *Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275**\*)e-mail :* *sriwahyuningsih10@student.undip.ac.id**,* *imampujomulyatno@lecturer.undip.ac.id**, sarjitojokosisworo@lecturer.undip.ac.id* |

***Abstrak***

*Proyek reparasi MT. Alice XXV yang direncanakan selesai dalam 22 hari, namun dalam pelaksanaan lapangan proyek reparasi tersebut selesai dalam 33 hari. Sehingga proyek reparasi mengalami keterlambatan, metode untuk mendapat penyebab keterlambatan proyek reparasi yaitu Fault Tree Analisis (FTA). Selanjutnya menganalisa penjadwalan ulang dengan Critical Path Method (CPM). Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi kapal dan mendapatkan penjadwalan ulang dengan alternatif penambahan jam kerja dan alternatif penambahan tenaga kerja. Hasil analisa FTA mendapatkan basic event penyebab utama keterlambatan proyek reparasi yaitu penggunaan peralatan secara berlebihan dengan probabilitas sebesar 0,009321. Hasil penjadwalan ulang diperoleh percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam, mengalami percepatan durasi 21,25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 13,97% yaitu Rp. 93.000.000,00. Sedangkan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 1,35% yaitu Rp. 82.700.000,00. Sehingga dapat disimpulkan penjadwalan dengan alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif dan biaya tambahan yang dikeluarkan tidak terlalu besar.*

|  |
| --- |
| *Kata Kunci : Probability Value, Fault Tree Analysis, Reschedule, Critical Path Method* |

1. **PENDAHULAN**

Air laut bersifat sangat korosif dan merusak, sehingga kapal yang terus-menerus bersentuhan dengan laut mudah rusak. Hal ini mengharuskan kapal untuk menjalani perawatan rutin untuk menghindari kerusakan serius. Perawatan adalah memelihara kapal agar selalu dalam keadaan yang siap operasional dan dapat memenuhi jadwal pelayaran kapal yang telah ditentukan tepat pada waktunya [1].

Keterlambatan dalam pekerjaan reparasi kapal banyak disebabkan oleh beberapa faktor. Misalnya, keterlambatan *supply* material, pengaruh cuaca, jumlah pekerja yang terbatas, fasilitas galangan yang belum memadai, dan lainnya [2]. Semakin banyak *repair list* yang diberikan oleh *owner,* semakin sulit juga pihak galangan menyelesaikan semua pekerjaan sesuai dengan permintaan [3].

Reparasi kapal adalah suatu kegiatan yang dilakukan berkala untuk mengecek kondisi kapal yang jawalnya ditentukan oleh aturan kelas untuk tiap-tiap kapal [4]. Perbaikan kapal pada prinsipnya tidak selalu berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan perusahaan. Ini akan menunda proyek perbaikan kapal. Keterlambatan proyek perbaikan kapal dipengaruhi berbagai faktor. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

*Fault Tree Analysis* adalah teknik analisis sistem digunakan untuk menentukan akar penyebab permasalahan dan kemungkinan terjadinya kejadian tertentu yang tidak diinginkan. Model visual dari *Fault Tree Analysis* (FTA) disajikan dalam bentuk diagram hubungan sebab akibat suatu permasalahan [5].

Hasil penelitian Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom dengan Metode *Fault Tree Analysis* terdapat tiga *basic event* utama penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal antara lain peralatan kerja terbatas dengan nilai probabilitas 0,33196, peralatan jarang dirawat dengan nilai probabilitas 0,22502, dan jumlah tenaga kerja kurang dengan nilai probabilitas 0,12393. Untuk penjadwalan ulang dengan *Critical Path Method* didapatkan bahwa proyek dapat selesai dalam waktu 41 hari yang semula 101 hari [6].

Hasil penelitian Analisa Resiko pada Proses Bongkar Muat dengan Metode AHP dan FTA di PT. Jaya Abadi Maritim menghasilkan 4 faktor penyebab permasalahan yaitu *waiting time, pre-custom clearance, custom clearance, dan psot-custom clearance.* Dengan bobot tertinggi pada *waiting time* yaitu sebesar 0.741 [7].

Berdasarkan penelitian pada proyek reparasi kapal SPB Titan 70 PT. Samudera Marine Indonesia, dengan *Critical Path Method* menghasilkan nilai diagram *network planning* dengan 30 tenaga kerja mengalami keterlambatan menjadi 42 hari dengan 25 aktivitas kritis benilai *slack* nol dari target proyek yang dicapai adalah 32 hari. Maka proyek mengalami *crashing* menjadi 32 hari dan proyek diperkirakan terjadi penambahan pekerja sebanyak 52 tenaga kerja dengan 19 aktivitas kritis bernilai *slack* negatif [8].

Hasil penelitian KN. KUMBA di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera Semarang, dengan *Critical Path Method* menghasilkan nilai diagram *network planning* mengalami kemajuan 40 hari dari schedule proyek awal 50 hari. Setelah dilakukan penambahan jam kerja atau lembur mengalami kenaikan dari harga perusahaan sebesar 2,5% untuk pekerjaan induk dan 4% untuk pekerjaan tambahan. Dengan nominal sebesar Rp. 384.320.000,00 untuk pekerjaan induk dan Rp. 455.220.000,00 untuk pekerjaan tambahan [9].

Proyek reparasi kapal di galangan dalam pelaksanaannya sering kali tidak sesuai dengan jadwal yang telah dibuat pada awal kontrak. Metode *network planning* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan penjadwalan yang tepat pada proyek reparasi kapal yang dibantu *software Microsoft Project*. Dengan *software* tersebut akan didapatkan jalur kritis, *network diagram*, perhitungan sumber daya, dan biaya yang akan dikeluarkan untuk proyek reparasi kapal [10].

Dalam tugas akhir ini, penelitian difokuskan pada kapal milik PT. IEL atau MT. Alice XXV yang diperbaiki di galangan PT. JMI. Perusahaan ini tidak memiliki investigasi yang membahas keterlambatan proyek perbaikan kapal. Setelah didapatkan analisis, dilakukan *reschedule* dengan *Critical Path Method* (CPM). *Critical Path Method* merupakan suatu rangkaian item pekerjaan dalam sebuah proyek yang menjadi bagian kritis dalam terselesainya proyek secara keseluruhan [11].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk medapatkan faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal dengan metode *Fault Tree Analysis* dan mendapatkan penjadwalan ulang (*reschedule)* dengan *Critical Path Method* pada kapal MT. Alice XXV di galangan Semarang.

1. **METODE**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kualitatif dan kuantitatif. Masalah yang dianalisis berdasarkan kegiatan survei ditempat secara langsung.

