



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Optimalisasi *Repair Schedule* Dengan Metode *Critical Chain Project Management* Guna Mempercepat Pengerjaan *Repair* Pada KM Srikandi Line 767 DWT

Siti Niken Rahmi Maulida<sup>1)</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>2)</sup>, Ocid Mursid<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Kapal-kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*</sup>e-mail : [sitinikenrahmim@students.undip.ac.id](mailto:sitinikenrahmim@students.undip.ac.id), [pujomulyatno2@gmail.com](mailto:pujomulyatno2@gmail.com), [ocidmursid@lecturerundip.ac.id](mailto:ocidmursid@lecturerundip.ac.id)

### Abstrak

Pada proyek reparasi kapal KM Srikandi Line membutuhkan optimalisasi *repair schedule* yang dibutuhkan galangan untuk meningkatkan produktivitas. Perencanaan penjadwalan proyek yang biasa digunakan yaitu dengan *Critical Path Method* (CPM). Analisa pada penelitian ini menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM). Pada metode ini penambahan waktu aman (*safety time*) yang biasanya diletakkan pada setiap aktivitas akan dihilangkan dan digantikan dengan waktu penyangga (*buffer time*) yang diletakkan diakhir. *Buffer time* pada *critical chain* berfungsi untuk mengantisipasi jika terdapat hal-hal yang tidak pasti pada pelaksanaan suatu proyek. Berdasarkan hasil analisa bahwa hasil perhitungan yang didapatkan dengan total durasi adalah 9 hari sudah termasuk 3 hari *buffer time*. Dari hasil penelitian mengalami percepatan durasi dibandingkan durasi normalnya yaitu 12 hari. Dalam segi biaya tenaga kerja, dari biaya awal Rp 103,584,000.00 menjadi Rp 67, 875,000.00 dan mengalami penghematan sebesar 34%. Bila *buffer time* digunakan secara penuh maka estimasi biaya akan bertambah sebesar 9,3%. Metode CCPM memperoleh peningkatan penyelesaian proyek dengan durasi yang lebih optimal.

Kata Kunci : *Buffer*, CCPM, Penjadwalan, *Repair*.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam sebuah proyek perbaikan kapal atau pembangunan baru perencanaan merupakan faktor penting dan tahapan awal yang memiliki dampak besar terhadap keberlangsungan suatu proyek agar perusahaan galangan dapat menentukan durasi yang optimal dan keuntungan. Pada proyek KM Srikandi Line 767 DWT mengalami keterlambatan karena kondisi pengadaan material digalangan. Oleh karena itu, penjadwalan yang efisien harus dibuat untuk mencapai penjadwalan yang optimal.

Penjadwalan adalah langkah awal yang dapat memberikan dampak besar karena proses perencanaan dapat memberikan informasi tentang proyek yang ada seperti produktivitas pekerja, tanggal awal proyek dan tanggal berakhirnya proyek, volume pekerjaan serta material yang dibutuhkan. Terdapat dua faktor penting dalam pengoptimalan produktivitas kinerja disuatu galangan yaitu jumlah tenaga kerja dan juga jam kerja efektif [1]. Dari dua permasalahan di atas

maka kemajuan teknologi dan pengetahuan perlu ditingkatkan dengan baik untuk mengelola proyek tersebut menjadi lebih optimal.

Analisis yang paling umum digunakan adalah *Critical Path Method* (CPM). CPM adalah metode perencanaan yang menentukan durasi terpanjang dari urutan kejadian terpanjang yang mengarah ke penyelesaian proyek [2].

Penelitian sebelumnya mengenai perbandingan metode CPM dan metode CCPM membuktikan bahwa metode CPM pada kenyataannya tidak selalu dibenarkan dan efektif karena bergantung pada asumsi tertentu dan menjadi lebih dipertanyakan karena proyek menjadi semakin kompleks dan intensif sumber daya. Contohnya adalah perilaku manusia seperti *student's syndrome*, *parkinson law*, *multitasking* dan *overestimated activity durations* [4]. Pada proyek kontruksi dinding penahan tanah dan dermaga ABC pada PT. XYZ menggunakan

metode CCPM lebih singkat pengerjaannya dengan memperoleh waktu penyelesaian awal selama 432 hari menjadi 379 hari [5]. Selain itu juga, pada perbandingan metode *Critical Chain Project Management* dengan *Critical Path Method* pada evaluasi penjadwalan *repowering engine* kapal MV. Sinar Ambon diperoleh hasil durasi 41 hari, sedangkan menggunakan metode *Critical Project Method* menempuh durasi 46 hari. Maka dari hasil perbandingan kedua metode tersebut metode CCPM lebih cepat 5 hari [6].

