

## PENJADWALAN ULANG KAPAL REPARASI TB. PATRA TUNDA 3001 DENGAN METODE JALUR KRITIS

### TB. PATRA TUNDA 3001 SHIP REPAIR RESCHEDULING WITH A CRITICAL PATH METHOD

Maharani Rosa Meinanda Istiqomah, Imam Pujo Mulyatno, Sarjito Joko Sisworo, Eko Sasmito Hadi, Kiryanto, Ocid Mursid\*

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jalan Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia  
Korespondensi: ocidmursid@gmail.com

#### ABSTRACT

Scheduling in the repair process is often not according to the initial planning in the main schedule of the ship. Delays in a new shipbuilding project or ship repair will cause losses that have an impact on many parties; both the shipyard, the owner and third parties. To minimize the occurrence of delays, one effective way is to accelerate with a Critical Path Method. The research object selected is ship repair TB. Patra Tunda 3001. The purpose of this research is to get a new duration after rescheduling ship repair, find work activities on the critical path, get the value of labor productivity, and find the most optimal time and cost to speed up the duration of the project with crashing through the comparison of two alternatives, namely the addition of working hours (overtime) and additional human resources. The total normal cost is Rp 9,360,000. From the data processing analysis, it was concluded that the addition of working hours (overtime hours) and the addition of labor showed the same optimal acceleration with a 25% result, which was 4 days earlier than the total project normal duration of 16 days. There is a cost difference of 39.31% greater than the normal duration with the alternative of additional working hours (overtime hours) and the difference in cost reduction of 27.35% which is smaller than the normal duration with the alternative of additional manpower. Reschedule for ship repair TB. Patra Tunda 3001 with the addition of labor is more efficient and optimal work.

Keywords: duration acceleration, manpower change

#### ABSTRAK

Penjadwalan dalam proses reparasi sering kali tidak sesuai dengan perencanaan awal di *main schedule* dari kapal tersebut. Keterlambatan dari suatu proyek pengerjaan bangunan kapal baru atau reparasi kapal akan menimbulkan kerugian yang berdampak kepada banyak pihak; baik pihak galangan, *owner*, dan pihak ketiga. Salah satu cara yang efektif untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan adalah melakukan percepatan dengan *Critical Path Method* (CPM). Objek penelitian yang dipilih adalah reparasi kapal TB. Patra Tunda 3001. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan durasi baru setelah dilakukan *reschedule* reparasi kapal, menemukan aktivitas pekerjaan pada lintasan kritis, mendapatkan nilai produktivitas tenaga kerja, mencari waktu dan biaya paling optimal untuk mempercepat durasi proyek dengan adanya *crashing* melalui opsi perbandingan dua alternatif yaitu penambahan jam kerja (jam lembur) dan penambahan tenaga kerja. Total biaya normal sebesar Rp 9.360.000. Dari analisa pengolahan data didapatkan kesimpulan bahwa penambahan jam kerja (jam lembur) dan penambahan tenaga kerja menunjukkan percepatan yang sama optimalnya dengan hasil 25% yaitu 4 hari lebih awal dari total durasi normal proyek 16 hari. Terdapat selisih biaya 39,31% lebih besar dari durasi normal dengan alternatif penambahan jam kerja (jam lembur) dan selisih pengurangan biaya 27,35% lebih kecil dari durasi normal dengan alternatif penambahan tenaga kerja. *Reschedule* Repari Kapal TB. Patra Tunda 3001 dengan penambahan kerja lebih efisien dan optimal pengerjaannya.

Kata kunci: penambahan tenaga kerja, percepatan durasi

## PENDAHULUAN

Pada bidang industri kapal, penjadwalan proyek reparasi kapal sangat penting. Perbaikan atau reparasi kapal merupakan kegiatan yang dilaksanakan berkala dalam memeriksa kondisi kapal dimana jadwalnya ditentukan aturan kelas untuk setiap kapal (Soeharto 1998). Perbaikan kapal merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari dan apabila dibiarkan dapat berakibat fatal, bisa mengganggu kelancaran operasional sehingga diperlukan adanya optimalisasi dalam penggunaan waktu perbaikan kapal setiap tahunnya.

Penggunaan waktu untuk menentukan jadwal pekerjaan dalam melakukan pengedokan atau reparasi kapal harus ditentukan agar sesuai dengan waktu yang diinginkan oleh *owner*, karena tentu memengaruhi biaya yang dikeluarkan, sebagai contoh *graving dock* dapat memaksimalkan penggunaan tenaga kerja dengan dibuktikan pengujian pada variabel produktivitas tenaga kerja menghasilkan tingkat signifikansi 0,000 dan nilai  $t$  hitung = 6,316 >  $t$  tabel (1,6924). Hasil penelitian menunjukkan produktivitas tenaga kerja mempunyai pengaruh positif dan signifikan yang mengindikasikan bahwa peningkatan produktivitas tenaga kerja akan meningkatkan kinerja *graving dock* (Suharto 2015).

Dalam rangka pembangunan maritim, industri galangan kapal menjadi industri yang paling utama sebagai penunjang transportasi laut. Industri galangan kapal berperan sebagai penyedia kapal untuk sarana transportasi laut dan juga pemeliharaan serta perbaikan kapal yang akan dibutuhkan dalam pembangunan kemaritiman. Seiring dengan perkembangan teknologi, produksi kapal mengharuskan setiap galangan untuk mengevaluasi sistem yang telah digunakan. Pada proyek pembangunan kapal baru atau reparasi kapal, dituntut untuk bekerja cepat sesuai dengan jadwal.

Percepatan penyelesaian proyek dilakukan sebagai tindakan antisipasi terjadinya keterlambatan proyek. Percepatan proyek harus dirancang dan diperhitungkan dengan teliti dan memerlukan tindakan pengendalian dari segi waktu dan biaya, agar durasi proyek dapat diselesaikan sesuai waktu dan anggaran biaya yang dikeluarkan tidak membengkak (Soeharto 1999).

Keterlambatan dalam pekerjaan reparasi kapal banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor. Misalnya keterlambatan *supply* material, pengaruh cuaca, jumlah pekerja yang terbatas, fasilitas galangan yang belum memadai, dan sebagainya.