* 1. **Subjek Penelitian**

Subjek penelitian Tugas Akhir ini yaitu menganalisis faktor penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal MT. Alice XXV yang didapatkan dari hasil pengamatan dan wawancara dari galangan berupa kuesioner. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengolah data kuesioner agar didapatkan diagram hubungan kausal penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal. Dari kuesioner juga dapat diketahui nilai probabilitas kegiatan dasar digunakan untuk menghitung nilai *minimal cut set.*

* 1. **Objek Penelitian**

Proyek perbaikan kapal MT. Alice XXV di galangan PT. JMI merupakan objek untuk penelitian Tugas Akhir ini. *Repair list* dan *schedule* kapal MT. Alice XXV dianalisis untuk mendapatkan durasi percepatan. Pengolahan data menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dengan alternatif penambahan tenaga kerja pada pekerjaan kritis.

Tabel 1. Ukuran Utama MT. Alice XXV

|  |  |
| --- | --- |
| **Dimensi** | **Ukuran** |
| LOA | 105,00 m  |
| LBP | 97,00 m  |
| B | 15,20 m  |
| D | 7,50 m  |
| d | 6,43 m  |
| DWT | 4.981,00 ton  |

* 1. **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data penelitian untuk penyusunan Tugas Akhir dilakukan di PT. Janata Marina Indah Semarang.

1. Pengamatan secara langsung dan wawancara digunakan untuk mendapatkan data primer berupa kuesioner. Data primer dari perusahaan meliputi *schedule,* *repair list,* dan *manpower.*
2. Data pendukung yaitu data sekunder guna untuk melengkapi penelitian berupa buku literatur, jurnal, artikel, dan penelitian sebelumnya untuk mempertimbangkan masalah dan solusi yang dibahas sebelumnya.
	1. **Pengolahan Data**

Tahapan pengolahan data untuk melakukan *reschedule* (penjadwalan ulang) berdasarkan analisis faktor penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis *schedule, repair list,* dan *manpower* pada proyek perbaikan kapal.
2. Melakukan pengamatan secara langsung dan wawancara untuk mendapatkan kegiatan yang mengalami keterelambatan dan faktor penyebabnya.
3. Membuat diagram FTA (*Fault Tree Analysis*) menggunakan data yang diperoleh dari pengamatan langsung dan wawancara.
4. Menghitung *minimal cut set* dari diagram analisa FTA untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan.
5. Menganalisis *main schedule* untuk melakukan penjadwalan ulang setelah didapatkan faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi kapal.
6. Membuat *reschedule* (penjadwalan ulang) dan menentukan durasi kegiatan proyek perbaikan kapal berdasarkan kondisi lapangan.
7. Menganalisis perhitungan kegiatan yang dimulai paling awal (*Early Start),* kegiatan yang paling awal selesai *(Early Finish),* dan perhitungan mundur untuk mendapat kegiatan yang paling lama dimulai (*Latest Start*), serta kegiatan yang selesai paling lama (*Latest Finish*) dari tiap pekerajaan.
8. Mengidentifkasi *network diagram* untuk mendapat jalur kritis.
9. Menentukan penjadwalan ulang yang memiliki durasi tersingkat berdasarkan pekerjaan yang dipercepat dengan opsi penambahan tenaga kerja.
10. Menentukan hubungan hasil analisis *fault tree analysis* dengan *critical path method.*
11. Membandingkan penjadwalan baru dengan kondisi lapangan sehingga didapatkan proyek perbaikan kapal dengan waktu yang optimal.
12. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan penelitian ini diperoleh dari pengolahan data primer dan data sekunder, sehingga diperoleh hasil berikut:

* 1. ***Fault Tree Analysis* (FTA)**
		1. **Langkah Menyusun FTA**
1. Mendefinisikan masalah dan menentukan batasan sistem yang di amati.
2. Membuat model FTA dengan menetapkan *top event* (kegiatan puncak), menentukan *intermediet event* dan hubungan terhadap *top event* menggunakan *logic gate* (gerbang logika), dilanjutkan sampai kegiatan *basic event* (kegiatan paling dasar)*.*
3. Menghitung *minimal cut set* berdasarkan analisa diagram FTA untuk menentukan kombinasi kesalahan yang menyebabkan kegiatan *top event* terjadi.
4. Menganalisis FTA dengan *direct numerical approach* (pendekatan perhitungan langsung) yang bersifat *bottom-up approach* (dari *basic event* ke *top event*) dengan menggunakan probabilitas tiap kegiatan. Perhitungan gabungan probabilitas tiap kegiatan dasar akan menghasilkan nilai probabilitas *intermediet event* hingga dicapainya *top event.*



Gambar 1. Diagram FTA Penyebab Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal MT. Alice XXV

* + 1. **Analisa Kualitatif FTA**

Analisis penyebab keterlambatan pada proyek perbaikan kapal MT. Alice XXV memiliki tiga *intermediet event* pada tingkat pertama yaitu proses *docking* terhambat, distribusi logistik, dan sistem manajemen.

Pada proses *docking* terhambat terdapat dua kegiatan dasar penyebab keterlambatan yaitu kepadatan lalu litas pelabuhan dan *docking* darurat kapal lain.

Untuk distribusi logistik memiliki tiga *intermediet event* pada tingkat kedua antara lain material belum untuk pekerjaan yang belum siap, peralatan dan perlengkapan yang kurang memadai untuk penunjang pekerjaan, dan terbatasnya jumlah pekerja pada perusahaan.

Penyebab material untuk pekerjaan yang belum siap yaitu material yang akan digunakan belum tersedia atau dijual secara bebas didalam negeri, sehingga perlu *import* material dari luar negeri untuk pemenuhan material yang dibutuhkan. Material yang belum diproduksi dalam negeri secara massal mengakibatkan harus melakukan inden material terlebih dahulu supaya mendapatkan material yang dibutuhkan. Akibat dari *import* dan inden material ini, terganggunya jadwal pelaksaanaan pekerjaan menjadi terganggu. Selain itu, pengiriman material terkadang mengalami kendala seperti stok barang digudang yang habis sehingga dibutuhkan waktu lama untuk pengiriman material atau terjadi kecelakaan ketika pengiriman material. Akibatnya membutuhkan waktu yang sangat lama untuk penyediaan material yang akan dikerjakan.

Peralatan dan perlengkapan merupakan fasilitas untuk melaksanakan pekerjaan, apabila fasilitas tersebut kurang memadai atau tidak sesuai dengan standar maka proses pengerjaan proyek akan terganggu. Faktor yang dapat mempengaruhi terganggunya proses pengerjaan proyek antara lain peralatan dan perlengkapan yang sangat terbatas dan mengalami kerusakan. Peralatan dan perlengkapan kerja yang rusak biasanya disebabkan kurangnya perawatan serta penggunaan yang tidak sesuai aturan dan berlebihan.

