



Implementasi Perbandingan Critical Chain Project Management dengan Critical Path Method Repowering Kapal MV. Sinar Ambon

Tri Astuti Sudarminto¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾

¹⁾Laboratorium Perencanaan Dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail : tricastutis@undip.ac.id, pujomulyatno2@gmail.com, arikapal75@gmail.com

Abstrak

Repowering kapal merupakan penggantian mesin induk kapal. Kegiatan tersebut memakan waktu yang cukup lama karena melihat kondisi kapasitas galangan serta minimnya pengalaman terhadap proyek tersebut sehingga perlu adanya perencanaan penjadwalan. Metode Critical Path Method (CPM) paling sering digunakan sebagai analisa penjadwalan proyek. Namun aktualisasi yang sering terjadi, perencanaan menggunakan CPM dinilai kurang efisien karena menambahkan buffer time yang menyebabkan durasi proyek bertambah. Berkaitan dengan masalah tersebut, telah berkembang metode baru untuk merencanakan penjadwalan yaitu Critical Chain Project Management (CCPM). CCPM merupakan metode baru dalam penjadwalan yang bisa menjadi alternatif solusi terhadap permasalahan tersebut dikarenakan dapat meningkatkan penyelesaian proyek reparasi kapal dan menghemat biaya yang dikeluarkan serta dapat meningkatkan kualitas galangan tanpa membuat pengorbanan yang lebih besar dengan cara menghilangkan parkinson's law, student syndrome, multitasking serta memindahkan buffer time pada akhir proyek. Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan durasi hasil penjadwalan metode CCPM dengan CPM pada studi kasus repowering engine MV.Sinar Ambon di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Berdasarkan hasil analisa, produktivitas replating sebesar 23 kg/mandays dengan total durasi menggunakan CCPM sebesar 41 hari dan lebih cepat 6 hari dibanding metode CPM yang berdurasi 46 hari. Dalam segi biaya, CCPM unggul 37% dibanding CPM dengan selisih Rp. 49.365.000,-

Kata Kunci : Penjadwalan, Reparasi, Network Diagram, Critical Path Method, Critical Chain Project Management

1. PENDAHULUAN

Pada prinsipnya, *repowering* kapal merupakan kegiatan penggantian mesin induk kapal dengan dilakukannya perhitungan atau pengukuran ulang terhadap tahanan kapal. Kegiatan tersebut menghabiskan waktu yang cukup lama karena melihat kondisi kapasitas galangan serta minimnya pengalaman terhadap proyek *repowering engine* kapal sehingga dirasa perlu dilakukan adanya perencanaan yang lebih efektif untuk mengendalikan pekerjaan proyek karena pihak galangan dituntut untuk mampu memenuhi batas waktu yang telah ditentukan.

Untuk mencapai tujuan tersebut, hal terpenting adalah membuat perencanaan yang efektif serta efisien. Merencanakan penjadwalan merupakan tahap awal yang berpengaruh besar karena dalam penjadwalan dapat menyajikan cakupan informasi terkait perkembangan proyek dalam beberapa *point* seperti produktivitas masing-

masing tenaga kerja, material yang dibutuhkan, peralatan serta rencana durasi total proyek maupun tanggal penyelesaian proyek. Waktu merupakan nilai elemen kritis dalam pelaksanaan proyek dan menjadi sebuah parameter penting dalam menentukan keberhasilan proyek.[1]

Saat ini terdapat beberapa metode yang dapat diaplikasikan untuk menyusun penjadwalan proyek, salah satunya dengan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) yang menyiratkan penghitungan waktu awal mulai dan selesai dengan analisis maju dan mundur dari jalur *network diagram* proyek. Hasil penelitian sebelumnya tentang analisa penjadwalan berdasarkan faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi kapal menyebutkan ketersediaan peralatan dan jumlah tenaga kerja serta sistem manajemen berpengaruh terhadap keterlambatan penjadwalan.[1]

Selain itu penelitian sebelumnya yang berkaitan tentang penjadwalan menggunakan

analisa *network planning* pada reparasi kapal dengan metode *Critical Path Method*, menunjukkan bahwa kegiatan pada dapat jalur kritis harus diperhatikan selama proyek berlangsung untuk menghindari adanya keterlambatan proyek dan juga perlu adanya pengalokasian tenaga kerja yang tepat.[2] Dalam pelaksanaannya, kepala proyek akan menambahkan *buffer time* seperti margin keamanan pada setiap aktivitas untuk mengatasi ketidakpastian.[3]

Apabila sumber daya dapat menyelesaikan suatu kegiatan sebelum tanggal selesai yang direncanakan, perolehan waktu tersebut belum bisa dioptimalisasikan terhadap kegiatan lain yang bertujuan mempercepat proyek kecuali berada pada tingkatan jalur kritis.

Berdasarkan permasalahan tersebut, terdapat metode terbaru untuk mengoptimalkan penjadwalan proyek yaitu menggunakan metode CCPM atau *Critical Chain Project Management*. Metode ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1997 oleh Eliyahu M. Goldratt yang merupakan metode perencanaan proyek dengan menekankan pada pengoptimalisasian kemampuan sumber daya dalam melaksanakan tugas-tugas dalam proyek.

Penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang pengendalian waktu proyek dengan menggunakan metode CCPM didapatkan hasil penjadwalan yang lebih cepat dengan adanya sistem manajemen *buffer time* yang tepat.[3] Metode penjadwalan CCPM mengimplementasikan *Teory Of Constrain* sehingga dinilai mampu merekayasa manajemen pelaksanaan tingkah laku sumber daya dalam kegiatan proyek sehingga penyelesaian proyek diperkirakan akan lebih cepat dan efisien. [4]

Diharapkan penggunaan metode ini dapat meningkatkan penyelesaian proyek reparasi kapal dan menghemat biaya yang dikeluarkan serta dapat meningkatkan kualitas galangan tanpa membuat pengorbanan yang lebih besar. Penelitian ini menggunakan manajemen proyek rantai kritis untuk merencanakan jadwal proyek *repowering* kapal di perusahaan galangan kapal untuk menentukan total durasi. Hasilnya akan dibandingkan dengan *Critical Path Method* atau metode jalur kritis.

2. METODE

2.1. Objek penelitian

Studi kasus yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah proyek *repowering engine* MV. Sinar Ambon milik PT *Samudera Shipping Service* Indonesia yang dilaksanakan oleh PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, Semarang. Kemudian akan dilakukan analisa dengan menggunakan dua metode penjadwalan yaitu *Critical Path Method* dan *Critical Chain Project Management*.



Gambar 1. MV. Sinar Ambon

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal MV. Sinar Ambon

No	Principal dimension	Measurements
1	Length Over All (LOA)	97,18 m
2	Length Perpendicular (LPP)	90 m
3	Breadth (B)	15,60 m
4	Depth (D)	7,50 m
5	Draft (T)	5,80 m
6	Service Speed	12 knots
7	Deadweight	4888 DWT



Gambar 2. Main Engine Baru MV. Sinar Ambon

2.2. Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan studi literatur yang didapatkan dari jurnal dan buku serta studi lapangan yang dilakukan melalui wawancara maupun secara langsung diantaranya :

1. Mengumpulkan data kegiatan terkait penjadwalan reparasi kapal seperti aktivitas dalam proyek pekerjaan reparasi kapal, jumlah pekerja serta jam kerja operasional galangan maupun gambar teknik pendukung seperti *general arrangement* ataupun spesifikasi mesin yang akan digunakan.

2. Wawancara kepada pihak-pihak yang terlibat untuk kebutuhan data-data penulis di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera selaku galangan dimana MV. Sinar Ambon di reparasi.

2.3. Pengolahan data

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

1. Melakukan perhitungan produktivitas tenaga kerja galangan pada *item repair list* untuk menentukan durasi pekerjaan.
2. Membuat rencana *network diagram* dengan menginput data penjadwalan,

durasi serta daftar pekerjaan reparasi berdasarkan hubungan antar kegiatan yang dilakukan menggunakan *software Microsoft Project*.

3. Penentuan *Earliest Event Time* (EET) dan juga *Latest Event Time* (LET).
4. Analisis perhitungan penjadwalan menggunakan *Critical Path Method* menggunakan cara perhitungan maju lalu dilakukan perhitungan mundur untuk menentukan jalur yang memiliki slack bernilai 0 sehingga dianggap sebagai *critical path*.
5. Menyelesaikan *Resource Conflict* dengan *Resource Levelling*.
6. Menggunakan penjadwalan metode CPM yang telah dilakukan pemerataan tenaga kerja untuk mengidentifikasi *Critical Chain* menggunakan *software Agile CC for adept tracker*.
7. Melakukan perhitungan *Buffer time* pada *critical chain* ataupun *non critical chain*.
8. Membandingkan hasil dari kedua metode berdasarkan durasi total proyek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah data-data yang telah terkumpul, dilanjutkan dengan melakukan pengolahan data sehingga didapatkan hasil perbandingan. Berikut merupakan pembahasan serta hasil analisis pada penelitian ini.

3.1. Perhitungan Produktivitas

Penentuan produktivitas dilakukan berdasarkan kondisi aktual sumber daya di galangan per hari sebagai acuan perhitungan durasi seperti pada persamaan 1.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Man Power} \times \text{durasi}} \quad (1)$$

Tabel 2. Produktivitas Tenaga Kerja *Replating*

No	Nama Kapal	Produktivitas Tenaga Kerja <i>Replating</i> (Kg/Mandays)
1	Tk. Virgo Sejati 88	22,85
2	Tk. Sandidewa 26	23,5
3	Tk. Pulau Bengaris	22,5
4	Tk. Dku-4	22,24
	Rata-Rata	22,7725

Dari hasil perhitungan pada tabel 2 didapatkan produktivitas *replating* kapal untuk bagian konstruksi dalam sebesar 23 kg/hari/orang.