Berdasarkan objek permasalahan diatas, dewasa ini telah dikembangkan metode baru yang lebih efektif yang dikenal dengan nama *Critical Chain Project Management*(CCPM). Metode CCPM ini menerapkan langkah-langkah dari *Theory of Constraints* pada penerapannya dalam pelaksanaan proyek sehingga penyelesaian pada proyek tersebut akan menjadi lebih cepat dengan biaya yang minim serta tanpa mengubah batasan dari suatu proyek [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan penyelesaian proyek dengan mencapai durasi yang lebih optimal. Hal ini membuat pelaksanaan proyek lebih cepat dan lebih efisien.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang dibutuhkan pada penelitian ini merupakan proyek reparasi KM Srikandi Line 767 DWT yang dilaksanakan oleh pihak PT Dok & Perkapalan Kodja Bahari Galangan 1, Jakarta. Pada Penelitian ini menggunakan metode *Critical Chain Project Management*. Metode ini adalah metode pembaruan dari metode Critical Path Method (CPM) serta kelebihan dari metode ini mengoptimisasi pekerja dan menghilangkan safety time dan digantikan dengan waktu



penyangga (*buffer time*).

Gambar 1. KM Srikandi Line di PT DKB Jakarta

Tabel 1. *Principal Dimension* KM Srikandi Line 767 DWT

No	Dimensi	Skala Penuh
1	LOA	66 m
2	LPP	64,85 m
3	Breadth	13,7 m
4	Draft	3,49 m
5	Gt	1914 t
6	Speed	9,8 knots

Pada Tabel 1 menunjukkan ukuran utama kapal KM Srikandi Line 767 DWT.

### 2.2. Pengolahan Data

Pengolahan data yang terdapat didalam penelitian dilakukan dengan tahap-tahap :

1. Menyusun hubungan antar aktivitas dengan Network Diagram
2. Analisa perhitungan penjadwalan dengan metode *Critical Chain Project Management* menggunakan *software Microsoft Project* :
  - a. Memperhitungkan *critical chain* (batasan awal-akhir sebuah proyek)
  - b. Mengidentifikasi *critical path* dengan memasukkan perhitungan *project buffer* dan *feeding buffer* dengan metode *Cut & Paste Method*. Aturan perekat yang digunakan untuk menentukan *project buffer* dan *feeding buffer* di dalam *Cut and Paste Method* (C&PM) pada dasarnya memotong 50% dari durasi untuk semua aktivitas, dan untuk melekatkan buffer proyek dengan setengah durasi rantai kritis (*critical chain*) pada akhir rantai, dan melekatkan *feeding buffer* yang pada kegiatan non kritis.
  - c. Dilakukan *Resources Levelling* untuk pemerataan sumber daya pada proyek.
3. Analisa Biaya Tenaga Kerja.
4. Menghitung produktivitas metode CCPM.

### 2.3. Variabel Penelitian

Variabel terikat (*dependent variable*) dalam penelitian ini adalah volume pekerjaan sedangkan untuk variable bebas (*independent variable*) adalah durasi proyek, tenaga kerja, dan biaya tenaga kerja.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah data-data penelitian telah diperoleh selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan bantuan *software Microsoft project*. Berikut adalah hasil dan pembahasan dari data yang dikumpulkan dari penelitian ini.

#### 3.1. Penjadwalan Dengan Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management*

Langkah awal dalam merencanakan sebuah penjadwalan adalah dengan menentukan urutan antara aktivitas pada proyek dengan membuat hubungan ketergantungan antara aktivitas menggunakan *software* manajemen proyek yaitu *microsoft project*. Kelebihan penggunaan *microsoft project* ini yaitu memberikan kemudahan penggunaan, kemampuan dan fleksibilitas yang memungkinkan pengguna untuk mengelola jadwal secara efisien dan efektif [8].