Jumlah pekerja yang terbatas adalah salah satu faktor penyebab terhambatnya pengerjaan proyek perbaikan kapal. Terbatasnya jumlah tenaga kerja disebabkan kurangnya tenaga kerja pada bagian tertentu, pembatasan penerimaan karyawan untuk posisi tertentu, dan kompetensi pekerja yang belum sesuai dengan posisi pekerjaan yang dijabat. Akibat dari jumlah tenaga kerja yang terbatas maka proses pengerjaan proyek kurang maksimal.

Sistem manajemen yang tidak tepat dapat menyebabkan terganggunya pelaksaan suatu pekerjaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem manajemen yaitu *plan schedule* yang tidak terlaksana dengan baik dikarenakan keberjalanan yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Minimya koordinasi dilapangan antara konsultan dengan perusahaan maupun owner sehingga terjadi perbedaan pendapat atau instruksi dalam pelaksanaan pekerjaan. Dalam pengendalian manajemen yang kurang bagus biasanya diakibatkan tidak terlaksananya kegiatan pengawasan pekerjaan dilapangan serta tidak dilakukan evaluasi pekerjaan yang telah selesai dilaksanakan atau dikerjakan. Faktor penyebab produk diterima dengan catatan biasanya ada penambahan volume pekerjaan atau hasil pekerjaan yang tidak sesuai dengan kesepakatan yang telah dibuat.

* + 1. **Analisa Kuantitatif *Minimal Cut Set***

Menganalisis FTA dengan hukum *logic gate* yang terdapat hukum probabilitas penjumlahan untuk (*OR Gate*) dan hukum probabilitas perkalian untuk (*AND Gate*). Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *minimal cut set*. *Minimal cut set* merupakan kombinasi peristiwa *basic event* penyebab terjadinya *top event.* Ketentuan probabilitas untuk *minimal cut set* disesuaikan dengan indeks frekuensi berikut:

Tabel 2. Indeks Frekuensi Berdasarkan Aturan DNV



Dari tabel tersebut, diperoleh probabilitas tiap *basic event* dari beberapa responden antara lain:

Tabel 3. Probabilitas *Basic Event*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kode** | **Nama Kejadian** | **Probabilitas** |
| X1 | Kepadatan lalu lintas pelabuhan. | 0.000537 |
| X2 | *Docking* darurat kapal lain. | 0.001081 |
| Y1.1 | Material belum belum ada di pasaran lokal. | 0.003381 |
| Y1.2.1 | Material *import.* | 0.002386 |
| Y1.2.2 | Material inden. | 0.002517 |
| Y2.1 | Peralatan terbatas. | 0.008326 |
| Y2.2.1 | Peralatan jarang dirawat. | 0.003925 |
| Y2.2.2 | Penggunaan peralatan secara berlebihan. | 0.009321 |
| Y3.1 | Keterbatasan jumlah tenaga kerja. | 0.003466 |
| Y3.2 | Pembatasan rekruitmen karyawan. | 0.002116 |
| Y3.3 | Kompetensi pekerja  | 0.005442 |
| Z1 | *Plan schedule* yang tidak terlaksana. | 0.002112 |
| Z2.1 | Kurang koordinasi antara konsultan dan perusahaan. | 0.000991 |
| Z2.2 | Kurang koordinasi antara konsultan dan *owner.* | 0.000991 |
| Z3.1 | Pengawasan pekerjaan tidak terlaksana. | 0.001288 |
| Z3.2 | Evaluasi pekerjaan yang tidak terlaksana. | 0.002517 |
| Z4 | Keberterimaan produk dengan catatan. | 0.002566 |

Data probabilitas selanjutnya dikalkulasi dengan kombinasi *minimal cut set* sebagai berikut:

Kombinasi *Cut Set* pada *OR Gate* :

T = C1 + C2 + ….. + Cn

P(T) = P (C1 ∪ C2 ∪ ….. ∪ Cn)

 = (P(C1)+ P(C2 ) + ….. + P(Cn)) –

 (P (C1 ∪ C2 ∪ ….. ∪ Cn))

Kombinasi *Cut Set* pada *AND Gate* :

T = C1 \* C2 \* ….. \* Cn

P(T) = P (C1 ∩ C2 ∩ ….. ∩ Cn)

 = (P(C1)\* P(C2 ) + ….. \* P(Cn))

Dimana: **T** = Hasil *minimal cut set*

 **P(Cn)** = Probabailitas untuk *event* Cn



Gambar 2. Diagram FTA Pekerjaan X

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

T = X1 + X2

P(T) = (P(X1)+ P(X2 )) – (P (X1 \* X2)

Hasil kombinasi *minimal cut set* pada pekerjaan X adalah 0.001618.



Gambar 3. Diagram FTA Pekerjaan Y

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

T = Y1 + Y2 + Y3

P(T) = (P(Y1)+ P(Y2 ) + P(Y3 )) – (P (Y1 \* Y2 \* Y3)

 = ((P(Y1.1)+ P(Y1.2 )) + ((P(Y2.1)+ P(Y2.2 )) + ((P(Y3.1)+ P(Y3.2 ) + P(Y3.2 ))) – (P (Y1.1 \* (Y1.2.1 \* Y1.2.2) \* Y2.1 \* (Y2.2.1 \* Y2.2.2) \* (Y3.1 \* Y3.2 \* Y3.3)

Hasil kombinasi *minimal cut set* pada pekerjaan X adalah 0.04088.

 

Gambar 4. Diagram FTA Pekerjaan Z

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

T = Z1 + Z2 + Z3 + Z4

P(T) = (P(Z1)+ P(Z2 ) + P(Z3 ) + P(Z4 )) – (P (Z1 \* Z2 \* Z3 \* Z4)

 = (P(Z1)+ ((P(Z2.1)+ P(Z2.2 )) + ((P(Z3.1)+ P(Z3.2 )) + P(Z4)) – (P (Z1)\* (Z2.1 \* Z2.2) \* (Z3.1 \* Z3.2) \* Z4)

Hasil kombinasi *minimal cut set* pada pekerjaan X adalah 0.010465.

Jadi jumlah total probabilitas kombinasi *minimal cut set* untuk *Top Event* yaitu :

TE = X + Y + Z

 = 0.001618 + 0.04088 + 0.010465

 = 0.052963

Berdasarkan nilai *top event* tersebut sesuai dengan tabel indeks frekuensi maka *basic event* terjadi dalam rentang lima kali tiap kegiatan proyek reparasi. Sehingga *basic event* dalam kejadian tersebut masuk dalam kategori penilaian secara wajar yang terjadi pada tiap kegiatan proyek reparasi kapal.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Probabilitas *Minimal Cut Set*

Kegiatan Distribusi Logistik memiliki probabilitas lebih tinggi dari Proses Pra Docking dan Sistem Manajemen. Hal ini disebabkan proses perbaikan kapal meliputi berbagai macam hal mulai dari kegiatan pekerjaan hingga kegiatan penyediaan barang. Sehingga hal tersebut menghambat proses proyek perbaikan kapal.