Perawatan (*maintenance*) dan perbaikan suatu kapal sangat diperlukan untuk mempertahankan ketahanan dan mempertahankan status layak jalan kapal. Sesuai dengan peraturan *class*, suatu kapal perlu perbaikan secara berkala dengan jangka waktu yang telah ditentukan diantaranya yaitu: *survey* tahunan (*annual survey*), *survey* antara (*intermediate survey*), *survey* perpanjang kelas (*special survey*), dan *survey* reparasi (*docking survey*) (BKI 2012). Oleh karena itu, perusahaan harus melakukan perawatan dan perbaikan kapal secara berkala. Untuk memenuhi permintaan pasar, industri galangan kapal harus mampu memenuhi beberapa kriteria yang sering dijadikan pertimbangan oleh para *customer*, seperti harga jual yang kompetitif, ketepatan dan kecepatan waktu dalam proses reparasi kapal, dan memiliki kualitas yang relatif baik (Soeharto 1999). Untuk memenuhi kriteria tersebut, perusahaan perlu memperhatikan proses perbaikan kapal, agar dapat terselesaikan dengan waktu yang ditentukan. Selain kualitas, yang menjadi prioritas utama adalah efisiensi waktu. Maka dari itu, perlu adanya perencanaan dalam *manage* pekerjaan *docking repair* (Heizer dan Render 2005). Saat *docking repair*, perusahaan dituntut agar waktu penyelesaian dapat efektif.

Proses pembuatan *schedule new ship building* dengan *ship repair* itu tidak sama. Dalam *new ship building*, urutan aktivitas sudah sesuai langkah pekerjaan yang sudah ditentukan pada tahapan *engineering*, sedangkan dalam *ship repair* dibuat berdasarkan hasil *survey* awal. Pengurangan atau penambahan pekerjaan pada *ship repair* seringkali terjadi digalangan kapal, sehingga akan berdampak pada *schedule* yang ada dan dapat mengakibatkan keterlambatan. Oleh karena itu, diperlukan *rescheduling* agar proyek dapat terselesaikan tepat pada waktu yang telah ditentukan.

Penelitian ini memperoleh data dari PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, yang merupakan perusahaan dibidang perkapalan di kota Semarang yang mampu melakukan pekerjaan *docking repair*. PT. Yasa Wahana

Tirta Samudera mempunyai fasilitas untuk men-support penyelesaian pekerjaan dalam *docking repair* diantaranya:

1. *Slipway A, B, C (2.500 DWT) with cradle system (100 m x 30 m),*
2. *Slipway D (5.000 DWT) with rubber air bag (105 m x 30 m),*
3. *Slipway E (2.000 DWT) with rubber air bag (70 m x 24 m),*
4. *Building berth,*
5. *Mechanical and electrical workshop, CNC workshop, and Warehouse,*
6. *Handling equipment: 1 mobile crane (35 ton), 2 crawler crane (5 ton), 2 forklift (5 ton, 3 ton),*
7. *Painting Equipment: Air compressor, airless, sand pot,*
8. *Power source: PLN (345 KVA), generator (625 KVA, 200 KVA).*

Dengan fasilitas galangan yang ada, PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dalam mengerjakan pekerjaan reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001 membutuhkan waktu 16 hari.

Permintaan yang padat dalam perbaikan kapal di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera membuat pihak galangan harus menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera mempunyai target bulanan, yaitu dalam satu bulan jumlah *project ship repair* minimal 3 *project/slipway*.

Selama ini industri galangan kapal dalam membuat *schedule* masih menggunakan cara manual dan berdasarkan pengalaman kerja di lapangan sehingga tidak menutup kemungkinan dapat terjadi ketidaksesuaian waktu pengerjaan kapal. Untuk meminimalisir adanya keterlambatan waktu penyelesaian pekerjaan, dibutuhkan penjadwalan yang andal dan akurat dalam manajemen proyek yang merupakan langkah pertama menuju kesuksesan proyek.

Ada banyak metode yang dapat digunakan dalam penjadwalan proyek. Salah satu dengan pengaplikasian *Critical Path Method (CPM)*. Penggunaan CPM yaitu sebagai monitoring proyek dengan adanya perhitungan maju dan mundur sehingga diketahui besarnya tenggang waktu (*slack time*) setiap pekerjaan dan pekerjaan mana yang berada pada jalur kritis yang harus diselesaikan tepat waktu. *Critical path method* merupakan suatu rangkaian item pekerjaan dalam sebuah proyek yang menjadi bagian kritis dalam terselesainya proyek secara keseluruhan (Lock 1987).

Dengan *critical path method*, jika sumber daya dapat menyelesaikan suatu

kegiatan sebelum tanggal selesainya pekerjaan yang direncanakan, maka perolehan waktu tersebut belum bisa dioptimalisasikan terhadap kegiatan lain yang bertujuan mempercepat proyek kecuali berada pada tingkatan jalur kritis (Badri 1997).

Maka dari itu, perlu dibuat *schedule* secara tertulis dengan menggunakan *critical path method*. Sehingga penggunaan metode *critical path method* ini dapat memberikan peningkatan efisiensi pekerjaan di industri galangan kapal yang menggunakan program *computer* dalam pelaksanaan manajemen proyek dan dapat membantu penanganan masalah ketepatan waktu.

Merujuk pada penelitian sebelumnya pada reparasi kapal KM. Berlin Narkoma, hasil penelitian dapat dilihat bahwa hasil perencanaan jaringan kerja pada proyek reparasi kapal dengan menggunakan metode CPM ditemukan kondisi awal ada 14 *event* dengan 10 aktivitas yang saling terkait dengan lama penyelesaian proyek selama 31 hari, sesudah dilakukan perubahan alokasi sumber daya, *network* masih tetap 14 *event* dan 10 aktivitas yang saling terkait dengan waktu penyelesaian hanya 23 hari (Sriningsih dan Wiwi 2016).

Analisa *network planning* reparasi kapal SPB TITAN 70 menunjukkan nilai diagram *network planning* dengan 30 tenaga kerja diperkirakan mengalami keterlambatan menjadi 42 hari dengan 25 aktivitas kritis bernilai *slack nol* dari target proyek yang dicapai 32 hari. Maka proyek mengalami *crashing* proyek menjadi 32 hari dan proyek diperkirakan terjadi penambahan tenaga kerja sebesar 52 tenaga kerja dengan 19 aktivitas kritis dengan penggunaan CPM (Regatama *et al.* 2019).

