



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa *Shop Level Planning and Scheduling* pada Pekerjaan Reparasi Kapal TB. MBS 88 dan BG. MBS 332 dengan *Critical Path Method* di Galangan Tegal

Fatkhun Nur Rochim<sup>1\*)</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<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 : [fatkhunurrochim23@gmail.com](mailto:fatkhunurrochim23@gmail.com), [pujomulyatno2@gmail.com](mailto:pujomulyatno2@gmail.com), [budiartountung@gmail.com](mailto:budiartountung@gmail.com)

### Abstrak

Keterlambatan proyek reparasi kapal seringkali terjadi dalam proses penyelesaiannya, sehingga diperlukan perencanaan jadwal yang akurat setiap bengkel. Percepatan durasi dengan *Shop Level Planning and Scheduling* dan *Critical Path Method* digunakan dalam penjadwalan setiap bengkel untuk mengetahui efektifitas waktu. Jalur kritis digunakan untuk mengetahui percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja. Penelitian dilakukan dengan menggabungkan *schedule* dari *repair list* dua kapal secara simultan yang menghasilkan nilai produktivitas pada setiap bengkel. Hasil analisa dengan menggunakan *software Microsoft Project* didapatkan 19 pekerjaan pada jalur kritis dan dilakukan *crashing* penambahan jam kerja mengalami percepatan durasi normal proyek dari 32 hari menjadi 27 hari yaitu 5 hari. Sedangkan *crashing* penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi normal proyek dari 32 hari menjadi 28 hari yaitu 4 hari. Hasil analisa nilai produktivitas setiap bengkel sebagai berikut: bengkel *hull* 24,5 m<sup>2</sup>/mandays, 0,17 unit/mandays, *pipe* 0,7 m/mandays, *deck outfitting* 1,22 pcs/mandays, 12,35 kg/mandays, 0,22 unit/mandays, *electrical* 0,5 unit/mandays, *propulsi and rudder* 0,13 unit/mandays, *tank cleaning and main deck* 0,5 tangki/mandays, 0,09 ls/mandays, *steel work* 17,59 kg/mandays, 0,68 pcs/mandays, 2,22 m/mandays, 0,25 ls/mandays. Berdasarkan penelitian ini dihasilkan percepatan durasi dengan alternatif penambahan jam kerja lebih efektif 15,63% untuk mengatasi keterlambatan dalam penyelesaian proyek reparasi kapal.

Kata Kunci : *Reparasi Kapal, Shop Level Planning, Critical Path Method, Produktivitas, Percepatan Durasi*

### 1. PENDAHULUAN

Galangan kapal merupakan salah satu industri masa depan yang harus dikembangkan, karena dapat memacu pertumbuhan industri maritim [1]. Keberadaan kapal yang sedang dibangun dan diperbaiki selalu dikaitkan dengan galangan kapal [2]. Perbaikan kapal diperlukan agar selalu dalam kondisi layak jalan kapal.

Reparasi kapal membutuhkan waktu yang cukup lama, tergantung kondisi kapal yang akan direparasi. Sehingga perusahaan harus dapat memenuhi waktu penyelesaian yang efektif untuk reparasi kapal. Perencanaan dan penjadwalan akan menjadi hal yang penting untuk mengendalikan pekerjaan [3].

Dalam merencanakan suatu proyek seringkali terdapat kendala yang mengakibatkan

penyelesaian proyek terlambat. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan keterlambatan dari proyek reparasi kapal, seperti fasilitas galangan masih kurang memadai, keterlambatan suplai material, hingga pengalokasian tenaga kerja yang kurang [4]. Dari faktor penyebab tersebut, dapat dicegah dengan kemampuan manajemen proyek dan penjadwalan pekerjaan yang baik.

Untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal dapat menggunakan implementasi *shop level planning*. *Shop Level Planning* merupakan perencanaan penjadwalan pekerjaan yang setiap bengkel dibuat secara terpisah, dimana setiap bengkel memiliki tanggung jawab untuk merencanakan dan merekayasa prosesnya masing-masing untuk penjadwalan terkait pengelolaan material dan akurasi kontrol guna mengetahui nilai

produktivitasnya. Setiap bengkel dapat melakukan pekerjaan yang sama pada beberapa proyek reparasi kapal dalam waktu yang bersamaan [5]. Untuk mencapai keberhasilan dalam penjadwalan di setiap bengkel harus terlebih dahulu menentukan *network planning*.

*Network planning* merupakan kegiatan-kegiatan dalam proyek yang saling ketergantungan antar satu kegiatan dengan kegiatan lainnya yang berbentuk diagram *network*, untuk menunjukkan pekerjaan yang waktu penyelesaiannya kritis [6].

*Critical Path Method* merupakan rangkaian kegiatan yang menentukan waktu paling awal hingga akhir untuk menyelesaikan proyek pada bagian kritis dalam pekerjaan [7]. Apabila kegiatan tersebut terlambat satu hari saja maka dapat mempengaruhi durasi total proyek. Kegiatan yang tidak mempunyai batas toleransi keterlambatan disebut dengan kegiatan-kegiatan kritis.

Perhitungan nilai produktivitas setiap pekerjaan di galangan kapal dapat digunakan untuk memperkirakan durasi pekerjaan, pengalokasian tenaga kerja, serta memperhitungkan percepatan durasi pekerjaan guna mencegah terjadinya keterlambatan dalam penyelesaian proyek.

Merujuk pada penelitian sebelumnya, Analisa *Network Planning* Reparasi KM. Berlin Nakroma untuk mengantisipasi keterlambatan reparasi kapal menggunakan metode CPM dimana rencana awal reparasi selama 31 hari, setelah dilakukan perubahan alokasi sumber daya dan menggunakan metode CPM waktu penyelesaian menjadi 23 hari [3].

Berdasarkan penelitian *Reschedule* Reparasi KP. Hiu Macan-03 dengan CPM, hasil penambahan jam kerja diperoleh percepatan durasi 8 hari dari 45 hari menjadi 37 hari, dan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 9 hari dari 45 hari menjadi 36 hari [8].

Berdasarkan penelitian *Reschedule* Reparasi Kapal KN. KUMBA 470 DWT Dengan CPM di Galangan Semarang, hasil menunjukkan dengan metode CPM nilai diagram *network* mengalami kemajuan dari *schedule* awal 50 hari menjadi 41 hari. Nilai produktivitas pekerjaan replating setelah dilakukan *crashing* sebesar 23,8 kg/mandays [4]. Dan penelitian Optimalisasi *Repair Schedule* KN. Panah P.207 Dengan *Critical Path Method* Guna Mempercepat Pengerjaan *Repair* didapatkan hasil berupa kemajuan durasi 2 hari yaitu dari 30 hari menjadi 28 hari, dengan nilai produktivitas galangan meningkat menjadi 58,83 m<sup>2</sup>/jam [9].

Berdasarkan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Critical Path Method* cukup efektif untuk mempersingkat durasi proyek untuk mencegah terjadinya keterlambatan dalam penyelesaiannya.

Penelitian ini akan menganalisa dalam perencanaan penjadwalan setiap bengkel pada pekerjaan reparasi TB. MBS 88 dan BG. MBS 332 dengan *Shop Level Planning and Scheduling* dengan menggabungkan *schedule* dari dua kapal tersebut untuk dapat menentukan jalur kritis dibantu dengan *software Microsoft Project* dalam proses pengerjaannya. Tujuan dari penelitian ini guna mendapatkan *schedule* pekerjaan baru, percepatan durasi dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja, serta mendapatkan nilai produktivitas tenaga kerja setiap bengkel.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini menggunakan data *main schedule* dan *repair list* TB. MBS 88 dan BG. MBS 332 di PT. Citra Bahari Shipyard, Tegal. Dari *main schedule* serta *repair list* yang didapat akan ditentukan jalur pekerjaan kritis untuk mengoptimalkan durasi proyek. Pengolahan data dilakukan dengan *Critical Path Method* dibantu menggunakan *software Microsoft Project* dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja pada bagian pekerjaan kritis untuk mendapatkan percepatan durasi.