Tabel 2. Durasi Normal dan *Predecessor* KM Srikandi Line 767 DWT

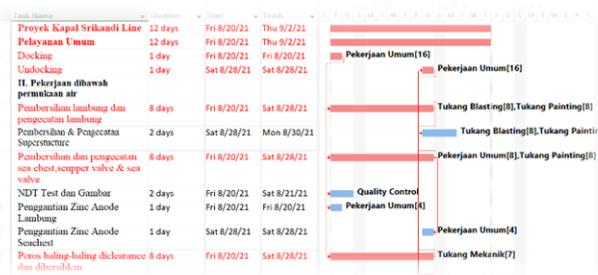
No	Nama Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Predecessors
1.	Pelayanan Umum	12 hari	8/20/21	8/26/21	
2.	<i>Docking</i>	1 hari	8/20/21	8/26/21	8FS-1day, 12FS-1day, 13FS-1day, 17FS-1day, 19FS-1day, 15FS-1day, 6FS-1day
3.	<i>Undocking</i>	1 hari	8/24/21	8/24/21	
4.	Pembersihan dan pengecatan lambung	8 hari	8/20/21	8/28/21	3FS-1day
5.	Pembersihan dan pengecatan <i>superstructure</i>	2 hari	8/28/21	8/30/21	6FS-1day
6.	Pembersihan dan pengecatan <i>seachest, sea valve</i> dan <i>scupper valve</i>	8 hari	8/20/21	8/28/21	3FS-1day
7.	NDT Test dan Gambar	2 hari	8/20/21	8/21/21	6SS
8.	Penggantian <i>Zinc Anode</i> Lambung	1 hari	8/20/21	8/20/21	6SS

No	Nama Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Predecessors
9.	Penggantian <i>Zinc Anode Seachest</i>	1 hari	8/28/21	8/28/21	8FF
10.	Poros Baling-baling <i>diclearance</i>	8 hari	8/20/21	8/28/21	8SS
11.	Bongkar pasang kemudi	8 hari	8/20/21	8/28/21	
12.	Pergantian plat lambung bawah garis air	8 hari	8/20/21	8/28/21	
13.	Ganti baru pipa kamar mesin	8 hari	8/20/21	8/28/21	
14.	Pembersihan <i>Tanki Ballast</i>	8 hari	8/20/21	8/28/21	
15.	Sandar dikade	4 hari	8/28/21	9/1/21	4FS-1day
16.	<i>Delivery</i> (Serah terima)	1 hari	8/28/21	9/2/21	22FS

Hubungan ketergantungan antara aktivitas yang sudah didapatkan pada Tabel 2 diatas akan membentuk jalur kritis, jalur kritis dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Aktivitas yang terdapat pada jalur kritis durasi normal

No	Nama Pekerjaan	ES	LS	TF
1.	<i>Docking</i>	0	0	0
2.	<i>Undocking</i>	7	7	0
3.	Pembersihan dan pengecatan <i>seachest, sea valve</i> dan <i>scupper valve</i>	0	0	0
4.	Pembersihan dan pengecatan lambung	0	0	0
5.	Poros baling-baling <i>diclearance</i>	0	0	0
6.	Bongkar pasang kemudi	0	0	0
7.	Pergantian plat lambung bawah air	0	0	0
8.	Ganti baru pipa kamar mesin	0	0	0
9.	Pembersihan <i>Tanki ballast</i> dan air tawar	0		0
10.	<i>Delivery</i>	11	11	0
11.	Kapal sandar dikade	7	7	0



Gambar 2. Tampilan Jalur kritis dan tidak kritis durasi normal pada *Microsoft Project*

Jalur kritis adalah jalur terpanjang dari semua jalur yang dievaluasi dari kejadian awal hingga kejadian akhir. Apabila kegiatan kritis mengalami keterlambatan penyelesaian maka akan memperlambat penyelesaian secara keseluruhan, meskipun kegiatan lain tidak mengalami keterlambatan. Jalur kritis memiliki pengertian  $ES = LS$  baik peristiwa awal maupun peristiwa akhir dari kegiatan [9].