Penelitian analisa *network planning* reparasi kapal KM. Tonasa Line dengan analisis *critical path method* dapat dilihat bahwa hasil perencanaan jaringan kerja pada proyek reparasi kapal dengan menggunakan metode CPM ditemukan 9 aktivitas/kegiatan kritis yang setelah dilakukan pengoptimalan waktu pengerjaan reparasi kapal dari sebelumnya yaitu 11 aktivitas/kegiatan kritis dan pada *network planning*-nya didapatkan durasi penyelesaian selama 22 hari sedangkan sebelum dilakukan pengoptimalan waktu pengerjaan atau awal pekerjaan membutuhkan waktu 30 hari (Anggriawan dan Iskandar 2015).

Penelitian *reschedule* reparasi kapal KN.KUMBA 470 DWT dengan metode CPM menghasilkan nilai diagram *network*

mengalami kemajuan dari *schedule* awal 50 hari menjadi 41 hari untuk pekerjaan induk (dengan 12 lintasan kritis) dan 42 hari pekerjaan tambah (dengan 18 lintasan kritis) dengan nilai *slack* nol (Andhani *et al.* 2020).

Penelitian pada analisis penjadwalan dan biaya pembangunan KCR-60 (*missile boat*) milik TNI-AL dengan metode jaringan kerja, didapatkan jadwal proyek memiliki 13 aktivitas yang memiliki *zero slack* atau aktivitas kritis. Adanya percepatan waktu (*crashing project*) dengan menambah jam kerja atau lembur selama 1 jam setiap hari untuk 21 kegiatan akan mempercepat dan mengurangi durasi penyelesaian proyek, yang semula 414 hari dari penyelesaian aktual pengerjaan pelaksanaan menjadi 363 hari, dengan selisih efektifitasnya adalah 51 hari (lebih efektif). Sedangkan untuk efisiensi biaya, berdasarkan analisis biaya riil pelaksanaan proyek, besarnya Rp 20.407.094.998, menjadi Rp 18.410.738.982, sehingga menjadi lebih efisien sebesar Rp 2.470.548.998 (Ahmadi *et al.* 2018).

Penelitian lainnya menunjukkan bahwa *critical path method* dapat digunakan untuk membantu mengevaluasi dan mengidentifikasi rute peti kemas yang optimal antara Asia dan Slovakia. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa rute terpendek akan melalui terusan Suez dan pelabuhan Koper di Slovenia dengan memakan waktu kurang dari 20 hari. Rute termurah namun terpanjang adalah rute yang menuju ke pelabuhan Hamburg (Hansut *et al.* 2017).

Dari beberapa penelitian dapat disimpulkan terjadi pengurangan durasi proyek. Program *computer* yang digunakan adalah *software Microsoft Project* yang dirancang untuk membantu pengelolaan suatu pekerjaan proyek (PMI 2013). Program *Microsoft Project* dapat diaplikasikan pada suatu proyek pekerjaan salah satunya dibidang reparasi kapal. Pada penelitian ini, penjadwalan CPM dengan *software Microsoft Project* diharapkan mengoptimalkan penjadwalan proyek dengan estimasi durasi dan tenaga kerja, sehingga memberikan keuntungan pihak galangan dengan analisis penjadwalan proyek (Setiawan 2008).

Dalam meminimalisir keterlambatan pekerjaan reparasi kapal yang sering terjadi di industri galangan kapal, dengan analisis

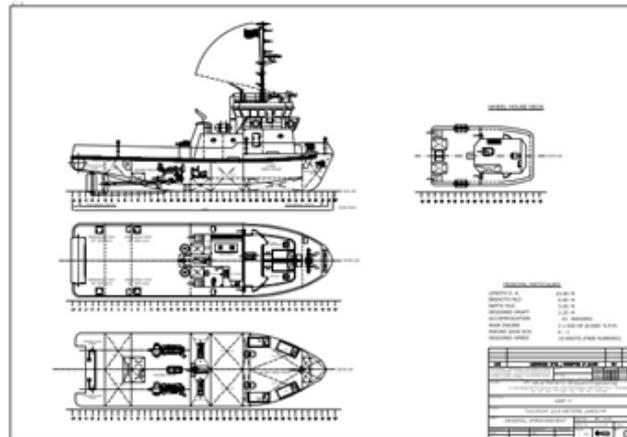
menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan dibantu dengan *software Microsoft Project*, dan dengan adanya *crashing* kegiatan diharapkan dapat mengantisipasi adanya keterlambatan pekerjaan *docking repair* di industri galangan kapal khususnya di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dengan judul penelitian "*Reschedule* Reparasi TB. PATRA TUNDA 3001 dengan *Critical Path Method*".

Dari beberapa penelitian di atas disimpulkan bahwa untuk meminimalisir adanya keterlambatan pekerjaan reparasi dapat digunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan dibantu *software Microsoft Project*, dengan adanya *crashing* kegiatan diharapkan dapat mengantisipasi adanya keterlambatan pekerjaan *docking repair* di industri galangan kapal. Tujuan penelitian menggunakan metode ini adalah untuk mendapatkan *schedule* yang lebih efisien dengan mempercepat durasi penyelesaian proyek, menganalisis produktivitas tenaga sehingga diketahui durasi percepatan waktu paling optimal dan diketahui biaya yang dikeluarkan.

## METODE PENELITIAN

### Objek penelitian

Kapal TB. PATRA TUNDA 3001 adalah kapal milik Pertamina Trans Kontinental yang mulai dibangun pada tanggal 9 September 2010. Pelaksanaan proyek reparasi kapal ini dilakukan di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera Semarang. Berdasarkan kontrak, proyek reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001 dilaksanakan dengan durasi 16 hari pada tanggal 5 Oktober 2020 sampai 19 Oktober 2020, dimana proyek ini dikerjakan selama 7 hari kerja setiap minggunya. Pekerjaan ini memakan waktu 8 jam setiap hari dimulai pada pukul 08.00 sampai dengan 17.00 WIB dengan jam waktu istirahat selama 1 jam pada pukul 12.00 – 13.00 untuk hari Senin sampai Kamis dan Sabtu dan Minggu sedangkan pada hari Jumat dilakukan pada pukul 08.00 sampai dengan 18.00 WIB selama 8 jam dengan waktu istirahat selama 2 jam dari pukul 11.30 – 13.30. Pada Gambar 1 dengan dimensi Tabel 1, kapal ini menjadi objek yang dipilih untuk keberlangsungan penelitian.