Dari analisis *Fault Tree Analysis* dapat diketahui faktor utama dalam keterlambatan perbaikan kapal ini yaitu peralatan kerja yang terbatas dengan nilai probabilitas sebesar 0,008326 serta penggunaan peralatan tidak sesuai aturan dan melebihi batas dengan nilai probabilitas sebesar 0,009321. Setelah diketahui faktor penyebab keterlambatan proses reparasi kapal maka dilakukan penjadwalan untuk mengetahui alternatif yang dapat mengatasi keterlambatan proyek reparasi kapal tersebut.

* 1. **Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan adalah mengalokasikan waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pekerjaan, dengan mempertimbangkan kendala untuk mencapi hasil optimal.

Aktifitas pekerjaan yang terstruktur dapat membuat pekerjaan berjalan sesuai yang direncanakan. Dengan *software Microsoft Project* untuk penjadwalan ulang pekerjaan perbaikan kapal, setelah mengidentifikasi jenis pekerjaan kemudian menentukan *predecessor* untuk diinput sehingga akan diketahui pekerjaan yang memiliki jalur kritis.

Tabel 4. Pekerjaan Utama Perbaikan

MT. Alice XXV

|  |  |
| --- | --- |
| **Aktivitas** | **Durasi (Hari)** |
| Tunda Pandu, Tambat  | 1 |
| Penyaluran Listrik  | 32 |
| Pemadam  | 32 |
| Alat Keselamatan  | 32 |
| Pelayanan Crane Darat  | 18 |
| Perancak  | 16 |
| Cleaning  | 25 |
| Perpipaan  | 19 |
| Pompa-pompa  | 16 |
| Copot Valve  | 4 |
| Service Valve  | 3 |
| Docking  | 1 |
| Scrap Bottom  | 9 |
| Blasting Bottop  | 9 |
| UT  | 2 |
| Replating  | 20 |
| Service Sea Chest  | 12 |
| Pasang Zinc Anoda  | 3  |
| Cat Draft | 2 |
| Jangkar  | 7 |
| Shafting  | 13 |
| Propeller | 16 |
| Kemudi | 9 |
| Air Ballast  | 2 |
| Undocking  | 1 |
| Sea Trial  | 1 |

* + 1. ***Critical Path Method***

Metode jalur kritis digunakan untuk menentukan jalur tercepat dalam menjalankan suatu proyek, jalur ini tidak diberikan jeda waktu istirahat dalam pengerjaannya dengan mempertimbangkan durasi dan jumlah fleksibilitas jadwal.

Tabel 5. Ketergantungan dan Durasi Pekerjaan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **Durasi (Hari)** | **Ketergantungan**  |
| Tunda Pandu, Tambat | 1 | A (SS) |
| Penyaluran Listrik  | 32 | A (SS) |
| Pemadam  | 32 | A (SS) |
| Alat Keselamatan  | 32 | A (SS) |
| Pelayanan Crane Darat  | 18 | A |
| Perancak  | 16 | A |
| Cleaning  | 25 | A (FS1) |
| Perpipaan  | 19 | A |
| Pompa-pompa  | 16 | A (FS3) |
| Copot Valve  | 4 | A (SS3) |
| Service Valve  | 3 | J (FS1) |
| Docking  | 1 | K (FS1) |
| Scrap Bottom  | 9 | L (SS) |
| Pengecatan | 9 | L (SS) |
| UT  | 2 | M (SS1) ; N (SS1) |
| Replating  | 20 | O (SS-3) |
| Service Sea Chest  | 12 | L |
| Pasang Zinc Anoda  | 3 | L |
| Cat Draft | 2 | P (FS-2) |
| Jangkar  | 7 | J |
| Shafting  | 13 | L (SS) ; U (FS-2) |
| Propeller | 16 | V (SS) |
| Kemudi | 9 | W (SS) |
| Air Ballast  | 2 | T (SS) ; S (SS+1) |
| Undocking  | 1 | Y (FS-1) |
| Sea Trial  | 1 | Z ; B (FF); C (FF); D (FF); E (FF); G (FF); I (FF); J (FF); Q (FF); X (FF) |

* + 1. ***Network Planning***

*Network planning* pada prinsipnya aadalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambar atau divisualisasikan dalam *network diagram*. Penyususnannya dilakukan secara sitematis dengan menentukan *predecessor* dan *successor* tiap kegiatan.

Selanjutnya menentukan perhitungan *Early Start* (ES), *Early Finish* (EF), *Latest Start* (LS), *Latest Finish* (LF) terhadap semua pekerjaan dalam *network diagram* untuk menghitung total s*lack* sehingga didapatkan lintasan kritis.

Tabel 6. Perhitungan ES, EF, LS, LF

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **ES** | **EF** | **LS** | **LF** |
| Tunda Pandu, Tambat  | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Penyaluran Listrik  | 0 | 32 | 1 | 33 |
| Pemadam  | 0 | 32 | 1 | 33 |
| Alat Keselamatan  | 0 | 32 | 1 | 33 |
| Pelayanan Crane Darat  | 1 | 19 | 15 | 33 |
| Perancak  | 1 | 17 | 17 | 33 |
| Cleaning  | 2 | 27 | 2 | 27 |
| Perpipaan  | 1 | 20 | 14 | 33 |
| Pompa-pompa  | 4 | 20 | 17 | 33 |
| Copot Valve  | 3 | 7 | 3 | 7 |
| Service Valve  | 8 | 11 | 8 | 11 |
| Docking  | 12 | 13 | 12 | 13 |
| Scrap Bottom  | 12 | 21 | 12 | 21 |
| Blasting Bottop  | 12 | 21 | 12 | 21 |
| UT  | 13 | 15 | 13 | 15 |
| Replating  | 10 | 30 | 10 | 30 |
| Service Sea Chest  | 13 | 25 | 21 | 33 |
| Pasang Zinc Anoda  | 13 | 16 | 29 | 32 |
| Cat Draft | 28 | 30 | 28 | 30 |
| Jangkar  | 7 | 14 | 15 | 22 |
| Shafting  | 12 | 25 | 20 | 33 |
| Propeller | 12 | 28 | 17 | 33 |
| Kemudi | 12 | 21 | 24 | 33 |
| Air Ballast  | 30 | 32 | 30 | 32 |
| Undocking  | 31 | 32 | 31 | 32 |
| Sea Trial  | 32 | 33 | 32 | 33 |

* + 1. **Pristiwa Kritis, Kegiatan Kritis, dan Lintasan Kritis**

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggat waktu dimana saat paling awal (SPA) sama dengan saat paling akhir (SPL) atau SPL – SPA = 0.

Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sensitif terhadap keterlambatan, sehingga apabila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja maka durasi proyek akan mengalami keterlambatan dari jadwal yang sudah direncanakan. Kegiatan kritis biasanya terletak diantara dua peristiwa kritis. Namun diantara dua peristiwa kritis belum tentu terdapat kegiatan kritis.

Lintasan kritis adalah jalur yang memiliki lintasan pelaksanaan paling panjang yang menentukan lamanya penyelesaian jaringan kerja. Dengan mengetahui lintasan kritis dapat ditentukan prioritas pekerjaan yang memiliki tingkat sensitifitas tinggi terhadap keterlambatan.

Tabel 7. Total Slack

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **EF** | **LF** | **Slack** |
| Tunda Pandu, Tambat  | 1 | 1 | 0 |
| Penyaluran Listrik  | 32 | 33 | 1 |
| Pemadam  | 32 | 33 | 1 |
| Alat Keselamatan  | 32 | 33 | 1 |
| Pelayanan Crane Darat  | 19 | 33 | 14 |
| Perancak  | 17 | 33 | 16 |
| Cleaning  | 27 | 27 | 0 |
| Perpipaan  | 20 | 33 | 13 |
| Pompa-pompa  | 20 | 33 | 13 |
| Copot Valve  | 7 | 7 | 0 |
| Service Valve  | 11 | 11 | 0 |
| Docking  | 13 | 13 | 0 |
| Scrap Bottom  | 21 | 21 | 0 |
| Blasting Bottop  | 21 | 21 | 0 |
| UT  | 15 | 15 | 0 |
| Replating  | 30 | 30 | 0 |
| Service Sea Chest  | 25 | 33 | 8 |
| Pasang Zinc Anoda  | 16 | 32 | 16 |
| Cat Draft | 30 | 30 | 0 |
| Jangkar  | 14 | 22 | 8 |
| Shafting  | 25 | 33 | 8 |
| Propeller | 28 | 33 | 5 |
| Kemudi | 21 | 33 | 12 |
| Air Ballast  | 32 | 32 | 0 |
| Undocking  | 32 | 32 | 0 |
| Sea Trial  | 33 | 33 | 0 |

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa jalur yang tidak memiliki *slack* atau memiliki nilai *slack* = 0 adalah jalur yang terdiri dari kegiatan A, G, J, K, L, M, N, O, P, S, X, Y, Z.

* + 1. **Produktivitas**

 Produktivitas merupakan perbandingan hasil produksi dengan total sumber daya yang diperlukan. Perhitungan ini dilakukan pada kegiatan di lintasan kritis.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Produktivitas Harian Normal**  | **=** | **Volume**  |
| **Durasi (Hari)**  |

Contoh perhitungan produktifitas harian normal pekerjaan lintasan kritis pada kegiatan replating:

Volume pekerjaan = 5932,31 kg

Durasi kegiatan = 20 hari

Produkt. Harian Normal = 5932,31 kg

 20 hari

 = 296,62 kg/hari

Tabel 8. Perhitungan Produktifitas Normal Harian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **Volume** | **Durasi****(Hari)** | **PHN** |
| Tunda Pandu, Tambat  | 1 | 1 | 1 |
| Cleaning  | 1301.44 | 25 | 52.06 |
| Copot Valve  | 58 | 4 | 14.5 |
| Service Valve  | 58 | 3 | 19.33 |
| Docking  | 1 | 1 | 1 |
| Scrap Bottom  | 2022 | 9 | 224.67 |
| Blasting Bottop  | 435 | 9 | 48.33 |
| UT  | 200 | 2 | 100 |
| Replating  | 5932.31 | 20 | 296.62 |
| Cat Draft | 1 | 2 | 0.5 |
| Air Ballast  | 1700 | 2 | 850 |
| Undocking  | 1 | 1 | 1 |
| Sea Trial  | 1 | 1 | 1 |
| **Produktivitas Harian Perjam**  | **=** | **Produktivitas Normal**  |
| **Jam Kerja Perhari** |

Contoh perhitungan produktifitas per jam pekerjaan kritis pada kegiatan replating:

Prod. Harian normal = 539,30 kg/hari

Jumlah jam kerja sehari = 7 jam

Prod. Per Jam = 539,30 kg

 7 jam

 = 42,37 kg/jam

Tabel 9. Perhitungan Produktifitas Per Jam

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas**  | **PHN** | **Jam Kerja** | **Prod.****Perjam** |
| Tunda Pandu, Tambat | 1 | 7 | 0.14 |
| Cleaning | 52.06 | 7 | 7.44 |
| Copot Valve | 14.5 | 7 | 2.071 |
| Service Valve | 19.33 | 7 | 2.76 |
| Docking | 1 | 7 | 0.14 |
| Scrap Bottom | 224.67 | 7 | 32.1 |
| Blasting Bottop | 48.33 | 7 | 6.90 |
| UT | 100 | 7 | 14.29 |
| Replating | 296.62 | 7 | 42.37 |
| Cat Draft | 0.5 | 7 | 0.07 |
| Air Ballast | 850 | 7 | 121.43 |
| Undocking | 1 | 7 | 0.14 |
| Sea Trial | 1 | 7 | 0.14 |

* + 1. **Alternatif Percepatan Pekerjaan Proyek dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Salah satu alternatif percepatan penyelesaian proyek yaitu dengan menambah jam kerja (lembur). Jam kerja normal di PT. JMI adalah 08.00-16.00 dengan 7 jam kerja dan 1 jam istirahat pada 12.00-13.00, untuk penambahan jam kerja di PT. JMI yaitu 4 jam kerja (16.00-20.00).