3.2. Perhitungan Durasi Proyek

Perhitungan durasi dilakukan untuk setiap item pekerjaan sehingga dapat menentukan durasi total dari suatu proyek setelah dibuat hubungan antar kegiatannya. Untuk perhitungan durasi ini dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan produktivitas yaitu dapat dilakukan setelah mengetahui data tentang volume total pekerjaan, produktivitas pekerjaan serta jumlah tenaga kerja yang akan dipakai.

3.2.1 Perhitungan Durasi *Replating*

Hal pertama yang dilakukan adalah menghitung total volume dari pekerjaan *replating*, pada bagian ini dilakukan perhitungan terhadap *replating* bagian konstruksi dalam sekat kamar mesin.

- Sekat Kamar Mesin
 - Plat Ukuran : 3000 x 2500 x 10 x 1 Lembar : 589 Kg
- Bongkar Stiffener Sekat Kamar Mesin
 - Stiffener Besar (Vertikal)
 - Web Plat ukuran : 2250 x 450 x 10 x 1 Unit : 80.0 Kg
 - Face Plat ukuran : 2250 x 150 x 10 x 1 : 27.0 Kg
 - Stiffener Kecil (Vertikal)
 - Siku Ukuran : 2250 x 100 + 100 x 10 x 1 : 34.0 Kg
 - Stiffener Besar (Horizontal)
 - Web Plat ukuran : 2850 x 450 x 10 x 1 Unit : 101.0 Kg
 - Face Plat ukuran : 2850 x 150 x 10 x 1 Unit : 34.0 Kg
 - Stiffener Kecil (Horizontal)
 - Siku Ukuran : 2850 x 100 + 100 x 10 x 1 : 43.0 Kg
- Pembuatan & Pembongkaran penguatan akses sekat kamar mesin
 - Plat Strip : 12000 x 200 x 10 x 1 Unit : 189.0 Kg
 - Siku ukuran : 3000 x 100 + 100 x 10 x 3 : 135.9 Kg
- Total volume : 589 kg + 80 kg + 27 kg + 34 kg + 101 kg + 34 kg + 43 kg + 189 kg + 135,9 kg = **1.232,910 kg**

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Man Power} \times \text{Produktivitas}} \quad (2)$$

Berdasarkan perhitungan durasi dengan menggunakan produktivitas 23 kg/*mandays* dengan total volume pekerjaan sebanyak 1.232,910 kg dan jumlah pekerja sebanyak 6 orang maka didapatkan durasi sebesar 8,934 hari dan ditambahkan *buffer time* menjadi 10 hari untuk

menjaga proyek dari keterlambatan. Sehingga dapat ditentukan pembagian durasi pada pekerjaan *replating* yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Durasi pekerjaan *Replating*

No	Nama Pekerjaan	Durasi
1	Buka sekat kamar mesin - palka 2 <i>include stiffener</i>	3 hari
2	Pembuatan penguatan akses sekat kamar mesin	2 hari
3	Pasang kembali konstruksi sekat depan kamar mesin	5 hari

3.2.2 Perhitungan Durasi *Scrap Underwater*

Perawatan pada bagian lambung kapal dilakukan dengan melakukan scrap, namun karena posisi kapal sedang melakukan *floating* maka *scrap* harus dilaksanakan pada kondisi *underwater*. Pelaksanaan *scrap underwater* ini dilakukan secara manual dengan :

- Luasan bagian : 1140 m²
- Produktivitas pekerja perhari : 71,25 m² permandays

Sehingga didapatkan durasi 8 hari jika menggunakan 2 orang pekerja. Proses *Scrap underwater* pada proyek ini dapat dikerjakan kapan saja sebelum *docking trial* dimulai karena tidak akan mempengaruhi pekerjaan lainnya sebab dilakukan dibagian yang berbeda, yaitu bagian lambung, *propeller* serta *rudder* kapal.

3.3. Penjadwalan Proyek Menggunakan CPM

Dalam pembuatan penjadwalan proyek, penulis menggunakan perangkat lunak *microsoft project* yaitu salah satu program aplikasi manajemen proyek. Dalam pengaplikasiannya Ms. Project dapat membantu mengetahui penggunaan sumber daya yang masih berfluktuasi.[5]

Pada tabel 4 terdapat *summary task* dari proyek *repowering engine* menggunakan metode penjadwalan CPM sehingga didapatkan durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek pekerjaan reparasi adalah 46 hari.

Tabel 4. Durasi *Summary Task* Penjadwalan CPM

No	Summary Task	Durasi (Hari)
1	Tahap Persiapan	6
2	Tahap Buat Akses Dan <i>Lifting Tool</i>	7
3	Persiapan <i>Main Engine</i> Baru	11
4	<i>Shifting Main Engine</i>	19
5	<i>Install Main Engine</i> Baru	15
6	Pasang Sistem Pendukung <i>Main Engine</i>	3
7	Bongkar Pasang Kembali Aksesoris	13
8	<i>Testing</i>	3
9	Pelayanan Umum	43

Langkah awal pengerjaan setelah mengetahui durasi setiap pekerjaan adalah membuat hubungan ketergantungan antar kegiatan untuk mendapatkan jalur kritis yang terlihat seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Jalur Kritis Pada Penjadwalan CPM