Gambar 1. Rancangan umum TB. Patra Tunda 3001 milik PT. Pertamina

Tabel 1. Ukuran utama kapal TB Patra Tunda 3001

No	Principal Dimension	Measurements
1	Length Over All (LOA)	30,7
2	Length Between Pependicular (LBP)	31,51 m
3	Breadth (B)	10,60 m
4	Depth (D)	04,36 m
5	Draft (d)	03,60 m
6	Gross Tonnage	314

### Pengumpulan data

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu, data yang bersifat primer dan data yang bersifat sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengamatan langsung dan diskusi dengan pihak terkait di galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, Semarang. Pengumpulan data sekunder tidak diamati secara langsung oleh peneliti. Data diperoleh dari hasil wawancara kepada pemilik kapal atau pihak dari galangan. Selain itu, diperoleh dari literatur (jurnal, artikel, dan data dari penelitian sebelumnya).

### Pengolahan data

Tahap-tahap pelaksanaan analisis penelitian dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis *schedule* dan *repair list* dikelompokkan ke dalam beberapa bidang pekerjaan sesuai *Work Breakdown Structure* (WBS) dan diinput ke *Microsoft Project*.
2. Menganalisis pembuatan *network diagram* dengan menentukan *predecessor* dari tiap pekerjaan, sehingga didapatkan *ganttt chart* paling

cepat pekerjaan dimulai (*earliest start*) dan paling cepat pekerjaan selesai dikerjakan (*earliest finish*).

3. Menganalisis perhitungan mundur sehingga didapatkan paling lama kegiatan dimulai (*latest start*) dan paling lama pekerjaan selesai (*latest finish*) dari tiap pekerjaan.
4. Menganalisis jalur kritis (nilai *slack* sama dengan nol) berdasarkan *network diagram* dengan *Critical Path Method* (CPM).
5. Menganalisis produktivitas pekerjaan kritis dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.
6. Menganalisis *crashing project* meliputi *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* pekerjaan kritis dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.
7. Penentuan durasi waktu dan biaya optimum setelah mengalami percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

### Metode *critical path method*

*Critical path method* adalah metode berbentuk jaringan kerja yang digunakan untuk menjadwalkan pekerjaan dalam

suatu proyek yang menjadi bagian kritis dalam proyek. Jalur kritis mempunyai rangkaian kegiatan dengan total jumlah waktu penyelesaian pekerjaan terlama dan tercepat. *Critical path method* digunakan untuk mengetahui pekerjaan kritis yang dapat menyebabkan keterlambatan suatu proyek jika pelaksanaannya terlambat. Dengan dibantu *Microsoft Project* maka dapat dianalisis untuk mengatasi keterlambatan proyek sehingga mendapatkan waktu tercepat dalam menyelesaikan masing-masing pekerjaan.

### Penyusunan penjadwalan dengan CPM

Penyusunan aktivitas kegiatan yang sistematis dan benar dalam rangkaian pekerjaan proyek dilakukan agar jadwal proyek berjalan sesuai perencanaan. *Predecessor* merupakan aktivitas kegiatan yang dilaksanakan sebelum kegiatan yang bersangkutan dimulai. *Successor* merupakan aktivitas kegiatan yang dilakukan setelah dimulainya kegiatan yang terkait. Keterkaitan antar kegiatan dinyatakan dengan hubungan *Finish to Start* (FS) serta *Start to Start* (SS) melalui *lag time*. Keterkaitan *lag time* dengan antar aktivitas digunakan untuk menentukan durasi waktu pengerjaan proyek agar lebih efisien. Keterkaitan antar kegiatan melalui *lag time* digunakan supaya waktu pekerjaan proyek lebih efisien. Macam-macam istilah hubungan aktivitas (Gambar 2):

1. *Start to Start* (SS)  
Pekerjaan *predecessor* dimulai bertepatan dengan pekerjaan *successor* dimulai.
2. *Finish to Start* (FS)  
Pekerjaan *predecessor* selesai kemudian baru dimulai pekerjaan *successor*.
3. *Start to Finish* (SF)  
Pekerjaan *successor* dimulai bersamaan dengan pekerjaan *predecessor* selesai.
4. *Finish to Finish* (FF)  
Pekerjaan *predecessor* selesai bersamaan.



Gambar 2. Macam-macam hubungan aktivitas pada CPM

### Menentukan waktu penyelesaian

Untuk menghitung waktu penyelesaian digunakan berbagai istilah yaitu:

- a. E (*Earliest event occurrence time*)  
Waktu paling cepat terjadinya peristiwa.
- b. L (*Latest event occurrence time*)  
Waktu terlambat peristiwa dimana dapat dikerjakan.
- c. ES (*Earliest activity start time*)  
Waktu terawal dimulainya kegiatan.
- d. EF (*Earliest activity finish time*)  
Waktu terawal selesainya kegiatan.
- e. LS (*Latest activity start time*)  
Waktu terlama dimulainya kegiatan, dengan tidak mempengaruhi keseluruhan proyek.
- f. LF (*Latest activity finish time*)  
Waktu terlama selesainya kegiatan dengan tidak mempengaruhi keseluruhan proyek.
- g. T (*Activity duration time*)  
Jangka waktu suatu kegiatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan urutan aktivitas

Penyusunan aktivitas kegiatan yang sistematis dan benar dalam rangkaian pekerjaan proyek dilakukan agar jadwal proyek berjalan sesuai proses perencanaan. Penyusunan aktivitas kegiatan disusun berdasarkan *predecessors*.

*Predecessor* merupakan aktivitas kegiatan yang dilaksanakan sebelum aktivitas yang bersangkutan dimulai. *Successor* merupakan aktivitas kegiatan yang dilakukan setelah aktivitas yang bersangkutan dimulai. Hubungan antar aktivitas dinyatakan dalam hubungan *Finish to Start* (FS) dan *Start to Start* (SS) dengan *lag time*. Hubungan *lag time* dengan antar aktivitas digunakan untuk menentukan durasi waktu pengerjaan proyek agar lebih efisien.

*Microsoft Project* merupakan suatu perangkat *software* administrasi proyek untuk mendukung optimalisasi pengelolaan proyek. *Software* ini digunakan untuk penjadwalan dalam melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan, menyusun jadwal pekerjaan, mengalokasikan tenaga kerja, dan mengelola biaya (anggaran) sehingga dapat digunakan sebagai acuan data dalam melaksanakan proyek (Rani 2016).