Produktivitas percepatan dengan penambahan jam kerja dihasilkan dari perhitungan berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja**  | **=** | **Prod. Normal + (Prod. Perjam x Koef. Pengurangan Prod. x Jam Lembur)** |

Contoh perhitungan produktivitas dengan penambahan jam kerja pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Prod. Harian Normal = 296,62 kg

Prod. Per jam normal = 42,37 kg

Koef. Pengurangan Prod. = 0,6

Durasi jam lembur = 4 jam

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja**  | **=** | 296,62 kg + (42,37 kg x 0,6 x 4 jam) |

 = 398,31 kg

Tabel 10. Perhitungan Percepatan Pekerjaan Kritis Penambahan Jam Kerja

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **PHN** | **Prod.****/Jam** | **Koef.****(-)****Prod** | **Jam****Lem****bur** | **Prod.****Perc.** |
| Tunda Pandu, Tambat | 1 | 0.14 | 0.6 | 4 | 1.34 |
| Cleaning | 52.06 | 7.43 | 0.6 | 4 | 69.91 |
| Copot Valve | 14.5 | 2.07 | 0.6 | 4 | 19.47 |
| Service Valve | 19.33 | 2.76 | 0.6 | 4 | 25.96 |
| Docking | 1 | 0.14 | 0.6 | 4 | 1.34 |
| Scrap Bottom | 224.67 | 32.1 | 0.6 | 4 | 301.69 |
| Blasting Bottop | 48.33 | 6.90 | 0.6 | 4 | 64.90 |
| UT | 100 | 14.29 | 0.6 | 4 | 134.29 |
| Replating | 296.62 | 42.37 | 0.6 | 4 | 398.31 |
| Cat Draft | 0.5 | 0.07 | 0.6 | 4 | 0.67 |
| Air Ballast | 850 | 121.43 | 0.6 | 4 | 1141.42 |
| Undocking | 1 | 0.14 | 0.6 | 4 | 1.34 |
| Sea Trial | 1 | 0.14 | 0.6 | 4 | 1.34 |

* + 1. **Alternatif Percepatan Pekerjaan Proyek dengan Penambahan Tenaga Kerja**

Alternatif percepatan penyelesaian proyek lainnya yaitu dengan menambah tenaga kerja. Untuk penambahan tenaga kerja pada proyek perbaikan kapal diasumsikan sebesar 30% dari peningkatan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja (lembur).

Peningkatan produktivitas harian normal akibat penambahan jam kerja (lembur) dihasilkan dari perhitungan berikut:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Peningkatan Prod. Harian Akibat Penambahan Jam Kerja** | **=** | **Prod. Perc. Penambahan Jam Kerja - Prod. Normal**  | **x 100%** |
| **Prod. Normal** |

Contoh perhitungan produktivitas dengan peningkatan produktifitas akibat penambahan jam kerja (lembur) pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Prod. Setelah penambahan jam kerja = 385,60 kg

Prod. Harian normal = 296,62 kg

Peningkatan prod. Harian normal akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$Peningkatan Prod.=\frac{385,60-296,62}{296,62}×100\%$$

 = 30%

Untuk penambahan tenaga kerja didapatkan dari perhitungan berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Penambahan Tenaga Kerja**  | **=** | **30% x Tenaga Kerja Awal**  |

Contoh perhitungan penambahan tenaga kerja pada lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Penambahan TK = 30% x 28 orang

 = 8,4 ≈ 8 orang

Tabel 11. Penambahan Tenaga Kerja untuk Pekerjaan Kritis

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **Pening****katan****Prod.** | **TK Awal** | **Penam****bahan TK** |
| Tunda Pandu, Tambat | 0.3 | 1 | 0 |
| Cleaning | 0.3 | 2 | 1 |
| Copot Valve | 0.3 | 6 | 2 |
| Service Valve | 0.3 | 6 | 2 |
| Docking | 0.3 | 1 | 0 |
| Scrap Bottom | 0.3 | 8 | 2 |
| Blasting Bottop | 0.3 | 8 | 2 |
| UT | 0.3 | 2 | 1 |
| Replating | 0.3 | 28 | 8 |
| Cat Draft | 0.3 | 4 | 1 |
| Air Ballast | 0.3 | 2 | 1 |
| Undocking | 0.3 | 1 | 0 |
| Sea Trial | 0.3 | 1 | 0 |

Produktifitas harian setelah dilakukan penambahan tenaga kerja didapatkan dari perhitungan berikut:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Produktivitas Percepatan Setelah Penambahan Tenaga Kerja**  | **=** |  **Prod. Normal** | **+** | **(Prod. Normal x Penambahan Tenaga Kerja)** |
| **Tenaga Kerja Awal** |

Contoh perhitungan produktivitas harian setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating

Prod. Harian normal = 296,62 kg

Penambahan Tenaga Kerja = 8 orang

Tenaga kerja awal = 28 orang

$$Prod. Perc.=296,62 kg+\left(\frac{296,62 kg×8 orang}{28 orang}\right)$$

 = 381,36 kg

Tabel 12. Produktivitas Percepatan Setelah Penambahan Tenaga Kerja

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **PHN** | **Penam****Bahan****TK** | **TK Awal** | **Prod.****Perc.** |
| Tunda Pandu, Tambat | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Cleaning | 52.06 | 1 | 2 | 78.09 |
| Copot Valve | 14.5 | 2 | 6 | 19.33 |
| Service Valve | 19.33 | 2 | 6 | 25.78 |
| Docking | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Scrap Bottom | 224.67 | 2 | 8 | 280.83 |
| Blasting Bottop | 48.33 | 2 | 8 | 60.42 |
| UT | 100 | 1 | 2 | 150 |
| Replating | 296.62 | 8 | 28 | 381.36 |
| Cat Draft | 0.5 | 1 | 4 | 0.63 |
| Air Ballast | 850 | 1 | 2 | 1275 |
| Undocking | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Sea Trial | 1 | 0 | 1 | 1 |

* + 1. ***Crash Duration* dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

*Crash duration* biasanya digunakan untuk mempercepat proyek agar selesai lebih singkat dengan memaksimalkan sumber daya dan waktu yang ada.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Crash Duration* Lembur**  | **=** | **Volume** |
| **Prod. Percepatan Lembur** |

Contoh perhitungan *crash duration* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Volume = 5932,31 kg

Prod. Percepatan Lembur = 385,60 kg

$$Crash Duration=\frac{5932,31kg }{385,60 kg}$$

 = 15,3 ≈ 15 hari

Tabel 13. *Crash Duration* Penambahan Jam Kerja (Lembur)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas**  | **Volume** | **Prod.** **Perc.** | **Crash****Duration** |
| Tunda Pandu, Tambat | 1 | 1.3 | 1 |
| Cleaning | 1301.44 | 67.67 | 19 |
| Copot Valve | 58 | 18.85 | 3 |
| Service Valve | 58 | 25.13 | 2 |
| Docking | 1 | 1.3 | 1 |
| Scrap Bottom | 2022 | 292.07 | 7 |
| Blasting Bottop | 435 | 62.83 | 7 |
| UT | 200 | 130 | 2 |
| Replating | 5932.31 | 385.60 | 15 |
| Cat Draft | 1 | 0.65 | 2 |
| Air Ballast | 1700 | 1105 | 2 |
| Undocking | 1 | 1.3 | 1 |
| Sea Trial | 1 | 1.3 | 1 |

* + 1. ***Crash Duration* dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja**