No	Nama Kegiatan	WBS
1	Jack& Ganjal Ponton Palka 3 (Manual)	1.1.1
2	Bongkar Pondasi Pompa SW <i>Cooling ME</i>	1.1.5
3	Bongkar <i>Ducting</i> Ventilasi Area Depan Me	1.1.6
4	Bongkar Kabel Tray	1.1.7
5	Buka Sekat Kamar Mesin - Palka 2 <i>Include Stiffener</i>	1.2.1
6	Pembuatan Konstruksi <i>Cradle</i>	1.2.4
7	Pembuatan Konstruksi Lantai Kamar Mesin	1.2.5
8	Pembuatan Konstruksi <i>Spreader</i>	1.2.6
9	<i>Main Engine</i> Baru Tiba Di YWTS	1.3.1
10	Resertifikasi ME Baru Ke Kelas (BKI)	1.3.2
11	<i>Main Engine</i> Dibongkar Hingga Size Terkecil	1.3.3
12	Pasang <i>Main Engine</i> Baru Ke <i>Cradle</i>	1.3.4
13	Buka / Angkat Ponton Palka 2	1.4.5
14	ME Baru Dimasukkan Ke Palka 2 (<i>Include</i> Komponen Yang Dilepas)	1.4.7
15	<i>Shifting</i> ME Baru Ke Ruang Mesin	1.4.9
16	Memposisikan ME Baru Ke Pondasi ME (<i>Include</i> Bongkar <i>Cradle</i>)	1.5.1
17	Pemasangan Part ME Baru	1.5.2
18	<i>Alignment</i> ME (<i>Include</i> Semua <i>Record</i>)	1.5.3
19	<i>Chockfast</i> Pondasi ME	1.5.4
20	Pasang Sistem Pipa Me	1.6.1
21	Pasang Sistem <i>Exhaust</i> Me	1.6.2
22	Pasang Sistem <i>Electric & Safety Device</i> Me	1.6.3
23	<i>Dock Trial</i>	1.8.1
24	<i>Sea Trial</i>	1.8.2

Jalur kritis merupakan jalur yang tersusun dari rangkaian pekerjaan dalam lingkup proyek yang saling berhubungan sehingga apabila terjadi hambatan atau penundaan dapat menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.[6]

Network diagram adalah suatu metode yang digunakan untuk menghitung perencanaan jadwal dengan aturan perhitungan maju dan mundur. Tahapan menyusun *network diagram* dimulai dengan memberikan kode aktivasi item pekerjaan agar memudahkan identifikasi. Network diagram dapat menampilkan durasi pekerjaan, hubungan ketergantungan antar kegiatan serta lintasan kritis.[7]

Tabel 6. *Perhitungan Slack* pada jalur kritis

WBS	Durasi	ES	EF	LS	LF	Total Slack
1.1.1	4	0	4	0	4	0

1.1.5	2	4	6	4	6	0
1.1.6	2	4	6	4	6	0
1.1.7	2	4	6	4	6	0
1.2.1	3	6	9	6	9	0
1.2.4	7	6	13	6	13	0
1.2.5	7	6	13	6	13	0
1.2.6	7	6	13	6	13	0
1.3.1	1	5	6	5	6	0
1.3.2	1	6	7	6	7	0
1.3.3	7	7	14	7	14	0
1.3.4	2	14	16	14	16	0
1.4.5	1	16	17	16	17	0
1.4.7	2	17	19	17	19	0
1.4.9	7	19	26	19	26	0
1.5.1	2	26	28	26	28	0
1.5.2	7	28	35	28	35	0
1.5.3	3	35	38	35	38	0
1.5.4	2	38	40	38	40	0
1.6.1	3	40	43	40	43	0
1.6.2	3	40	43	40	43	0
1.6.3	3	40	43	40	43	0
1.8.1	1	43	44	43	44	0
1.8.2	2	44	46	44	46	0

Data *resource* yang digunakan pada proyek *repowering engine* ini terdiri dari jumlah tenaga kerja dan biaya. Tulisan warna merah yang terdapat pada gambar 3 menunjukkan adanya *overallocated resource* yang tidak sesuai dengan jumlah yang tersedia di galangan.

	Resource Name	Type	Max. Units	Initials
1	Project Manager	Work	100%	P
2	Field Operation Manager	Work	100%	F
3	Imam S	Work	500%	IS
4	Dion	Work	700%	D
5	Surya Teknik	Work	500%	ST
6	Haris Automation	Work	300%	HA
7	Santo	Work	1,000%	S
8	Totok	Work	400%	T
9	Hari	Work	500%	H
10	TS	Work	100%	TS
11	Tanindo	Work	800%	T
12	ABK	Work	800%	ABK
13	Nyewa Crane	Work	200%	NC
14	PT ID TECH MARINDO	Work	300%	TM
15	Mul	Work	300%	M
16	Salim	Work	500%	S
17	Class	Work	100%	C
18	Maker engine	Work	100%	ME
19	QC	Work	200%	QC
20	Electrical engineering	Work	100%	E
21	Mechanical Engineering	Work	100%	M
22	Tenaga Kerja Harian	Work	1,000%	T

