

## **PENERAPAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) PADA PENJADWALAN REPARASI KAPAL PATROLI XVI 2012**

**Hanok Mandaku<sup>1)</sup>, M. Thezar Afifudin<sup>2)</sup>, Gloria C. Parera<sup>3)</sup>**

Program Studi Teknik Industri Universitas Pattimura

e-mail: <sup>1)</sup>hanokmandaku30@gmail.com, <sup>2)</sup>thezar.afifudin@fatek.unpatti.ac.id, <sup>3)</sup>gloriaparera31@gmail.com

### **ABSTRAK**

*Pekerjaan reparasi kapal pada fasilitas galangan kapal di Laboratorium Reparasi Kapal Fakultas Teknik Universitas Pattimura sejauh ini belum menerapkan metode penjadwalan proyek guna mengoptimalkan kinerja. Penentuan waktu dan penjadwalan pekerjaan reparasi kapal masih dilakukan berdasarkan pengalaman semata. Akibatnya, terjadi inefisiensi waktu dan biaya yang berdampak pada rendahnya kinerja, sehingga industri dok dan perkapalan sulit berkembang dan berkontribusi bagi pengembangan sektor maritim. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi jadwal reparasi Kapal Patroli XVI 2012. Metode yang digunakan adalah Critical Path Method (CPM) atau metode jalur kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengerjaan reparasi pada kondisi eksisting terdapat 24 aktivitas dan 21 jalur yang memerlukan waktu pengerjaan selama 50,25 jam. Optimasi menggunakan CPM menghasilkan jalur kritis dengan 10 aktivitas dan 9 jalur yang memerlukan waktu pengerjaan selama 22,5 jam, atau terjadi efisiensi sebesar 44%. Hasil ini membuktikan bahwa CPM berhasil mengoptimalkan waktu pengerjaan reparasi kapal. Temuan ini bermanfaat bagi Laboratorium Reparasi Kapal Fakultas Teknik Universitas Pattimura dalam rangka mengoptimalkan kinerja sehingga dapat mendukung pengembangan sektor maritim Indonesia.*

**Kata kunci:** *CPM, penjadwalan, reparasi kapal.*

### **ABSTRACT**

*Ship repair work at shipyard facilities at the Ship Repair Laboratory, Faculty of Engineering, Pattimura University has not implemented project scheduling methods to optimize performance. Determining the time and scheduling of ship repair work is still done based on experience alone. As a result, time and cost inefficiencies occur which result in low performance, making it difficult for the docking and shipping industry to develop and contribute to the development of the maritime sector. This research aims to optimize the 2012 XVI Patrol Ship repair schedule. The method used in this research is the Critical Path Method (CPM). The object of the research is Patrol Ship XVI 2012. The research results show that the repair work process in existing conditions contains 24 activities and 21 routes which require 50.25 hours of work time. Rescheduling with CPM produces a critical path with 10 activities and 9 paths that require a processing time of 22.5 hours, or there is an efficiency of 44%. These results prove that CPM has succeeded in optimizing ship repair work time. These findings are useful for the Ship Repair Laboratory, Faculty of Engineering, Pattimura University to optimize performance to support the development of Indonesia's maritime sector.*

**Keywords:** *CPM, scheduling, repair ship.*

## **PENDAHULUAN**

Poros Maritim Dunia (PMD) merupakan salah satu kebijakan strategis pemerintah Indonesia dalam memajukan ekonomi berbasis maritim [1]. Orientasi utamanya adalah melalui pengembangan sektor kelautan dengan menekankan pada lima pilar utama, yakni: (1) budaya maritim; (2) ekonomi maritim; (3) konektivitas maritim; (4) diplomasi maritim; dan (5) keamanan maritim [2]. Kebijakan PMD perlu didukung dengan pengembangan infrastruktur maritim, diantaranya industri dok dan perkapalan.