Perhitungan *crash duration* dengan alternatif penambahan tenaga kerja diperoleh dari perhitungan berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Crash Duration* Penambahan Tenaga Kerja**  | **=** | **Volume** |
| **Prod. Perc. Penambahan TK** |

Contoh perhitungan *crash duration* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating

Volume = 5932,31 kg

Prod. Percepatan Penambahan Pekerja = 381,36 kg

$$Crash Duration=\frac{5932,31 kg }{381,36 kg}$$

 = 15,5 ≈ 16 hari

Tabel 14. *Crash Duration* Penambahan Penambahan Tenaga Kerja

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas**  | **Volume**  | **Prod. Perc.** | **Crash Duration** |
| Tunda Pandu, Tambat | 1 | 1 | 1 |
| Cleaning | 1301.44 | 78.09 | 17 |
| Copot Valve | 58 | 19.33 | 3 |
| Service Valve | 58 | 25.78 | 2 |
| Docking | 1 | 1 | 1 |
| Scrap Bottom | 2022 | 280.83 | 7 |
| Blasting Bottop | 435 | 60.42 | 7 |
| UT | 200 | 150 | 1 |
| Replating | 5932.31 | 381.36 | 16 |
| Cat Draft | 1 | 0.63 | 2 |
| Air Ballast | 1700 | 1275 | 1 |
| Undocking | 1 | 1 | 1 |
| Sea Trial | 1 | 1 | 1 |

* + 1. ***Normal* *Cost***

*Normal cost* atau biaya normal adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek pekerjaan sesuai dengan waktu normal yang meliputi biaya tenaga kerja dan biaya material yang digunakan. Dalam penelitian ini biaya tenaga kerja normal perhari diasumsikan Rp. 100.000,00.

Untuk Perhitungan *normal cost* didapat dari perhitungan berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Biaya Normal**  | **=** | **Biaya Normal Harian x Jumlah TK Awal x Durasi Awal**  |

Contoh perhitungan *normal cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating.

Biaya normal harian = Rp. 100.000,00

Jumlah Tenaga Kerja Awal = 28 orang

Durasi Awal = 20 hari

**Biaya Normal** = Rp. 100.000 x 28 orang x 20 hari

 = Rp. 56.000.000,00

Tabel 15. *Normal Cost* Pekerjaan Kritis

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **BHN** | **TK Awal** | **Durasi** | **Biaya** |
| Tunda Pandu, Tambat | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |
| Cleaning | Rp100,000 | 2 | 25 | Rp5,000,000 |
| Copot Valve | Rp100,000 | 6 | 4 | Rp2,400,000 |
| Service Valve | Rp100,000 | 6 | 3 | Rp1,800,000 |
| Docking | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |
| Scrap Bottom | Rp100,000 | 8 | 9 | Rp7,200,000 |
| Blasting Bottop | Rp100,000 | 8 | 9 | Rp7,200,000 |
| UT | Rp100,000 | 2 | 2 | Rp400,000 |
| Replating | Rp100,000 | 28 | 20 | Rp56,000,000 |
| Cat Draft | Rp100,000 | 4 | 2 | Rp800,000 |
| Air Ballast | Rp100,000 | 2 | 2 | Rp400,000 |
| Undocking | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |
| Sea Trial | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |

* + 1. ***Crash Cost* dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

*Crash cost* adalah total biaya yag dikeluarkan setelah melakukan percepatan suatu proyek pekerjaan. Salah satu penyebab perhitungan crash cost yiatu adanya penambahan jam kerja (lembur). Dalam hal ini penambahan jam kerja (lembur) yaitu selama 4 jam untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Besar biaya lembur yaitu sebesar Rp. 150.000,00.

*Crash cost* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) diperoleh dari perhitungan berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Crash Cost Alternatif Lembur**  | **=** | **Crash Cost Lembur x Crash Duration Lembur x Jumlah TK Awal**  |

Contoh perhitungan *crash cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating

*Crash cost* lembur = Rp. 250.000,00

Durasi lembur = 15 hari

Jumlah tenaga kerja awal = 28 orang

**Craash Cost** = Rp. 250.000 x 15 hari x 28 orang

 **=** Rp. 105.000.00,00

Tabel 16. Crash Cost dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **Cost Lembur** | **Cra****sh Dur.** | **TK Aw****al** | **Crash** **Cost** |
| Tunda Pandu, Tambat | Rp250,000 | 1 | 1 | Rp250,000 |
| Cleaning | Rp250,000 | 19 | 2 | Rp9,500,000 |
| Copot Valve | Rp250,000 | 3 | 6 | Rp4,500,000 |
| Service Valve | Rp250,000 | 2 | 6 | Rp3,000,000 |
| Docking | Rp250,000 | 1 | 1 | Rp250,000 |
| Scrap Bottom | Rp250,000 | 7 | 8 | Rp14,000,000 |
| Blasting Bottop | Rp250,000 | 7 | 8 | Rp14,000,000 |
| UT | Rp250,000 | 2 | 2 | Rp1,000,000 |
| Replating | Rp250,000 | 15 | 28 | Rp105,000,000 |
| Cat Draft | Rp250,000 | 2 | 4 | Rp2,000,000 |
| Air Ballast | Rp250,000 | 2 | 2 | Rp1,000,000 |
| Undocking | Rp250,000 | 1 | 1 | Rp250,000 |
| Sea Trial | Rp250,000 | 1 | 1 | Rp250,000 |

* + 1. ***Crash Cost* dengan Penambahan Jumlah Tenaga Kerja**

*Crash cost* dengan alternatif penambahan tenaga kerja dapat diperoleh dari perhitungan berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Crash Cost Alternatif Penambahan Tenaga Kerja**  | **=** | **Upah Normal x Jumlah Penambahan TK x Crash Duration Akibat Penambahan TK**  |

Contoh perhitungan *crash cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating.