Sebagai langkah selanjutnya setelah didapatkan jalur kritis dari durasi awal maka dilakukan pemotongan *safety time* pada setiap aktivitas proyek dengan metode *Cut and Paste* (C&PM) sebesar 50%. Pemotongan *safety time* ini bertujuan untuk menghilangkan pemborosan waktu serta mengurangi dampak kendala sehingga penerapan *Theory of Constraints* akan mendapatkan percepatan yang signifikan terhadap pekerjaan dan penyelesaian pada proyek [10].

Pada tabel 4 dapat dilihat *summary tasks* durasi normal dan juga durasi dengan metode *Critical Chain Project Management*.

Tabel 4. *Summary Task* Penjadwalan CCPM

No	Nama Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi CCPM
1.	<i>Docking</i>	1 hari	0,5 hari
2.	<i>Undocking</i>	1 hari	0,5 hari

No	Nama Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi CCPM
3.	Pembersihan & pengecatan lambung	8 hari	4 hari
4.	Pembersihan dan pengecatan <i>superstructure</i>	2 hari	1 hari
5.	Pembersihan dan pengecatan <i>seachest, scupper valve &amp; sea valve</i>	8 hari	4 hari
6.	NDT Test dan Gambar	1 hari	0,5 hari
7.	Penggantian <i>Zinc Anode</i> Lambung	1 hari	0,5 hari
8.	Pergantian <i>Zinc Anode Seachest</i>	1 hari	0,5 hari
9.	Bongkar Pasang kemudi	8 hari	4 hari
10.	Poros Baling-baling diclearance	8 hari	4 hari
11.	Pergantian plat lambung bawah garis air	8 hari	4 hari
12.	Ganti baru pipa kamar mesin	8 hari	4 hari
13.	Pembersihan <i>Tanki Ballast</i>	8 hari	4 hari
14.	Sandar dikade	4 hari	2 hari
15.	<i>Delivery</i> (Serah terima)	1 hari	0,5 hari

Jalur kritis sebelumnya tidak berubah setelah pemotongan durasi sebesar 50%, pembedanya hanya terdapat pada durasi berubah menjadi lebih pendek.

Setelah pengurangan durasi sebesar 50% dari penjadwalan awal langkah selanjutnya adalah melakukan *resources levelling*. Data *resources* yang digunakan pada proyek reparasi KM Srikanthi Line terdiri dari jumlah tenaga kerja dan biaya. Pada gambar 3 dengan tanda merah menandakan sumber daya tenaga kerja tukang *blasting*, tukang *painting* dan tukang mekanik mengalami *overallocated resources* yang tidak sesuai dengan yang telah disediakan oleh galangan.

Tabel 5. *Resource Sheets* setelah dilakukan *levelling*

No	Status	Resource Name	Type	Initials	Peak	Max
1		Tukang Welder	Work	T	4	4
2	!	Tukang <b>Blasting</b>	Work	T	10	8
3		Tukang Replating	Work	T	4	4
4	!	Tukang <b>Painting</b>	Work	T	12	8
5		Quality Control	Work	Q	1	1
6		Tukang Pipa	Work	T	8	8
7		Pekerjaan Umum	Work	P	44	28
8	!	Tukang <b>Mekanik</b>	Work	T	12	10

Berdasarkan Tabel 5 melalui olahan *Microsoft Project* terdapat gangguan atau *error* pada sumber daya Tukang *Blasting*, Tukang

*Painting* dan Tukang *Mekanik*. *Error* tersebut menandakan terdapat *overallocated* pada sumber daya tersebut dan menyebabkan ada pekerja yang

mengerjakan dua pekerjaan (*multitasking*). Untuk pemeratakan sumber daya tersebut perlu *levelling* dan penambahan unit maksimal dari sumber daya agar terhindar dari keterlambatan jadwal yang sudah direncanakan. *Resource levelling* bertujuan untuk pemeratakan jumlah penggunaan sumber daya tanpa menambah durasi [11].