Pengembangan infrastruktur dok dan perkapalan perlu ditekankan pada aspek kualitas agar mampu berkompetitif. Salah satu aspek kualitas yang perlu menjadi perhatian adalah optimalisasi kinerja atau produktivitas. Ukuran produktivitas industri dok dan perkapalan adalah kemampuan dalam menghasilkan menyelesaikan produk melalui pemanfaatan sumber daya secara efektif dan efisien, serta penerapan teknologi secara tepat [3]. Optimalisasi kinerja dapat diwujudkan melalui perencanaan dan penjadwalan kerja

yang efektif dan efisien guna menghindari keterlambatan yang dapat berakibat pada peningkatan biaya, menurunnya kepercayaan konsumen dan kacanya *time-line* [4].

*Critical Path Method (CPM)* adalah salah satu metode penjadwalan kerja (proyek) yang menyajikan rangkaian item pekerjaan sebuah proyek dan mengungkap bagian kritis penyelesaian proyek secara keseluruhan [5]. *CPM* pada setiap kegiatannya menggunakan perkiraan waktu tetap [6]. Jalur kritis dalam *CPM* adalah jalur penyelesaian proyek optimal yang disyaratkan bila semua pekerjaan pada jalur lain sebelumnya telah selesai dilaksanakan. Sehingga, bila terdapat jalur sumber daya yang belum menyelesaikan pekerjaan yang direncanakan, maka perolehan waktu tersebut belum bisa dioptimalisasikan terhadap kegiatan lain yang bertujuan untuk mempercepat proyek kecuali berada pada tingkatan jalur kritis [7]. Oleh sebab itu, penggunaan *CPM* dimaksudkan sebagai alat monitoring pekerjaan melalui penentuan besarnya tenggang waktu (*slack time*) setiap pekerjaan dan pekerjaan mana yang berada pada jalur kritis yang harus diselesaikan tepat waktu [8]. *CPM* dapat digunakan dalam perencanaan dan penjadwalan pekerjaan reparasi kapal pada suatu galangan, karena kelebihanannya yaitu dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mencari jalur kritis serta mengidentifikasi waktu awal dan waktu akhir proyek [9].

Galangan kapal merupakan salah satu fasilitas yang terdapat pada Laboratorium Reparasi Kapal Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Fasilitas galangan telah dilengkapi dengan sejumlah peralatan penunjang untuk pekerjaan reparasi seperti *air bag*, mesin bubut, mesin bor, *electric compressor*, *oxygen tank*, dongkrak hidrolik, *forklift*, *winch*, *welding machine*, *painting equipment*, *water jet equipment*, dan mesin las. Selain itu, terdapat *slipway* berukuran 92,00 x 9,60 meter yang cocok untuk reparasi kapal-kapal berukuran kecil. Tersedianya peralatan tersebut dimaksudkan agar pekerjaan reparasi kapal dapat berlangsung optimal. Meski demikian, hingga kini penentuan durasi waktu dan penjadwalan pekerjaan reparasi kapal masih dilakukan berdasarkan pengalaman semata. Akibatnya, acapkali terjadi keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan. Atas dasar itu, maka penelitian ini hendak menerapkan *CPM* dalam perencanaan dan penjadwalan pekerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012 yang memanfaatkan fasilitas galangan di Laboratorium Reparasi Kapal Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Pekerjaan reparasi kapal tersebut sebelumnya memerlukan durasi waktu selama 50,25 jam. Oleh sebab itu, penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi waktu dan menyusun jadwal pekerjaan reparasi dengan perangkat *CPM*.