Gambar 3. Tampilan *Resource Sheet* Pada *Software Microsoft Project 2013*

Pengalokasian tenaga kerja disesuaikan berdasarkan pada kondisi pekerjaan dan juga dengan urutan hubungan antar pekerjaannya yang saling terikat satu sama lain. Tenaga kerja yang diidentifikasi sebagai kendala *multi tasking* perlu diberikan perhatian khusus dan dialokasikan secara merata agar sumber daya tidak terjadi adanya *overallocated resource*, yaitu dengan dilakukannya

metode *Resource Leveling* yang berfungsi menghilangkan *overallocated resource*. [8]

	Resource Name	Type	Max. Units	Initials
1	Project Manager	Work	100%	P
2	Field Operation Manager	Work	100%	F
3	Imam S	Work	900%	IS
4	Dion	Work	700%	D
5	Surya Teknik	Work	500%	ST
6	Haris Automation	Work	300%	HA
7	Santo	Work	1,000%	S
8	Totok	Work	400%	T
9	Hari	Work	1,000%	H
10	TS	Work	100%	TS
11	Tanindo	Work	800%	T
12	ABK	Work	800%	ABK
13	Nyewa Crane	Work	200%	NC
14	PT ID TECH MARINDO	Work	300%	TM
15	Mul	Work	300%	M
16	Salim	Work	800%	S
17	Class	Work	100%	C
18	Maker engine	Work	100%	ME
19	QC	Work	200%	QC
20	Electrical engineering	Work	100%	E
21	Mechanical Engineering	Work	100%	M
22	Tenaga Kerja Harian	Work	1,000%	T

Gambar 4. Tampilan *Resource Sheet* Setelah Dilakukan *Resource levelling*

Jika *overallocated resource* tidak dihilangkan maka akan menimbulkan resiko keterlambatan pada proyek jika suatu pekerjaan terjadi kegiatan *bad multitasking*.

Setelah dilakukan proses *resources levelling* terjadi perubahan total jam kerja pada beberapa subkon yang mengalami *overallocated* pekerjaan. Selain berpengaruh terhadap durasi, hal ini berpengaruh terhadap kinerja para pekerja yang diharapkan dengan tidak adanya *overallocation* maka proyek dapat berjalan sesuai dengan perkiraan penjadwalan yang dibuat.

Tabel 7. Total Jam Kerja Sebelum *Levelling*

No	Nama Tenaga Kerja	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Total jam kerja
1	Imam S	11/26/18	12/28/18	1,120 hrs
2	Dion	11/27/18	12/28/18	400 hrs
3	Surya Teknik	11/27/18	1/7/19	240 hrs
4	Haris Automation	11/27/18	1/10/19	120 hrs
5	Santo	11/30/18	1/9/19	736 hrs
6	Totok	11/30/18	1/3/19	80 hrs
7	Hari	12/2/18	12/9/18	560 hrs
8	TS	12/2/18	1/14/19	32 hrs
9	Tanindo	12/3/18	1/2/19	616 hrs
10	ABK	12/14/18	1/14/19	528 hrs
11	Nyewa Crane	12/15/18	12/16/18	16 hrs
12	PT.ID TECH MARINDO	1/2/19	1/5/19	72 hrs
13	Mul	1/5/19	1/7/19	48 hrs
14	Salim	1/8/19	1/10/19	144 hrs
15	Class	1/12/19	1/14/19	16 hrs
16	Maker engine	12/1/18	1/14/19	88 hrs

17	Tenaga Kerja Harian	11/26/18	1/10/19	2,088 hrs
----	---------------------	----------	---------	-----------

Tabel 8. Total Jam Kerja Setelah *Levelling*

No	Nama Tenaga Kerja	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Total jam kerja
1	Imam S	11/26/18	12/28/18	1,128 hrs
2	Dion	11/27/18	12/28/18	384 hrs
3	Surya Teknik	11/27/18	1/7/19	240 hrs
4	Haris Automation	11/27/18	1/10/19	120 hrs
5	Santo	11/30/18	1/9/19	800 hrs
6	Totok	11/30/18	1/3/19	80 hrs
7	Hari	12/2/18	12/9/18	560 hrs
8	TS	12/2/18	1/14/19	32 hrs
9	Tanindo	12/3/18	1/2/19	616 hrs
10	ABK	12/14/18	1/14/19	528 hrs
11	Nyewa Crane	12/15/18	12/16/18	16 hrs
12	PT.ID TECH MARINDO	1/2/19	1/5/19	72 hrs
13	Mul	1/5/19	1/7/19	48 hrs
14	Salim	1/8/19	1/10/19	144 hrs
15	Class	1/12/19	1/14/19	16 hrs
16	Maker engine	12/1/18	1/14/19	88 hrs
17	Tenaga Kerja Harian	11/26/18	1/10/19	1,768 hrs

3.4. Penjadwalan Proyek Menggunakan *Critical Chain Project Management*

Dalam pelaksanaannya, metode CCPM memperhitungkan berbagai kendala seperti *student syndrome*, *parkinson's law* serta *multitasking* yang menjadi kendala dalam penjadwalan proyek yang tidak dilakukan dalam metode CPM.[9] Sebagai langkah pertama setelah mendapatkan penjadwalan dengan *critical path* maka bisa menghilangkan waktu *safety* dari tiap pekerjaan menggunakan metode *cut & paste method* dengan memotong 50% probabilitas dari waktu pekerjaan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan.[10]

Penjadwalan *Critical Chain Project Management* ini dapat menggunakan bantuan *software Agile CC for Adept Tracker* dalam memperoleh penjadwalan yang sesuai. Software tersebut membantu dalam hal menentukan *gant chart*, *buffer time* maupun melakukan tahap *backward scheduling* yang tidak ada dalam perintah program *Ms.project*.