Tabel 6 menunjukkan hasil analisis *resources levelling* terhadap alokasi tenaga kerja yang ada setelah melakukan *levelling* dari hasil yang didapat ditambahkan 4 pekerja mekanik untuk menghilangkan error, karena pekerja Tukang Mekanik berada pada jalur kritis. Sementara itu pada pekerja Tukang *Blasting* dan Tukang *Painting* memindahkan pekerjaan pada jalur *non kritis* agar terhindar dari *overallocated*.

Tabel 6. *Resource Sheets* sesudah *levelling*

No	Resource Name	Type	Initials	Peak	Max
1	Tukang Welder	Work	T	4	4
2	Tukang Blasting	Work	T	8	8
3	Tukang Replating	Work	T	4	4
4	Tukang Painting	Work	T	8	8
5	Quality Control	Work	Q	1	1
6	Tukang Pipa	Work	T	8	8
7	Pekerjaan Umum	Work	P	44	28
8	Tukang Mekanik	Work	T	14	14

*Critical Chain Project Management* bertujuan untuk meningkatkan penyelesaian proyek dengan mencapai durasi yang lebih optimal. Dengan demikian, realisasi proyek akan lebih cepat dan efisien. Pada tiap aktivitas yang akan digantikan dengan *buffer time*. Perhitungan *buffer time* dapat dilihat pada persamaan 1 dan 2.

$$Project\ buffer = \Sigma\ critical\ chain \times 50\% \quad (1)$$

$$Feeding\ buffer = \Sigma\ non\ critical\ chain \times 50\% \quad (2)$$

*Project buffer* ditempatkan di akhir durasi dari jalur kritis. Berikut perhitungan durasi *Project Buffer*:

$$\begin{aligned} \text{Durasi } Project\ buffer : \\ &= 6\ \text{hari} \times 50\% \\ &= 3\ \text{hari} \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan *feeding buffer* pada pekerjaan yang tidak kritis tujuannya untuk melindungi *non*

*critical chain* yang akan berdampak pada *critical chain* dan *project buffer*. Besarnya perhitungan *feeding buffer* dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Feeding\ buffer &= \Sigma\ durasi\ non\ critical\ chain \times 50\% \\ Feeding\ buffer &= \Sigma\ Pembersihan\ & \text{Pengecatan } superstructure \times 50\% \\ &= 1\ \text{hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut perhitungan *buffer time* yang terdiri dari *project buffer* dan *feeding buffer* dalam penjadwalan dengan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)* didapatkan durasi total proyek sebesar 9 hari sudah termasuk dengan 3 hari *project buffer* dan 1 hari *feeding buffer*.

### 3.2. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

Perhitungan biaya kerja ini dihitung berdasarkan durasi dari tiap aktivitas dengan jumlah pekerja pada aktivitas tersebut.

Berikut perhitungan biaya pembersihan dan pengecatan lambung bawah

- Total volume reparasi = 1270 m<sup>2</sup>
- Jumlah Pekerja = 4 orang
- Durasi aktivitas = 4 hari
- Total *Mandays* = Durasi Pekerjaan x Jumlah Pekerja
- Total *Mandays* = 4 x 4 = 16 *Manhour*

$$Biaya\ manhour = \frac{Biaya\ kerja\ perhari}{Total\ jam\ kerja\ per\ hari} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Biaya\ manhour &= Rp\ 312.000/8\ \text{jam} \\ &= Rp\ 39.000\ perhour \end{aligned}$$

Total durasi aktivitas pembersihan dan pengecatan lambung adalah 8 hari dengan menggunakan 4 tenaga kerja per harinya serta biaya tenaga kerja per hari yang dibayarkan Rp 312.000 maka total biaya yang didapatkan pada pekerjaan pembersihan dan pengecatan lambung Rp 9.984.000.