Penjadwalan pekerjaan reparasi kapal untuk tujuan optimalisasi telah jamak dilakukan dan menggunakan berbagai metode, diantaranya *Project Evaluation and Review Technique (PERT)*, *Precedence Diagram Method (PDM)*, *Critical Chain Project Management (CCPM)*, *Network Diagram*, *Fuzzy Logic Application for Scheduling (FLASH)* dan *CPM*. Metode *PERT* telah diimplementasikan pada pekerjaan reparasi kapal KMP. Royal Nusantara [10] dan kapal KN. RB 309 Ternate 01 [11], *Network Diagram* digunakan pada kapal MV. Awu [3], *PDM* digunakan pada kapal jenis *Tug Boat* [12], *CCPM* digunakan pada kapal BG. KFT 8005 [13], dan *FLASH* digunakan pada kapal ferry 1483 GT [14]. Sedangkan *CPM* selain diimplementasi pada reparasi kapal TB. Patra Tunda 3001 [8], juga pada kapal MV. Awu [3], kapal BG. KFT 8005 [13], dan *Tug Boat* [12].

Penerapan *CPM* pada reparasi kapal TB. Patra Tunda 3001 menemukan dengan penambahan jam kerja dan tenaga kerja mampu mengefisienkan waktu kerja 25% dari waktu normal 16 hari [8]. Pada kapal MV. Awu, setelah dilakukan *crashing* didapat durasi pekerjaan selama 16 hari dari jadwal semula 18 hari [3]. Sementara pada kapal BG. KFT 8005 diperoleh durasi waktu pengerjaan selama 76 hari [13]. Selain digunakan pada penjadwalan reparasi kapal, *CPM* umumnya juga digunakan pada penjadwalan pekerjaan atau proyek lainnya seperti konstruksi jalan [15], konstruksi bangunan [16], serta untuk berbagai skala proyek baik skala besar maupun skala kecil [17].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan waktu pengerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012 melalui penjadwalan ulang dengan menggunakan perangkat *CPM*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan bagi pengelola galangan kapal, sehingga dapat meningkatkan *income* sebagai industri galangan guna mendukung kebijakan pemerintah dalam mendukung pengembangan sektor maritim di Indonesia.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan pada April-Mei 2023, bertempat di fasilitas galangan yang terdapat di Laboratorium Reparasi Fakultas Teknik, Universitas Pattimura. Fasilitas tersebut terdapat di Desa Poka, Kota Ambon. Objek penelitian adalah Kapal Patroli XVI 2012 milik Polairud Polda Maluku. Gambar 1 merupakan gambar objek penelitian dengan ukuran utama terdapat pada Tabel 1.



Gambar 1. Kapal Patroli XVI 2012

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No.	Dimensi	Ukuran
1	Panjang kapal keseluruhan	11,68 m
2	Panjang lambung keseluruhan	10,80 m
3	Berat kapal	8.701 ton
4	Kecepatan operasional	28 knot
5	Kecepatan maksimum	33 knot
6	Kapasitas bahan bakar	1.250 liter
7	Kapasitas air	200 liter
8	Kapasitas kru	4 orang

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi: (1) data proses reparasi kapal; dan (2) data waktu pengerjaan reparasi kapal, terdiri dari: (a) waktu memulai, yakni lamanya waktu yang diperlukan untuk mempersiapkan kapal hingga kapal naik pada area *slipway*; (b) waktu pengerjaan reparasi, yakni lamanya waktu pengerjaan reparasi; dan (c) waktu mengakhiri, yakni lamanya waktu pada proses menurunkan kapal dari *slipway* ke laut. Data tersebut diperoleh dari hasil wawancara dan observasi langsung ke lokasi penelitian. Metode yang digunakan untuk penjadwalan reparasi kapal adalah *Critical Path Method (CPM)* atau metode jalur kritis. Data hasil penelitian diolah menggunakan *software LINGO*.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Penentuan Urutan Kegiatan/Aktivitas**

Penyusunan kegiatan atau aktivitas dalam proses reparasi kapal didasarkan pada *predecessors*. Hal ini dimaksudkan agar jadal proyek berjalan sesuai dengan proses perencanaan. *Predecessors* merupakan aktivitas kegiatan yang dilaksanakan sebelum aktivitas yang bersangkutan dimulai. *Succesor* merupakan aktivitas kegiatan yang dilakukan setelah aktivitas kegiatan [8]. Adapun urutan kegiatan atau aktivitas pekerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012 terdapat pada Tabel 2.