Critical Path Method menggunakan asumsi bahwa tugas-tugas harus dijadwalkan secepat mungkin (*As Soon As Possible*) dari tanggal proyek dimulai. Penjadwalan tersebut menempatkan tanggal kerja sedekat mungkin dengan awal dari jadwal kontrak. Berbeda dengan perencanaan pada metode *Critical Chain*, tugas-tugas dijadwalkan selambat mungkin (*As Late As Possible*) berdasarkan tanggal akhir proyek.

Tabel 9. Durasi *Summary Task* Penjadwalan CCPM

No	Summary Task	Durasi (Hari)
1	Tahap Persiapan	3
2	Tahap Buat Akses Dan <i>Lifting Tool</i>	4
3	Persiapan <i>Main Engine</i> Baru	8
4	<i>Shifting Main Engine</i>	19
5	<i>Install Main Engine</i> Baru	10
6	Pasang Sistem Pendukung <i>Main Engine</i>	2
7	Bongkar Pasang Kembali Aksesoris	7
8	<i>Testing</i>	2
9	Pelayanan Umum	25

Tabel 10. *Critical Chain* Pada Penjadwalan CCPM

No	Nama Kegiatan	Durasi (Hari)
1	Jack& Ganjal Ponton Palka 3 (Manual)	2
2	Bongkar Pondasi Pompa SW <i>Cooling ME</i>	1
3	Bongkar <i>Ducting</i> Ventilasi Area Depan Me	1
4	Bongkar Kabel Tray	1
5	Buka Sekat Kamar Mesin - Palka 2 <i>Include Stiffener</i>	2
6	Pembuatan Konstruksi <i>Cradle</i>	4
7	Pembuatan Konstruksi Lantai Kamar Mesin	4
8	Pembuatan Konstruksi <i>Spreader</i>	4
9	<i>Main Engine</i> Baru Tiba Di YWTS	1
10	Resertifikasi ME Baru Ke Kelas (BKI)	1
11	<i>Main Engine</i> Dibongkar Hingga Size Terkecil	4
12	Pasang <i>Main Engine</i> Baru Ke <i>Cradle</i>	1
13	Buka / Angkat Ponton Palka 2	1
14	ME Baru Dimasukkan Ke Palka 2 (<i>Include</i> Komponen Yang Dilepas)	1
15	<i>Shifting</i> ME Baru Ke Ruang Mesin	4
16	Memposisikan ME Baru Ke Pondasi ME (<i>Include</i> Bongkar <i>Cradle</i>)	1
17	Pemasangan Part ME Baru	4
18	<i>Alignment</i> ME (<i>Include</i> Semua <i>Record</i>)	2
19	<i>Chockfast</i> Pondasi ME	1
20	Pasang Sistem Pipa Me	2
21	Pasang Sistem <i>Exhaust</i> Me	2
22	Pasang Sistem <i>Electric & Safety Device</i> Me	2
23	<i>Dock Trial</i>	1
24	<i>Sea Trial</i>	1

Metode ini menerapkan penjadwalan pekerjaan sedekat mungkin dengan akhir dari *schedule*. Dengan CCPM kita dapat menempatkan *buffer time* / waktu penyangga dalam rencana proyek yang diharapkan berfungsi sebagai penyerap agar dapat menjaga *deadline* waktu proyek terhadap peningkatan waktu pengerjaan suatu kegiatan. [4]

Tabel 11. Total Jam Kerja dengan metode CCPM

No	Nama Tenaga Kerja	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Total jam kerja
1	Imam S	11/29/18	12/17/18	620 hrs
2	Dion	11/29/18	12/17/18	232 hrs
3	Surya Teknik	11/29/18	12/22/18	144 hrs
4	Haris Automation	11/29/18	12/24/18	72 hrs
5	Santo	12/1/18	12/23/18	536 hrs
6	Totok	12/1/18	12/20/18	48 hrs
7	Hari	12/2/18	12/6/18	320 hrs
8	TS	12/2/18	12/26/18	24 hrs
9	Tanindo	12/3/18	12/19/18	352 hrs
10	ABK	12/9/18	12/26/18	212 hrs
11	Nyewa Crane	12/10/18	12/10/18	16 hrs
12	PT.ID TECH MARINDO	12/19/18	12/21/18	48 hrs
13	Mul	12/21/18	12/22/18	24 hrs
14	Salim	12/22/18	12/24/18	96 hrs
15	Class	12/26/18	12/26/18	8 hrs
16	Maker engine	12/1/18	12/26/18	56 hrs
17	Tenaga Kerja Harian	11/29/18	12/24/18	1,440 hrs