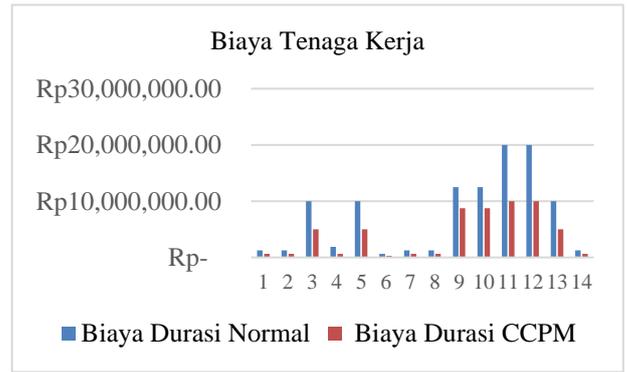
Tabel 7 Biaya Tenaga Kerja

No	Nama Pekerjaan	Biaya Pekerjaan Normal Dalam Bentuk Ribu Rupiah	Biaya Pekerjaan Metode CCPM Dalam Bentuk Ribu Rupiah
1.	<i>Docking</i>	1,248	750
2.	<i>Undocking</i>	1,248	750
3.	Pembersihan & pengecatan lambung	9,984	6,000

No	Nama Pekerjaan	Biaya Pekerjaan Normal Dalam Bentuk Ribu Rupiah	Biaya Pekerjaan Metode CCPM Dalam Bentuk Ribu Rupiah
4.	Pembersihan & pengecatan <i>superstructure</i>	1,872	750
5.	Pembersihan dan pengecatan <i>seachest, scupper valve &amp; sea valve</i>	9,984	6,000
6.	NDT Test dan Gambar	624	375
7.	Pergantian Zinc Anode Lambung	1,248	750
8.	Pergantian Zinc Anode Seachest	1,248	750
9.	Poros Baling-baling <i>diclearance</i> dan dibersihkan	12,480	10,500
10.	Bongkar pasang kemudi	12,480	10,500
11.	Pergantian plat lambung bawah garis air	19,968	12,000
12.	Ganti baru pipa kamar mesin	19,968	12,000
13.	Pembersihan <i>tanki ballast</i> dan air tawar	9,984	6,000
14.	<i>Delivery</i> (Serah Terima)	1,248	750
Total Biaya		103,584	67,875

Dari hasil perhitungan penjadwalan awal pada Tabel 7 didapatkan total biaya durasi normal sebesar Rp 103.584.000 sedangkan perhitungan dengan metode penjadwalan CCPM didapatkan total biaya sebesar Rp 67.875.000.00. Dari perhitungan biaya tersebut didapatkan selisih biaya sebesar Rp 35.709.000.00. Estimasi perhitungan biaya rata-rata tenaga kerja per harinya menggunakan CCPM adalah Rp 6.928.000. Namun jika *buffer time* 3 hari *project buffer* dan 1 hari *feeding buffer* digunakan secara penuh maka biaya akan bertambah 9,3 % yaitu sebesar Rp 74.839.000.

Penggunaan *buffer time* disesuaikan sesuai dengan kebutuhan ketika terjadi keterlambatan baik pada jalur kritis maupun jalur non kritis.



Gambar 3. Perbandingan biaya durasi normal dan durasi CCPM

### 3.3. Perhitungan Produktivitas

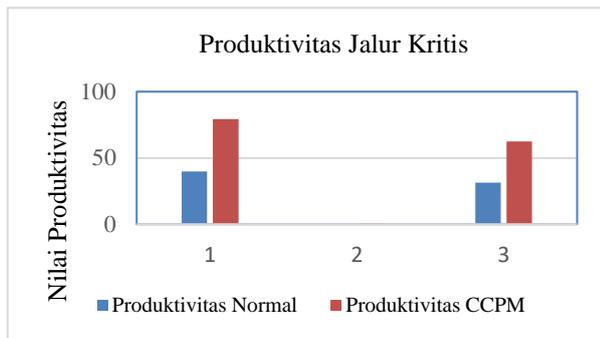
Perhitungan produktivitas digunakan untuk menghitung nilai waktu standar untuk pekerjaan. Produktivitas dalam reparasi umumnya didefinisikan sebagai output per hari tenaga kerja, sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi} \times \text{Tenaga kerja}} \quad (4) \\
 &= \frac{1270 \text{ m}^2}{8 \times 4} \\
 &= 39,68 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Perhitungan Perbandingan Produktivitas Tenaga Kerja

No	Nama Kegiatan	Produktivitas Tenaga Kerja CPM	Produktivitas Tenaga Kerja CCPM
1	Pembersihan lambung & pengecatan lambung	39.687	79.375
2	Pergantian pipa kamar mesin	0.375	0.75
3	Pembersihan tanki ballast & air tawar	31.25	62.5
Rata-rata		23.770	45.541

Tabel 5 menunjukkan nilai rata rata produktivitas durasi normal bernilai 23.770 m<sup>2</sup>/hari sedangkan untuk produktivitas durasi menggunakan metode CCPM bernilai 45.541 m<sup>2</sup>/hari. Dengan demikian, penggunaan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) pekerjaan menjadi lebih produktif dari sebelumnya.