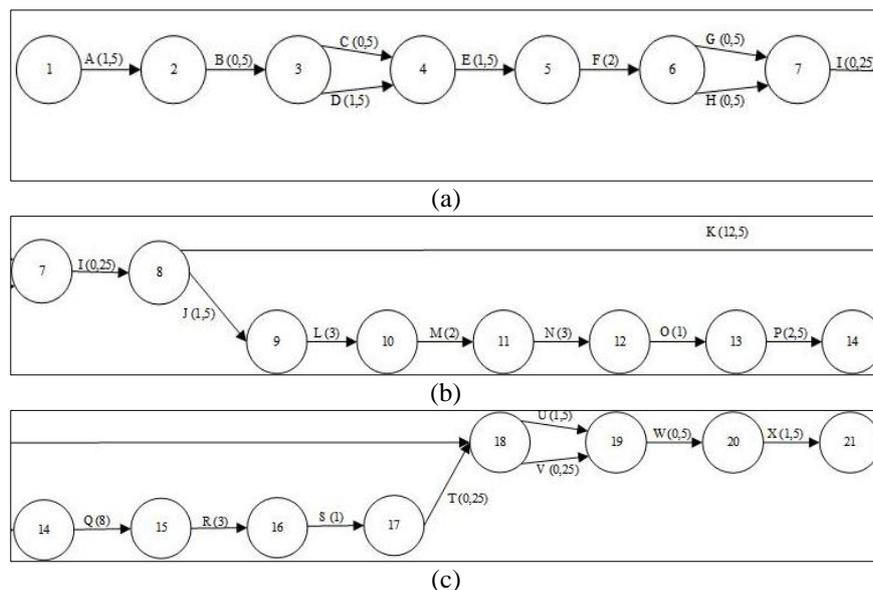
Tabel 2. Urutan Kegiatan/Aktivitas Reparasi Kapal Patroli XVI 2012

No	Task Name	Code	Duration (jam)	Predecessors
1	Kapal masuk area galangan	A	1,5	-
2	Pengaturan <i>air bag</i>	B	0,5	A
3	Pemasangan tali gendong winch ke kapal	C	0,5	B
4	Pengisian angin pada <i>air bag</i>	D	1,5	B
5	Penarikan kapal menggunakan winch	E	1,5	C,D
6	Kapal naik ke area <i>slipway</i>	F	2,0	E
7	Pemasangan blok pada bilga kapal	G	0,5	F
8	Pengempesan <i>air bag</i>	H	0,5	G
9	Penyaluran listrik	I	0,25	G,H
10	Scrap tiram lambung kapal	J	1,5	I
11	Perbaikan <i>tune up</i> mesin	K	12,5	I
12	<i>Water jet</i> lambung kapal	L	3,0	J
13	Menunggu pengeringan	M	2,0	L
14	Pengampelasan lambung timbul kapal	N	3,0	M
15	Pembersihan abu pengampelasan	O	1,0	N
16	Pengecatan lambung timbul	P	2,5	O
17	Menunggu pengeringan	Q	8,0	P
18	Pengecatan Anti Fouling pada draft kapal	R	3,0	Q
19	Menunggu pengeringan	S	1,0	R
20	Pengaturan <i>air bag</i>	T	0,25	K,S
21	Pengisian angin pada <i>air bag</i>	U	1,5	T
22	Pemasangan tali gendong winch ke kapal	V	0,25	T,U
23	Pelepasan blok pada bilga	W	0,5	U,V
24	Kapal turun	X	1,5	W
<b>Total Waktu</b>			<b>50,25</b>	