Upah normal harian = Rp. 100.000,00

Jumlah penambahan tenaga kerja = 8 orang

Crash duration = 16 hari

**Crash Cost** = Rp. 100.000 x 8 orang x 16 hari

 = Rp. 12.800.000,00

Tabel 17. *Crash Cost* dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitas** | **Upah Normal** | **Pen****am****bah****an** **TK** | **Cra****sh Dur** | **Crash Cost** |
| Tunda Pandu, Tambat | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |
| Cleaning | Rp100,000 | 3 | 17 | Rp5,100,000 |
| Copot Valve | Rp100,000 | 8 | 3 | Rp2,400,000 |
| Service Valve | Rp100,000 | 8 | 2 | Rp1,600,000 |
| Docking | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp600,000 |
| Scrap Bottom | Rp100,000 | 10 | 7 | Rp7,000,000 |
| Blasting Bottop | Rp100,000 | 10 | 7 | Rp7,000,000 |
| UT | Rp100,000 | 3 | 1 | Rp300,000 |
| Replating | Rp100,000 | 36 | 16 | Rp57,600,000 |
| Cat Draft | Rp100,000 | 5 | 2 | Rp1,000,000 |
| Air Ballast | Rp100,000 | 3 | 1 | Rp300,000 |
| Undocking | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |
| Sea Trial | Rp100,000 | 1 | 1 | Rp100,000 |

* + 1. **Hasil Analisa**

Hasil analisa dengan *Critical Path Method* pada proyek reparasi MT. Alice XXV pada 13 aktivitas pekerjaan jalur kritis sebagai berikut:

1. Total durasi normal dan biaya normal sebelum dilakukan percepatan pada aktivitas pekerjaan kritis:

Durasi Normal : 33 hari

Tenaga Kerja : 70 orang

Biaya Normal : Rp. 81.600.000

1. Total durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam:

Durasi Awal : 33 hari

Percepatan Durasi : 21,25% (27 hari)

Tenaga Kerja : 70 orang

Biaya Percepatan : Rp. 93.000.000

Peningkatan Biaya Proyek : 13,97 %

 : Rp. 11.400.000

1. Total durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja:

Durasi Awal : 33 hari

Percepatan Durasi : 25% (27 hari)

Tenaga Kerja Awal : 70 orang

Penambahan Tenaga Kerja : 20 orang

Biaya Percepatan : Rp. 82.700.000

Peningkatan Biaya Proyek : 1,35%

 : Rp. 1.100.000



Gambar 6. Perbandingan hubungan durasi dengan biaya normal dan setelah mengalami percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja

* + 1. **Hubungan Hail Analisis *Fault Tree Analysis* dengan *Critical Path Method***

Berdasarkan hasil analisa *fault tree analysis* faktor penyebab utama terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal yaitu peralatan kerja terbatas dan penggunaan peralatan yang tidak sesuai dengan aturan sehingga mengakibatkan kerusakan pada peralatan. Sesuai dengan analisis *critical path method* terdapat 13 kegiatan kritis dimana salah satu kegiatan yang paling banyak menggunakan peralatan yaitu kegiatan replating. Replating merupakan kegiatan yan paling lama mengalami keterlambatan.

Kegiatan replating yang semula direncanakan selesai dalam 11 hari namun dalam realisasi lapangan terselesaikan dalam 22 hari. Hal ini dikarenakan banyaknya pekerjaan sehingga penggunaan peralatannya tidak sesuai aturan dan berakibat pada kerusakan. Dan untuk memperbaiki peralatannya membutuhkan waktu yang cukup lama, akibatnya pekerjaan replating mengalami keterlambatan yang tidak sesuai dengan jadwal yang telah direncakan.

1. **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proyek reparasi MT. Alice XXV di PT. Janata Marina Indah Semarang. Terdapat nilai probabilitas tertinggi pada *basic event* berdasarkan perhitungan minimal *cut set* yaitu pada penggunaan peralatan yang berlebihan sehingga mengakibatkan peralatan tersebut rusak yaitu sebesar 0,009321. *Basic event* tersebut menjadi salah satu penyebab terbesar keterlambatan proyek reparasi kapal.

Percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam, mengalami percepatan durasi 21,25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 13,97% yaitu Rp. 93.000.000,00. Sedangkan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 1,35% yaitu

Rp. 82.700.000,00.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa opsi alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif digunakan sebagai alternatif untuk memperoleh percepatan durasi dan biaya optimal dibandingkan penambahan jam kerja lembur, dan biaya tambahan yang dikeluarkan juga tidak terlalu besar.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] M. Mustholiq. Manajemen Perawatan Kapal. Semarang: CV. Oxy Consultant, 2019.

[2] C. R. Griyantia, I. P. Mulyatno, And Kiryanto, “Studi Rancang *Reschedule* Pembangunan Kapal Baru Menggunakan Full Outfitting Block System (FOBS) dengan Project CPM pada Kapal LCT 200 GT,” *J. Tek. Perkapalan,* vol. 3, no. 4, pp. 546-556, 2015.

[3] A. A. Rahmi., I. P. Mulyatno., And U. Budiarto., “Optimalisasi *Repair Schedule* SPOB. *Prosper Three* 3537 DWT Dengan Critical Path Method Guna Antisipasi Keterlambatan Proyek”, *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 8, No. 2, pp. 214-221, 2020.

[4] D. Jenderal, “Analisis Penjadwalan Ulang Untuk Menekan Biaya Akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Patroli,” *Kapal,* Vol. 11, No. 1, pp. 1-4, 2014.

[5] E. A. Clifton. *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, 2005.

[6] L. K. Padaga, I. Rochani, and Y. Mulyadi, “Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom,” Jurnal Teknik ITS, vol. 7, no. 1, pp. 2337-3520, 2018.

[7] E. R. Dwiano, I. P. Mulyatno, S. J. Sisworo, “Analisis Resiko pada Proses Bongkar Muat dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) di PT. JAYA ABADI MARITIM”. *J. Tek. Perkapalan,* vol. 9, no. 2, pp. 162-172, 2021.

[8] G. Regatama, W. Amiruddin, I. P. Mulyatno, “Analisis *Network Planning* Reparasi Kapal SPB TITAN 70 Dengan Metode *Critical Path Method*”, *J. Tek. Perkapalan,* vol. 7, no. 4, pp. 152-160, 2019.

[9] Y. T. Andhani, I. P. Mulyatno, and A. W. B. Santos, “*Reschedule* Reparasi Kapal KN. KUMBA 470 DWT Dengan *Critical Path Method* di Galangan Semarang”, *J. Tek. Perkapalan,* vol. 8, no. 3, pp. 231-238, 2020.

[10] M. F. Fakhrija., I. P. Mulyatno., And A. F. Zakki, “Studi Penjadwalan Ulang Produktivitas, dan Alokasi Sumber Daya Manusia pada Pekerjaan Reparasi Kapal MT. Asumsi XXVI dengan *Network Planning* dan *Critical Path Method*”, *J. Tek. Perkapalan,* Vol. 8, No. 3, pp. 435-441, 2020.

[11] F. Rohana, I. P. Mulyatno, *and others,* “*Reshedule* Reparasi KP. Hiu Macan-03 dengan *Critical Path Method*,” Tugas Akhir, Semarang: Universitas Diponegoro, 2021.

[12] H. A. Rani, Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta: Deepublish, 2016.

[13] Soeharto. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional). Jakarta: Erlangga. 1995.

[14] B. Santosa. Manajemen Proyek, Konsep, dan Implementasi. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009.