Proyek reparasi kapal TB. Patra Tunda 3001 dimulai dengan pekerjaan naik *dock* dan pekerjaan terakhir yaitu *sea trial* kapal. Penyusunan urutan aktivitas pekerjaan pada penelitian ini menggunakan *software Microsoft Project*.

### Analisa network diagram

*Network diagram* merupakan sekelompok rangkaian kegiatan yang digunakan untuk menyelesaikan proyek pekerjaan. Jaringan kerja ini disusun atas dasar urutan kegiatan dari sebuah proyek dan mempunyai hubungan antar kegiatan dan waktu durasi dari tiap pekerjaan (Suharto 2015). Setelah urutan kegiatan dibuat, didapatkan *network diagram*. *Network diagram* pekerjaan reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001 ditunjukkan pada Gambar 3.

### Lintasan kritis

Lintasan kritis atau yang sering juga disebut jalur kritis merupakan rangkaian kegiatan yang menjadi pekerjaan kritis dari awal kegiatan sampai akhir aktivitas kegiatan dalam suatu proyek. Jika pelaksanaan aktivitas pekerjaan pada jalur kritis terlambat, maka dapat mengakibatkan terjadinya keterlambatan proyek keseluruhan. Menentukan aktivitas pekerjaan pada jalur kritis dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur dalam menentukan nilai ES (*Early activity start time*), EF (*Early activity finish time*), LS (*Latest activity start time*), dan LF (*Latest activity finish time*).

Pada pekerjaan proyek reparasi pada kapal TB. PATRA TUNDA 3001 terdapat 10 pekerjaan jalur kritis. *Network diagram* pekerjaan kritis reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001 ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan pekerjaan kritis reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001 dapat dilihat pada Gambar 5.

Penelitian pada proyek reparasi/perbaikan kapal TB. Patra Tunda 3001 ini

terdapat beberapa aktivitas pekerjaan pada jalur lintasan kritis yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 2.

### Perhitungan produktivitas harian

Produktivitas adalah rasio antara *output* dengan *input*. Produktivitas bisa disebut sebagai perbandingan dari hasil produksi dengan total sumber daya yang diperlukan. Perhitungan produktivitas normal harian dapat dilihat pada Tabel 3. Persamaan perhitungan produktivitas harian adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$

### Alternatif penambahan jam kerja

Alternatif yang bisa dilakukan untuk mempercepat waktu selesainya proyek ialah penambahan jam kerja (lembur), tetapi disesuaikan kebutuhan dan tenaga kerja. Durasi atau waktu normal pengerjaan proyek ini ialah 8 jam per hari (08.00 – 17.00) dan waktu istirahat selama 1 jam (12.00-13.00). Penambahan jam kerja (lembur) dilakukan selama 4 jam kerja (17.00 – 21.00) setelah durasi kerja normal selesai. Namun, dapat menyebabkan penurunan produktivitas sampai dengan 60% dari produktivitas jam kerja normal. Besar produktivitas harian dengan alternatif percepatan melalui penambahan jam kerja (lembur) dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$A = B + (C \times D \times E)$$

Keterangan:

A : Prod. *crashing* penambahan jam kerja

B : Prod. harian normal

C : Prod. per jam normal

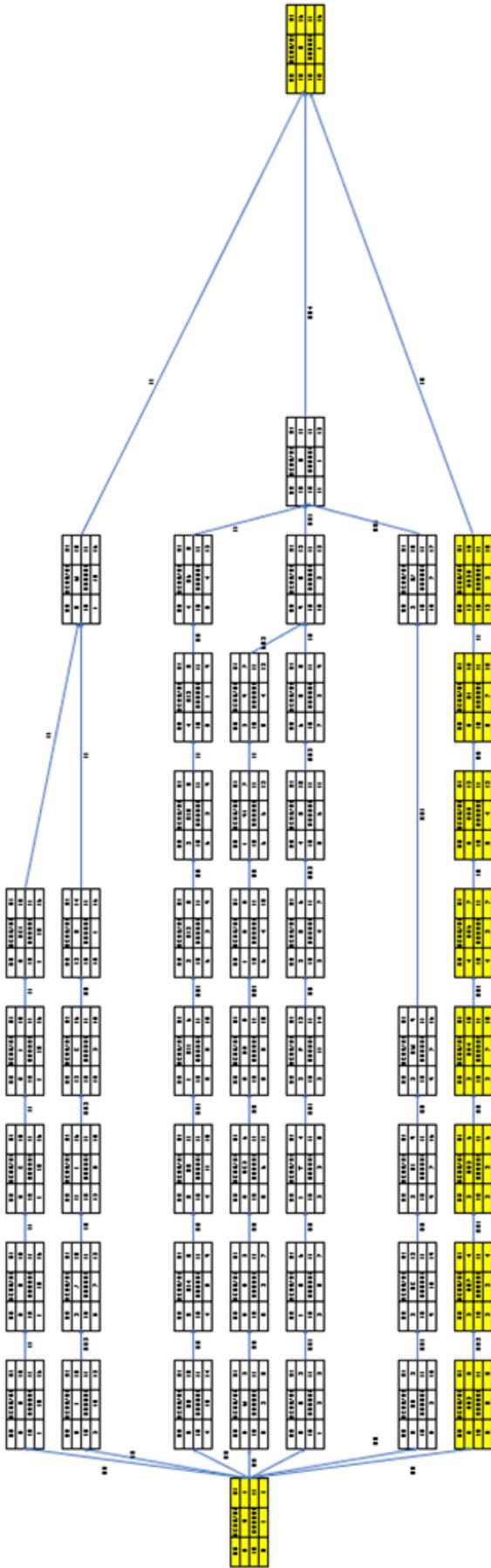
D : Koef. pengurangan produktivitas

E : Durasi jam lembur

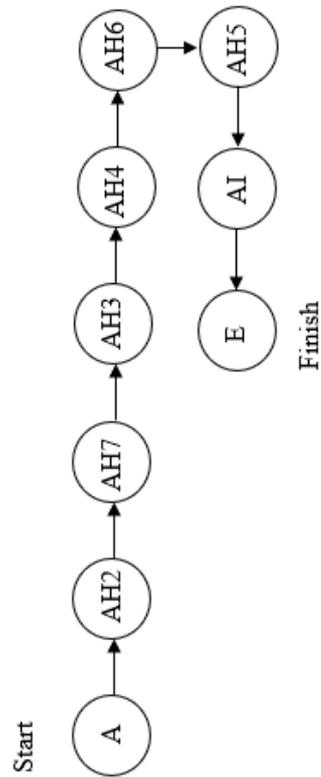
### Crash duration alternatif penambahan jam kerja (lembur)