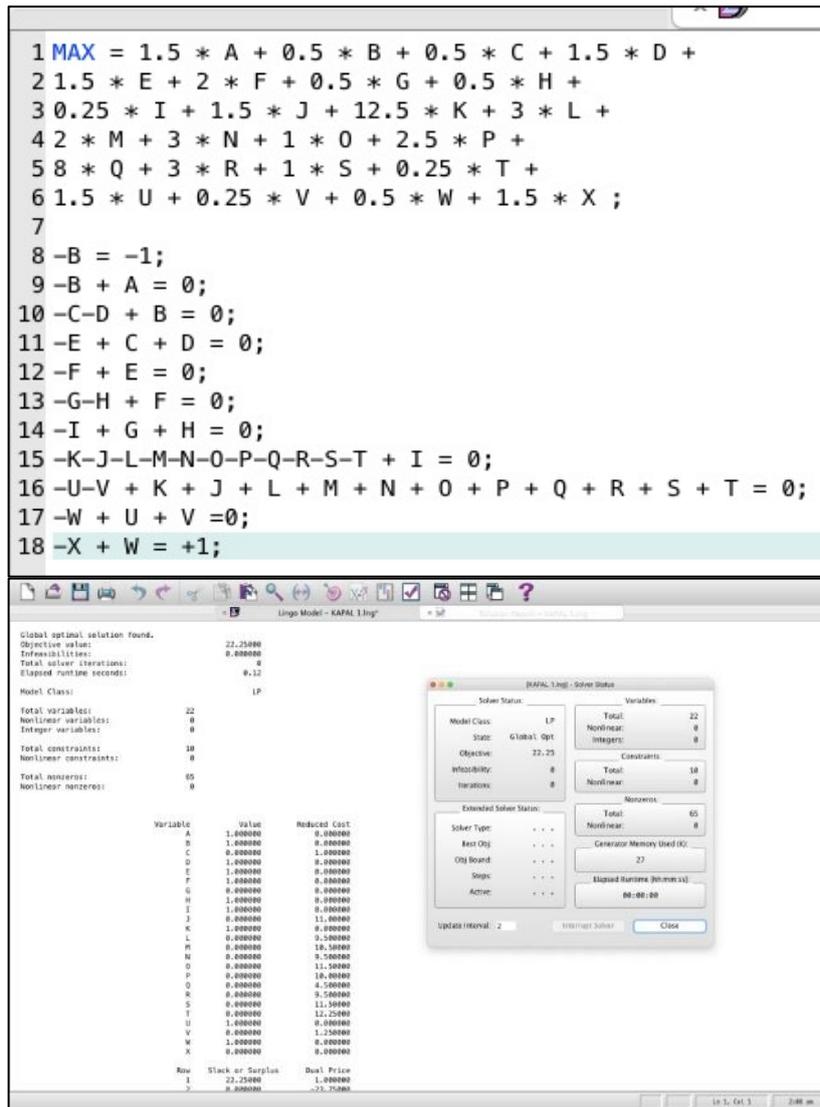
Data pada Tabel 2 memperlihatkan terdapat 24 aktivitas/kegiatan pada proses pengerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012 yang diberi kode A s.d X. Setiap aktivitas/kegiatan memiliki durasi pengerjaan dan kegiatan pendahulu (*predecessors*). Diketahui total durasi waktu pengerjaan sebesar 50,25 jam.

**Network Diagram & Jalur Kritis**

*Network diagram* merupakan gambaran tentang hubungan antar aktivitas dalam suatu proyek. *Network diagram* ini disusun atas dasar urutan kegiatan dari sebuah proyek dan mempunyai durasi waktu dari tiap aktivitas [18]. Sedangkan jalur kritis adalah merupakan rangkaian kegiatan yang menjadi pekerjaan kritis dari awal kegiatan sampai akhir aktivitas kegiatan dalam suatu proyek [8]. Gambar 2 (a-c) menyajikan *network diagram* berdasarkan aktivitas/kegiatan pengerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012, dimana terdapat 24 aktivitas reparasi. Sementara jalur/lintasan kritis yang diformulasikan dengan *software LINGO* menghasilkan *output* sebagaimana tampak pada Gambar 3.