Critical Chain Project Management digunakan untuk mendapatkan waktu optimal pada perencanaan proyek dengan menghilangkan *safety time* dan menggantinya dengan *buffer time*. Perhitungan *buffer time* dapat dilihat pada persamaan 3 dan 4.

$$\text{Project buffer} = \Sigma \text{critical chain} \times 50\% \quad (3)$$

$$\text{Feeding buffer} = \Sigma \text{non critical chain} \times 50\% \quad (4)$$

Buffer time berfungsi sebagai pelindung pada kegiatan kritis yang menjadi prioritas proyek karena tingkat kepekaanya paling tinggi terhadap keterlambatan proyek namun bisa juga diartikan bahwa umur *critical chain* sama dengan umur proyek.[11] Sehingga untuk melindungi kegiatan-kegiatan yang berada pada *critical chain* dapat dilakukan dengan memasukan *project buffer* pada akhir *critical chain*.

$$\begin{aligned} \text{Durasi Project Buffer tahap persiapan :} \\ &= 27 \text{ hari} \times 50\% \\ &= 13,5 \text{ hari atau } 14 \text{ hari} \end{aligned}$$

Feeding buffer diletakkan diantara persimpangan pekerjaan *critical chain* dan *non critical chain* dalam penjadwalan proyek. Berikut adalah durasi *feeding buffer* dalam penjadwalan *critical chain* pada pekerjaan rantai non kritis.

Tabel 12. *Feeding Buffer pada CCPM*

No	Summary Task	Duration (days)
1	Tahap persiapan	2

2	Tahap buat akses dan <i>lifting tool</i>	2
3	Persiapan <i>main engine</i> baru	1
4	<i>Shifting main engine</i>	4
5	<i>Install main engine</i> baru	2
6	Pasang sistem pendukung <i>main engine</i>	2
7	Bongkar pasang kembali aksesoris	2

Berdasarkan kalkulasi perhitungan *buffer time* dalam penjadwalan menggunakan metode CCPM didapatkan durasi proyek sebesar 41 hari dengan 14 termasuk kedalam *project buffer*.

3.5. Analisis Biaya Proyek antara *Critical Path Method* dengan *Critical Chain Project Management*

Perhitungan Replating Sekat Kamar Mesin

- Total request reparasi : 1.232,910 kg
- Jumlah pekerja = 6 orang
- Durasi Pekerjaan = 9 hari

$$\text{Total Mandays} = \frac{\text{Durasi Pekerjaan}}{\text{Jumlah Pekerja}} \quad (5)$$

- Total Mandays = 9 x 6 = 54 Mandays

$$\text{Biaya Manhour} = \frac{\text{Biaya perhari}}{\text{Total Jam Kerja}} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Manhour} &= \text{Rp}120.000 / 7 \text{ jam} \\ &= \text{Rp}17.142,85 \text{ perhour} \end{aligned}$$

Dengan durasi total *replating* selama 9 hari dan total *manpower* sebanyak 6 orang serta upah pekerja sebesar 120 ribu rupiah perhari maka didapatkan total biaya pekerjaan *replating* sebesar Rp 6.480.000

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Total Replating}}{\text{Total Mandays}} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= 1.232,910 \text{ kg} / 54 \\ &= 22,83 \text{ kg atau } 23 \text{ kg/mandays} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya perkilo replating} = \frac{\text{Total Biaya}}{\text{Total replating}} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Harga perkilo replating} \\ &= \text{Rp } 6.480.000 / 1.232,910 \text{ kg} = \text{Rp } 5.255/\text{kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Mandays* dengan tenaga kerja sebanyak 6 orang menghasilkan total biaya *replating* keseluruhan sebesar Rp Rp 4.800.000, produktifitas *replating* 22,83 kg/*Mandays* atau 23 kg/*Mandays* dan harga produktifitas plat baja sebesar Rp 3,893/kg.

Tabel 13. *Perhitungan Biaya Pada Metode CPM*

No	Summary Task	Biaya
1	Tahap persiapan	20.320.000
2	Tahap buat akses dan <i>lifting tool</i>	25.200.000
3	Persiapan <i>main engine</i> baru	3.500.000
4	<i>Shifting main engine</i>	34.085.000
5	<i>Install main engine</i> baru	9.420.000
6	Pasang sistem pendukung <i>main engine</i>	6.750.000
7	Bongkar pasang kembali aksesoris	33.300.000
Total		132.575.000

Tabel 14. *Perhitungan Biaya Pada Metode CCPM*

No	Summary Task	Biaya
1	Tahap persiapan	10.910.000
2	Tahap buat akses dan <i>lifting tool</i>	15.360.000
3	Persiapan <i>main engine</i> baru	1.750.000
4	<i>Shifting main engine</i>	24.180.000
5	<i>Install main engine</i> baru	5.310.000
6	Pasang sistem pendukung <i>main engine</i>	4.500.000
7	Bongkar pasang kembali aksesoris	21.200.000
Total		83.210.000