*Crash duration* merupakan waktu yang diperlukan untuk mempercepat durasi penyelesaian proyek. Hasil perhitungan produktivitas *crashing* dan *crash duration* penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Tabel 4. Persamaan perhitungan *crash duration* adalah sebagai berikut:

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Crashing}}$$



Gambar 3. Network diagram semua pekerjaan reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001



Gambar 4. Network diagram pekerjaan kritis reparasi kapal TB. PATRA TUNDA 3001



Gambar 5. Lintasan kritis pekerjaan A dan AH2 pada *network diagram* TB. Patra Tunda 3001

Tabel 2. Jalur lintasan kritis TB. Patra Tunda 3001

No	Nama Pekerjaan	EF	LF	TF
1	Memasukkan, menambatkan kapal ke dermaga	1	1	0
2	Bongkar pasang ban dapra	5	5	0
3	Penggantian pondasi <i>soper box</i>	4	4	0
4	Perbaikan pelat <i>bulwark</i>	6	6	0
5	Perbaikan gading <i>bulwark</i>	10	10	0
6	<i>Exhaust fan blower</i>	7	7	0
7	<i>Fairlead seating frame</i>	12	12	0
8	Ganti karpet vinil lantai kabin, kloset	15	15	0
9	Pengecetan lambung, penggantian rantai dapra	15	15	0
10	<i>Sea trial and compass adjusment</i>	16	16	0

Tabel 3. Perhitungan produktivitas normal harian pada kapal TB Patra Tunda 3001

No	Nama Pekerjaan	Vol.	Durasi (Hari)	Prod. Harian
1	Memasukkan, menambatkan kapal ke dermaga	1 kali	1	1
2	Bongkar pasang ban dapra	30 pcs	5	6
3	Penggantian pondasi <i>soper box</i>	29,2 kg	2	14,60
4	Perbaikan pelat <i>bulwark</i>	71,38 kg	3	23,79
5	Perbaikan gading <i>bulwark</i>	185 kg	7	26,43
6	<i>Exhaust fan blower</i>	3,53 kg	3	1,18
7	<i>Fairlead seating frame</i>	21,22	4	5,31
8	Ganti karpet vinil lantai kabin, kloset	60,5 m <sup>2</sup>	2	30,25
9	Pengecetan lambung, penggantian rantai dapra	200 m	3	66,67
10	<i>Sea trial and compass adjusment</i>	100	1	1

### Crash cost alternatif penambahan jam kerja (lembur)

*Normal cost* atau biaya normal ialah biaya langsung yang diperlukan dalam penyelesaian kegiatan proyek secara keseluruhan dengan durasi waktu normal. Perhitungan *normal cost* dapat diketahui sebagai berikut:

$$A = B \times C \times D$$

Keterangan:

A = *Normal cost*

B = *Normal cost* per hari

C = *Normal duration*

D = Jumlah pekerja normal

*Crash cost* merupakan besar pengeluaran biaya untuk penyelesaian

pekerjaan suatu proyek setelah dilakukan proses percepatan. Perhitungan *crash cost* disebabkan oleh adanya penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam dan adanya penambahan tenaga kerja di setiap pekerjaan. Berdasarkan hasil observasi, data yang diperoleh adalah besar biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam ialah sama dengan besar biaya tenaga kerja per hari. Perhitungan penambahan *crash cost* alternatif jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Tabel 5. Persamaan perhitungan *crash cost* pekerja per hari akibat penambahan jam kerja adalah sebagai berikut:

$$A = B + C$$

Keterangan:

A = Perhitungan *crash cost* pekerja per hari akibat penambahan jam kerja (lembur)

B = *Normal cost* pekerja per hari

C = Biaya lembur per hari

### Alternatif penambahan jam kerja

Adanya penambahan tenaga kerja diharapkan mampu menghasilkan proyek yang efisien, meningkatkan produktivitas dan pekerjaan cepat selesai. Pada penelitian proyek reparasi/perbaikan TB. Patra Tunda 3001 ini diasumsikan penambahan tenaga kerja sebesar 30% dari peningkatan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja (lembur). Perhitungan produktivitas *crashing*, *crash duration*, *crash cost* setelah penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 6.

### Cost slope penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja

*Cost slope* adalah penambahan

biaya langsung yang dikeluarkan dalam mengurangi durasi dari setiap aktivitas pekerjaan. Perhitungan *cost slope* alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 7. Persamaan perhitungan *cost slope* adalah sebagai berikut:

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

### Hasil analisa

Hasil analisa dengan *Critical Path Method* (CPM) digunakan dalam memperoleh *network diagram*, jalur kritis (*critical path*), produktivitas harian, produktivitas *crashing*, *crash duration*, *crash cost*, dan *crash slope* pada pekerjaan kritis. Selanjutnya dilakukan *crashing project* untuk mencari waktu dan biaya optimal dalam mempercepat durasi proyek. Analisa percepatan proyek reparasi kapal ini dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada aktivitas pekerjaan kritis.