Gambar 2. (a-c). Network Diagram Pekerjaan Reparasi Kapal Patroli XVI 2012

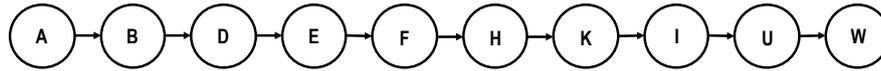


Gambar 3. Output LINGO

Data pada Gambar 3 menerangkan bahwa  $x$  yang bernilai 1 menunjukkan proses pengerjaan yang optimal. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui urutannya adalah  $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow H \rightarrow K \rightarrow I \rightarrow U \rightarrow W \rightarrow X$ . Urutan tersebut menunjukkan jalur atau lintasan kritis, dimana durasi waktu pengerjaan sebesar 24,0 jam. Tabel 3 menyajikan aktivitas pada jalur/lintasan kritis tersebut. Gambar 4 menyajikan *network diagram* jalur/lintasan kritis.

Tabel 3. Jalur/Lintasan Kritis Pengerjaan Kapal Patroli XVI 2012

No.	Task Name	Code	Duration (jam)
1	Kapal masuk area galangan	A	1,5
2	Pengaturan <i>air bag</i>	B	0,5
3	Pengisian angin pada <i>air bag</i>	D	1,5
4	Penarikan kapal menggunakan winch	E	1,5
5	Kapal naik ke area <i>slipway</i>	F	2
6	Pengempasan <i>air bag</i>	H	0,5
7	Perbaikan <i>tune up</i> mesin	K	12,5
8	Penyaluran listrik	I	0,25
9	Pengisian angin pada <i>air bag</i>	U	1,5
10	Pelepasan blok pada bilga	W	0,5
11	Kapal turun	X	1,5
<b>Total</b>			<b>24,0</b>



Gambar 4. Network Diagram Jalur/Lintasan Kritis

## Pembahasan

Berdasarkan Tabel 2 (a-c), terdapat 24 proses dalam pengerjaan pada reparasi Kapal Patroli XVI 2012. Proses pengerjaan secara umum terdiri dari *preparation* proses, inti proses dan *end* proses. Pengerjaan *preparation* proses terdiri dari kapal memasuki area galangan, pengaturan *air bag*, pemasangan tali *winch* ke kapal, pengisian *air bag*, penarikan kapal oleh *winch*, kapal naik ke atas *slipway*, pemasangan blok pada bilga kapal, pengempesan *air bag*, dan penyaluran listrik. Proses ini memerlukan waktu pengerjaan selama 8,75 jam.

Pengerjaan inti proses terdiri dari *scrap* tiram pada lambung kapal yang paralel dengan pengerjaan *tune up* mesin, *water jet* lambung kapal, pengeringan, pengamplasan lambung timbul kapal, pembersihan abu pengamplasan, pengecatan lambung timbul, pengeringan cat, pengecatan AF pada bagian draft kapal, dan menunggu cat mengering. Durasi waktu yang didapatkan pada inti proses pada kapal XVI 2012 adalah 37,5 jam. Pada bagian *end* proses, terdiri dari pengaturan *air bag*, pengisian angin pada *air bag*, pemasangan tali gendong *winch* ke kapal, pelepasan blok pada bilga kapal, dan penurunan kapal. Durasi waktu yang diperoleh dari kapal XVI 2012 adalah 4 jam.