Berdasarkan seluruh perhitungan yang terdapat pada tabel 13 dan 14 maka dapat diketahui hasil dari perbandingan selisih biaya antara metode CPM dengan CCPM adalah :

- Total biaya CPM : Rp. 132.575.000
- Total biaya CCPM : Rp. 83.210.000
- Selisih = 132.575.000 - 83.210.000
= Rp. 49.365.000,-

Persentase perbandingan biaya antara kedua metode penjadwalan :
= 49.365.000/132.575.000
= 0,37 x 100% = 37%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari sejumlah perhitungan analisa yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan bahwa, dari uraian tersebut untuk segi waktu diperoleh hasil durasi untuk pekerjaan *repowering engine* pada penjadwalan *Critical Path Method* adalah 46 hari kerja, sedangkan durasi untuk pekerjaan *repowering engine* pada penjadwalan *Critical Chain Project Management*

adalah 41 hari kerja termasuk dengan *project buffer* sebesar 14 hari kerja. Dari hasil perbandingan kedua metode tersebut, metode CCPM lebih cepat 5 hari dibandingkan metode CPM.

Berdasarkan hasil perbandingan pada total durasi tersebut, pengembangan jadwal menggunakan metode *critical chain* dihasilkan waktu pelaksanaan proyek lebih cepat bila dibandingkan dengan waktu pelaksanaan menggunakan metode *critical path* dikarenakan dalam analisa metode *critical chain* memotong setengah dari waktu pelaksanaan pada setiap durasi pekerjaan menggunakan metode *Cut & Paste Method* (C&PM) atau probabilitas 50% untuk menghilangkan *buffer time* yang ada. Namun apabila pelaksanaan *actual* dilapangan dilakukan dan menghabiskan seluruh *buffer time* maka akan memakan waktu yang hampir sama dengan metode CPM.

Dalam segi biaya tenaga kerja, terjadi perbedaan sebesar 37 % antara menggunakan metode CPM dan CCPM dengan total biaya penjadwalan CPM sebesar Rp. 132.575.000,- sedangkan penjadwalan menggunakan metode CCPM membutuhkan biaya Rp 83.210.000,- dengan selisih sebesar Rp. 49.365.000,-

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa syukur serta terima kasih yang sebesar-besarnya kepada galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera yang telah memberikan banyak bantuan serta dukungan kepada penulis dalam pengumpulan data dan melakukan penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. K. Padaga, I. Rochani, and Y. Mulyadi, "Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom," vol. 7, no. 1, 2018.
- [2] S. Anggriawan and Iskandar, "Analisa Network Planning Reparasi Km Tonasa Line Viii Dengan Metode CPM Untuk Mengantisipasi Keterlambatan Penyelesaian Reparasi (Studi Kasus di PT . Dok dan Perkapalan Surabaya)" vol. 03, pp. 106–111, 2015.
- [3] Suherman and A. Aulia, "Pengendalian Waktu Proyek dengan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management (CCPM) (Studi Kasus : Pembangunan Jalan SMK IT Payakumbuh)," vol. 2, no. 2, 2016.
- [4] Silvianita, G. Wirawan, D. M. Rosyid, Suntoyo, and W. L. Dhanistha "Implementation of Critical Chain Project

Management (CCPM) and Critical Path Method (CPM) on Scheduling Ship Repair Project.” *Journal of Engineering and Applied Sciences* vol 14, pp. 4736–4741, 2019.

- [5] C. I. G. Nangka, M. Sibi and J. Mangare, “Perataan Tenaga Kerja Pada Proyek Bangunan Dengan Menggunakan Microsoft Project (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Terminal Akap Tangkoko Bitung),” *Jurnal Sipil Statik* vol. 6, no. 11, pp. 867–874, 2018.
- [6] S. W. Sriningsih and U. Wiwi., “Analisa Network Planning Reparasi Km Berlin Nakroma Dengan Metode Cpm Untuk Mengantisipasi Keterlambatan Penyelesaian Reparasi Kapal Di Pt . Dok Dan Perkapalan,” vol. 04, no. 02, pp. 155–160, 2016.
- [7] A. D. Susanto, Suparno, Ahmadi and O. S. Suharyo, “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),” *International Journal of ASRO*, vol. 9, no. 2, pp. 87–106, 2018.
- [8] R. Waluyo and S. Aditama, “Pengaruh Resource Leveling Terhadap Alokasi Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi,” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 21 no 2, pp. 118–128, 2017.
- [9] M. Shurrah, “Traditional Critical Path Method versus Critical Chain Project Management: A Comparative View,” *International Journal of Economics & Management Sciences* vol. 4, no. 9, pp. 4–9, 2015.
- [10] B. Arti “Application Of Critical Chain Project Management To Contruction Project,” *International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology Application* vol. 5, no. 12, pp. 781–785, 2016.
- [11] M. Aulady and C. Orleans, “Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartamen Menara Rungkut),” *IPTEK*, vol. 20 No.1, 2016.