Tabel 4. Perhitungan *produktivitas crashing* dan *crash duration* setelah penambahan jam kerja (lembur) pada aktivitas pekerjaan kritis TB Patra Tunda 3001

Nama Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Prod/Jam	Koef Penurunan Prod.	Durasi Jam Lembur	Prod. Crashing Penambahan Jam Lembur	Crash Duration
Memasukkan, menambatkan kapal ke dermaga	1 kali	0,13	0,6	4	1,30	1
Bongkar pasang ban dapra	30 pcs	0,75	0,6	4	7,80	3
Penggantian pondasi <i>soper box</i>	29,2 kg	1,83	0,6	4	18,98	1
Perbaikan pelat <i>bulwark</i>	71,38 kg	2,97	0,6	4	30,93	2
Perbaikan gading <i>bulwark</i>	185 kg	3,30	0,6	4	34,36	4
<i>Exhaust fan blower</i>	3,53 kg	0,15	0,6	4	1,53	2
<i>Fairlead seating frame</i>	21,22	0,66	0,6	4	6,90	2
Ganti karpet vinil lantai kabin, kloset	60,5 m <sup>2</sup>	3,78	0,6	4	39,33	1
Pengecetan lambung, penggantian rantai dapra	200 m	8,33	0,6	4	86,67	2
<i>Sea trial and compass adjusment</i>	1 kali	0,13	0,6	4	1,30	1

Tabel 5. Penambahan *crash cost* alternatif jam kerja (lembur) pada pekerjaan lintasan kritis TB. Patra Tunda 3001

<b>Nama Pekerjaan</b>	<b>Tarif</b>	<b>Jumlah Perkerja</b>	<b>Normal Cost</b>	<b>Crash Cost Pekerja</b>	<b>Crash Cost Penambahan Jam Lembur</b>
Memasukkan, menambatkan kapal ke dermaga	Rp 120.000	0	Rp -	Rp 240.000	Rp -
Bongkar pasang ban dapra	Rp 120.000	3	Rp 1.800.000	Rp 240.000	Rp 240.000
Penggantian pondasi <i>soper box</i>	Rp 120.000	2	Rp 480.000	Rp 240.000	Rp 480.000
Perbaikan pelat <i>bulwark</i>	Rp 120.000	3	Rp 1.080.000	Rp 240.000	Rp 1.440.000
Perbaikan gading <i>bulwark</i>	Rp 120.000	0	Rp 2.520.000	Rp 240.000	Rp 2.880.000
<i>Exhaust fan blower</i>	Rp120.000	3	Rp 720.000	Rp 240.000	Rp 960.000
<i>Fairlead seating frame</i>	Rp 120.000	2	Rp 960.000	Rp 240.000	Rp 960.000
Ganti karpet vinil lantai kabin, kloset	Rp 120.000	3	Rp 720.000	Rp 240.000	Rp 720.000
Pengecetan lambung, penggantian rantai dapra	Rp 120.000	3	Rp 1.080.000	Rp 240.000	Rp 1.440.000
<i>Sea trial and compass adjusment</i>	Rp 120.000	2	Rp -	Rp 240.000	Rp -

Tabel 6. Perhitungan produktivitas *crashing*, *crash duration*, *crash cost* setelah penambahan tenaga kerja pada pekerjaan lintasan kritis TB. Patra Tunda 3001

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Memasukkan, menambatkan kapal ke dermaga	1	1	-	Rp -
Bongkar pasang ban dapra	8	4	4	Rp 1.920.000
Penggantian pondasi <i>soper box</i>	21,90	1	3	Rp 360.000
Perbaikan pelat <i>bulwark</i>	31,72	2	4	Rp 960.000
Perbaikan gading <i>bulwark</i>	44,05	4	5	Rp 2.400.000
<i>Exhaust fan blower</i>	1,77	2	3	Rp 720.000
<i>Fairlead seating frame</i>	13,26	2	5	Rp 1.200.000
Ganti karpet vinil lantai kabin, kloset	40,33	1	4	Rp 480.000
Pengecetan lambung, penggantian rantai dapra	155,5	1	7	Rp 840.000
<i>Sea trial and compass adjusment</i>	1	1	-	Rp -

Keterangan:

A : Nama pekerjaan

B : Prod. *crashing* penambahan tenaga kerja (kg/hari)C : *Crash duration* penambahan tenaga kerja (hari)

D : Jumlah tenaga kerja baru (orang)

E : *Crash cost*

Tabel 7. Perhitungan *cost slope* alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pekerjaan lintasan kritis TB. Patra Tunda 3001

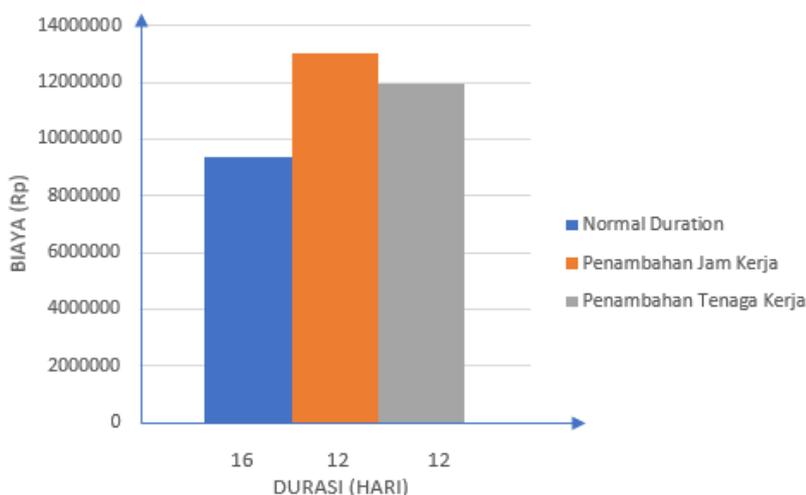
Nama Pekerjaan	Cost Slope Penambahan Jam Kerja	Cost Slope Penambahan Tenaga Kerja
Memasukkan, menambatkan kapal ke dermaga	Rp -	Rp -
Bongkar pasang ban dapra	Rp 180.000	Rp 120.000
Penggantian pondasi <i>soper box</i>	Rp -	Rp -120.000
Perbaikan pelat <i>bulwark</i>	Rp 360.000	Rp -120.000
Perbaikan gading <i>bulwark Exhaust fan blower</i>	Rp 120.000	Rp -40.000
<i>Fairlead seating frame</i>	Rp 240.000	Rp -
Ganti karpet vinil lantai kabin, kloset	Rp -	Rp 120.000
Pengecatan lambung, penggantian rantai dapra	Rp -	Rp -240.000
<i>Sea trial and compass adjusment</i>	Rp 360.000	Rp -120.000
	Rp -	Rp -

Hasil durasi percepatan dan biaya optimal yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Durasi normal dan total biaya normal pada aktivitas pekerjaan kritis sebelum dilakukan percepatan:  
 Total Durasi Normal : 16 Hari  
 Total Biaya Normal : Rp 9.360.000
- Durasi dan total biaya setelah percepatan akibat penambahan jam kerja (lembur) aktivitas pekerjaan lintasan kritis:  
 Total Durasi Percepatan : 12 Hari  
 Percepatan Durasi : 25% (4 Hari)  
 Total Biaya Percepatan :