Proses optimasi dilakukan dengan penjadwalan ulang. Berdasarkan data realisasi pengerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012, terdapat 24 aktivitas, Dimana aktivitas-aktivitas tersebut memerlukan durasi waktu selama 50,25 jam. Pada penjadwalan ulang dengan *CPM* menggunakan *software LINGO*, dihasilkan 10 aktivitas pengerjaan yang membutuhkan durasi waktu selama 22,5 jam. Artinya, hasil penjadwalan ulang dengan menerapkan *CPM* mampu mengefisiensikan waktu pengerjaan sebesar 48% dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Efisiensi waktu pengerjaan yang tinggi menunjukkan bahwa terjadi disparitas antara kondisi eksisting dengan kondisi hasil penelitian. Dengan kata lain, proses pengerjaan pada kondisi eksisting belum optimal dalam hal waktu pengerjaan. Kondisi ini berpotensi meningkatkan biaya operasional oleh karena keterlambatan waktu penyelesaian, menurunkan kepercayaan konsumen, bahkan mengacaukan *time-line* secara keseluruhan. Implikasinya tentu sangat luas, terutama pada *income* perusahaan. Sebaliknya, hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pengerjaan reparasi kapal dapat dioptimalkan melalui penjadwalan ulang berdasarkan temuan penelitian, berpotensi mengurangi biaya operasional karena durasi waktu pengerjaan yang lebih singkat, dapat meningkatkan kepercayaan konsumen, dan mampu mendukung keteraturan *time-line*. Muaranya adalah peningkatan *income*, sehingga industri dok dan perkapalan mampu mendukung pengembangan sektor maritim di Indonesia.

Temuan pada penelitian ini membuktikan temuan penelitian-penelitian sebelumnya, dimana penerapan *CPM* dapat menghasilkan jadwal (waktu) pekerjaan (proyek) dengan optimalisasi pada aspek waktu, serta menggambarkan hubungan antar aktivitas [17]. Hal tersebut dapat dilihat pada pada pekerjaan reparasi kapal BG. KFT 8005 yang menghasilkan waktu pengerjaan selama 76 hari [13]. Sementara temuan optimasi waktu pengerjaan dapat dilihat pada TB. Patra Tunda 3001, dimana penerapan *CPM* untuk penjadwalan ulang reparasi mampu mengurangi waktu pengerjaan dari 16 hari menjadi 12 hari, atau terjadi efisiensi sebesar 25% [8]. Demikian pula pada kapal MV. Awu terjadi pengurangan waktu pengerjaan dari 18 hari menjadi 16 hari atau efisiensi sebesar 11,11% [3]. Adanya perbedaan durasi waktu pengerjaan antara hasil penelitian yang relatif besar dengan penelitian sebelumnya merupakan indikasi dari jenis dan ukuran kapal yang berbeda.

Penggunaan CPM dalam proses penjadwalan pekerjaan (proyek) memberi keuntungan, diantaranya adalah menghasilkan lintasan kritis sehingga dapat dilakukan percepatan dalam pengerjaan sebuah proyek [12]. Semakin cepat waktu pengerjaan sebuah proyek, maka akan meningkatkan kinerja perusahaan (industri) yang diindikasikan dengan peningkatan *income*, meningkatnya kepercayaan masyarakat, serta keteraturan *time-line* pengerjaan proyek. Dengan begitu, maka industri dok dan perkapalan akan terus bertumbuh guna mendukung pengembangan dan kemajuan sektor maritim di Indonesia.