Gambar 4. Perbandingan produktivitas normal dan CCPM.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan dengan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) didapatkan total durasi adalah 9 hari sudah termasuk dengan 3 hari merupakan *project buffer* dan 1 hari *feeding buffer* durasi ini lebih cepat dibandingkan durasi normalnya yaitu 12 hari dengan *safety time*. Dari hasil ini metode CCPM mengalami lebih cepat 3 hari dari durasi normal.

Biaya tenaga kerja yang diperoleh dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) sebesar Rp 67.875.000.00 lebih hemat 34% dari biaya tenaga kerja awal, namun jika *buffer time* digunakan sepenuhnya maka estimasi perhitungan total biaya tenaga kerja metode CCPM akan bertambah sebesar 9,3% yaitu sebesar Rp 74.839.000 dikarenakan adanya penambahan tenaga kerja dan upah pekerja sebesar 10%.

Menurut hasil yang diproses menggunakan metode CCPM maka durasi yang diperoleh akan lebih cepat dari durasi normal dikarenakan metode ini melakukan pemotongan durasi normal menggunakan *Cut and Paste Method* (C&PM) dengan persentase pemotongan sebesar 50% untuk menghilangkan *safety time* dari tiap aktivitas. Namun jika dalam aktualisasinya di lapangan *buffer time* digunakan hampir keseluruhan dari perhitungan yang diperoleh maka durasinya akan mendekati durasi normal.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] C. I. G. Nangka, M. Sibi, and J. B. Mangare, "Tenaga Kerja Pada Proyek Bangunan Dengan Menggunakan Microsoft Project (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Terminal Akap)", *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 11, pp. 867–874, 2018.

[2] S. Budi, *Manajemen Proyek Konsep dan Implementasi* : Yogyakarta Graha Ilmu, 2003.

[3] M. Shurrab, "Traditional Critical Path Method versus Critical Chain Project Management: A Comparative View," *Int. J. Econ. Manag. Sci.*, vol. 04, no. 09, pp. 4–9, 2015.

[4] Leach, L. P. *Critical Chain Project Management Second Edition*: Artech House, Inc, Norwood, 2005

[5] A. Putra, "Evaluasi Penjadwalan Pada Proyek Konstruksi Dengan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: PT. XYZ)", Universitas Sumatera Utara, 2018.

[6] T. A. Sudarminto, "Implementasi Perbandingan Critical Chain Project Management dengan Critical Path Method Repowering Kapal MV. Sinar Ambon," *J. Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 2, 2020.

[7] M. Taghipour, F. Seraj, M. Amin, and M. Changiz Delivand, "Evaluating CCPM Method Versus CPM in Multiple Petrochemical Projects," *Management*, vol. 3, no. 3, pp. 1–20, 2020.

[8] P. M. Wale, N. D. Jain, N. R. Godhani, S. R. Beniwal, and A. A. Mir, "Planning and Scheduling of Project using Microsoft Project (Case Study of a building in India)," *IOSR J. Mech. Civ. Eng. Ver. III*, vol. 12, no. 3, pp. 2278–1684, 2015.

[9] E. Wiratmani and G. Prawitasari, "Penerapan Metode Jalur Kritis Dalam Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek Pembangunan Fasilitas Rumah Karyawan," *J. Teknik Industri*, vol. 6, no. 3, pp. 1979–276, 2013.

[10] A. Izmailov, D. Korneva, and A. Kozhemiakin, "Project Management Using the Buffers of Time and Resources," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 235, no. October, pp. 189–197, 2016.

[11] R. Waluyo and S. Aditama, "Pengaruh Resource Leveling Terhadap Alokasi Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi," *J. Ilm. Tek. Sipil a Sci. J. Civ. Eng.*, vol. 21, no. 2, pp. 118–128, 2017.