Rp 11.920.000,00  
 Peningkatan Biaya :  
 27,35% (Rp 2.560.000,00)

- Durasi dan total biaya setelah percepatan akibat penambahan tenaga kerja pada aktivitas pekerjaan lintasan kritis:  
 Total Durasi Percepatan : 12 Hari  
 Percepatan Durasi : 25% (4 Hari)  
 Total Biaya Percepatan :  
 Rp 13.040.000,00  
 Pengurangan Biaya :  
 39,31% (Rp 3.680.000,00)  
 Perbandingan hubungan durasi dan biaya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan hubungan durasi dan biaya

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil pengolahan data pada penelitian proyek reparasi TB. Patra Tunda 301 dengan *Critical Path Method* (CPM) dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis *network diagram* mendapatkan 10 pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. *Crashing project* menghasilkan *network diagram* mengalami kemajuan. Alternatif yang digunakan dalam percepatan waktu (*crashing project*) yaitu penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur) yang mengakibatkan durasi lebih pendek 4 hari dari durasi normal 16 hari memperoleh durasi baru 12 hari.
2. Rata-rata nilai produktivitas tenaga kerja normal sebesar 17,62 kg/hari. Adanya *crashing* dengan penambahan tenaga kerja menghasilkan rata-rata nilai produktivitas tenaga kerja menjadi 31,86 kg/hari. Sedangkan dengan penambahan jam kerja (lembur) menghasilkan rata-rata nilai produktivitas tenaga kerja menjadi 22,91 kg/hari.
3. Biaya normal pada proyek reparasi kapal ialah sebesar Rp 9.360.000,00. Adanya *crashing* dengan penambahan tenaga kerja mengakibatkan total biaya menjadi Rp 11.920.000,00 sehingga diperoleh selisih biaya sebesar Rp 2.560.000,00 (27,35%). *Crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) mengakibatkan total biaya menjadi Rp 13.040.000 sehingga diperoleh selisih biaya sebesar Rp 3.680.000,00 (39,31%).

Penambahan tenaga kerja lebih efisien dari penambahan jam kerja (lembur). Adanya penjadwalan proyek yang telah sesuai dengan produktivitas tenaga kerjanya, jika melakukan *crashing* dengan penambahan tenaga kerja akan sangat efisien karena pengeluaran biaya untuk *manpower* tidak terlalu besar. Hal ini dapat menjadi acuan galangan dalam penambahan tenaga kerja untuk mengantisipasi adanya keterlambatan proyek.

### Saran

Beberapa saran untuk penelitian berikutnya, antara lain:

1. Seharusnya dihitung analisa seluruh proyek dari awal hingga selesai sehingga diketahui percepatan durasi dan selisih

biaya secara keseluruhan.

2. Tidak hanya alternatif pada penelitian ini saja, namun bisa menggunakan percobaan alternatif yang lain contohnya perbanyak kapasitas alat baru serta lebih canggih.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan jurnal penelitian ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak baik yang terlibat secara langsung maupun tidak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Yasa Wahana Tirta Samudera terutama kepala proyek reparasi kapal TB. Patra Tunda 3001 yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan bagi penulis untuk penyelesaian penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi A, Suparno S, Suharyo OS, Susanto AD. 2018. Time Scheduling and Cost of The Indonesian Navy Ship Development Project Using Network Diagram and Earned Value Method (Evm) (Case Study of Fast Missile Boat Development). *J. ASRO-STAL*. 9(2): 87–106.
- Anggriawan S, Iskandar. 2015. Analisa *Network Planning* Reparasi KM Tonasa Line VIII dengan Metode CPM untuk Mengantisipasi Keterlambatan Penyelesaian Reparasi (Studi Kasus di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya). *Jurnal Teknik Mesin*. 3(3): 106-111.
- Andhani YT, Mulyatno IP, Santosa AWB. 2020. *Reschedule* Reparasi Kapal KN. KUMBA 470 DWT dengan *Critical Path Method* di Galangan Semarang. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 8(3): 231-238.
- Badri. 1997. Dasar-Dasar Network Planning. Jakarta (ID): PT. Rika Cipta.
- [BKI] Biro Klasifikasi Indonesia. 2012. Peraturan Survey dan Klasifikasi Kapal Jilid 1. Jakarta (ID): BKI.
- Hansut L, David A, Gasparik J. 2017. The Critical Path Method as the Method for Evaluation and Identification of the Optimal Container Trade Route Between Asia and Slovakia. 17th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management. 29-42.
- Heizer J, Render B. 2005. Operatioens Management, Edisi Ketujuh. Jakarta (ID): Salemba Empat.

- Lock D. 1987. *Manajemen Proyek*, Edisi Ketiga. Jakarta (ID): Erlangga.
- PMI. 2013. *A Guide to The Project Management Body of Knowledge: PMBOK (R) Guide*, 5th Ed, Pennsylvania. USA: Project Management Institute.
- Rani HA. 2016. *Manajemen Proyek Kontruksi*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Regatama G, Amiruddin W, Mulyatno IP. 2019. Analisis *Network Planning* Reparasi Kapal SPB TITAN 70 dengan Metode *Critical Path Method*. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 7(4): 152-160.
- Setiawan. 2008. *Antonius Fran, Smart Project Plan with Microsoft Project*. Jakarta (ID): PT Dian Digital Media.
- Soeharto. 1998. *Prinsip-Prinsip Pelaksanaan Proyek Sipil*. Surabaya (ID): Elex Media Computindo.
- Soeharto. 1999. *Manajemen Proyek Jilid 1 (Dari Konseptual sampai Operasional)*, Edisi Kedua. Jakarta (ID): Erlangga.
- Sriningsih SW, Wiwi U. 2016. Analisa *Network Planning* Reparasi KM Berlin Nakroma dengan Metode CPM untuk Mengantisipasi Keterlambatan Penyelesaian Reparasi Kapal di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. *Jurnal Teknik Mesin*. 4(2): 155-160.
- Suharto. 2015. Hubungan Antara Produktivitas Pekerja Galangan dan Teknik Kerja terhadap Kinerja *Graving Dock* (Studi Kasus Di PT. Janata Marina Indah Semarang). *Jurnal Teknik Sipil Unaya*. 1(2): 163-176.