## **KESIMPULAN**

Penerapan CPM sebagai metode penjadwalan proyek pada pekerjaan reparasi Kapal Patroli XVI 2012 berhasil mengoptimasi waktu pengerjaan dari 50,25 jam menjadi 24,0 jam atau terjadi efisiensi sebesar 48% dibanding dengan kondisi eksisting. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan CPM pada pekerjaan reparasi kapal dapat menghindari keterlambatan pengerjaan yang bisa berakibat pada peningkatan biaya, menurunnya kepercayaan konsumen dan kacanya *time-line*. Temuan ini dapat menjadi rujukan bagi pengelola usaha galangan kapal dalam menyusun jadwal pekerjaan reparasi kapal yang optimal agar dapat meningkatkan *income* sehingga usaha galangan kapal mampu berperan mendukung kebijakan pada pengembangan sektor maritim Indonesia. Penelitian ini belum mempertimbangkan kelonggaran waktu pengerjaan akibat faktor-faktor teknis yang tidak bisa dihindari, sehingga dapat dilanjutkan pada penelitian berikutnya dengan menerapkan metode-metode lain, seperti PERT, PDM dan CCPM.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] H. Manurung, "Impact of Joko "Jokowi" Widodo Leaderships on Indonesia's World Maritime Axis," in *Proceeding Konvensi Nasional AIHII V*, 2014.
- [2] M. Yani dan I. Montratama, "Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia: Suatu Tinjauan Geopolitik," *Jurnal Pertahanan*, vol. 5, no. 2, pp. 25–51, 2015.
- [3] J.S.T. Hutapea, I.P. Mulyatno, dan P. Manik, "Studi Penjadwalan Ulang Pekerjaan Reparasi Kapal MV. Awu dengan Network Diagram dan Critical Path Method (CPM)," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 4, pp. 555–562, 2020.
- [4] S. Howick, F. Ackermann, C. Eden, dan T. Williams, "Understanding The Causes and Consequences of Disruption and Delay in Complex Projects: How System Dynamics Can Help," 2009.
- [5] D. Lock, *Manajemen Proyek, Edisi Ketiga*, Jakarta: Erlangga, 1987.
- [6] P. Napitupulu, dan Y. Lubis, "Perencanaan Durasi Waktu Pembangunan Rumah Tipe 70," 2022.
- [7] Badri, *Dasar-Dasar Network Planning*, Jakarta: PT. Rika Cipta, 1997.
- [8] M.R.M. Istiqomah, I.P. Mulyatno, S.J. Sisworo, E.S. Hadi, Kiryanto dan O. Mursid, "Penjadwalan Ulang Kapal Reparasi TB. Patra Tunda 3001 dengan Metode Jalur Kritis," *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, vol. 12, no. 2, pp. 161–174, 2021.
- [9] A. bin M.S.A. Muhammad, "Analisa Perhitungan Pekerjaan Reparasi Kapal dengan Metode Critical Path Method (CPM)," *SPECTA Journal of Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 84–91, 2020.
- [10] A.C. Armela, W. Amiruddin, dan E.S. Hadi, "Implementasi Project Evaluation and Review Technique (PERT) pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 10, no. 2, pp. 68–76, 2022.
- [11] L. Oktaviana, dan I. Baroroh, "Comparative Analysis of CPM, PDM and PERT Methods in Ship Repair Scheduling Planning KN. RB 309 Ternate 01," *Jurnal Berkala Sainstek*, vol. 10, no. 3, pp. 162–174, 2022.

- [12] M.I. Nudin, dan K. Abdullah, “Penjadwalan Reparasi Tug Boat Menggunakan Metode CPM dan PDM,” *Jurnal Jalasena*, vol. 5, no. 1, pp. 8–11, 2023.
- [13] A.S. Muhamad, dan M. Basuki, “Analisis Perbandingan Penjadwalan Proyek dengan Critical Path Method (CPM) dan Critical Chain Project Management (CCPM) pada Reparasi Kapal BG. KFT 8005,” *Proseding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan II (SENASTITAN II)*, 2022.
- [14] W. Firstditama, B. Ma’ruf, I.K. Suastika, “Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal Ferry dengan Menggunakan Metode *FLASH*,” *Jurnal Wave*, vol. 12, no. 1, pp. 1–12, 2018.
- [15] Y. Farida dan L.P. Anenda, “Network Planning Analysis on Road Construction Projects by CV. X Using Evaluation Review Technique (PERT) – Critical Path Method (CPM) and Crashing Method,” *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 377–390, 2022.
- [16] A. Soni, C.R. Kumar, dan A. Shrivastava, “Construction Projects Risk Assessment Based on PERT, CPM, and Project Management,” *Advances and Applications in Mathematical Sciences*, vol. 21, issue 9, pp. 5385–5395, 2022.
- [17] M. Simion, G. Vasile, C. Dinu, R. Scutariu, “CPM and PERT Techniques For Small-Scale R&D Projects,” in *Proceedings Book International Symposium The Environment And The Industry SIMI with Fuzzy Logic Technique*, pp. 166–174, 2019.
- [18] I. Soeharto, *Manajemen Proyek Jilid 1 (dari Konseptual sampai Operasional)*, Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga, 1999.