Tabel 1. Ukuran Utama TB. MBS 88 dan BG. MBS 332

Dimensi	TB. MBS 88	BG. MBS 332
LOA	28,05 m	100,58 m
B	8,6 m	27,43 m
H	4,3 m	6,1 m
T	3,29 m	4 m
NT	63 ton	1279 ton
GT	208 ton	4263 ton

### 2.2. Pengumpulan Data

Untuk analisa dan pengolahan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder, yang didapatkan dari PT. Citra Bahari Shipyard, Tegal selaku pihak yang melaksanakan reparasi kapal TB. MBS 88 dan BG. MBS 332. Data kapal berupa *main schedule*, *repair list*, dan *ship particular*.

Data pendukung diperlukan untuk melengkapi data sekunder berupa jurnal, buku, serta penelitian terdahulu untuk mendukung pengolahan data penelitian ini.

### 2.3. Pengolahan Data

Tahapan dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan *schedule* baru dengan menggabungkan *main schedule* dari kapal TB. MBS 88 dan BG. MBS 332 berupa *repair list* beserta durasinya.
2. Menyusun kegiatan melalui *Work Breakdown Structure* (WBS) berdasarkan item pekerjaan pada *schedule*.
3. Menginput data dari *schedule* baru yang telah disesuaikan dengan item pekerjaan ke *Microsoft Project*, guna menentukan *predecessor* dan *successor*.
4. Menghitung durasi maju dan mundur berupa *Earliest Start* dan *Earliest Finish* serta *Latest Start* dan *Latest Finish* untuk memperoleh jalur kritis pekerjaan pada *network diagram* dengan catatan *slack time* sama dengan nol.
5. Menghitung nilai produktivitas harian pada pekerjaan yang berada di jalur kritis serta menghitung nilai produktivitas setiap bengkel.
6. Menghitung *crashing* untuk mempersingkat durasi pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dengan cara penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan data sekunder serta dilakukannya pengolahan data, didapatkan hasil sebagai berikut:

#### 3.1. Penyusunan Jadwal dengan *Shop Level Planning and Scheduling* menggunakan *software Microsoft Project*

Penyusunan aktivitas kegiatan dilaksanakan berdasarkan *Work Breakdown Structure* (WBS) dengan menggabungkan kedua *main schedule* agar jadwal proyek dapat berjalan sesuai dengan perencanaan.

Penyusunan jadwal pekerjaan menggunakan *software Microsoft Project* dengan mengategorikan item pekerjaan berdasarkan setiap bengkel, serta menentukan aktivitas penerus (*successor*) dan aktivitas pendahulu (*predecessor*), kemudian diinput ke *Microsoft Project* untuk mengetahui pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Relasi antar kegiatan dinyatakan dengan *start to start* (SS), *finish to start* (FS), serta *finish to finish* (FF).

Tabel 2. Penjadwalan Pekerjaan TB. MBS 88 dan BG. MBS 332 pada *Microsoft Project*

Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
General Services	32 days	Wed 23/06/21	Sat 24/07/21	
Docking	1 day	Wed 23/06/21	Wed 23/06/21	-
Dilakukan free gas	1 day	Wed 23/06/21	Wed 23/06/21	21SS
Undocking	1 day	Thu 15/07/21	Thu 15/07/21	50FF;51FF
Docking	1 day	Fri 25/06/21	Fri 25/06/21	2FS+1 day
Undocking	1 day	Sat 24/07/21	Sat 24/07/21	33FF-2 days;31FS+1 day;32FF-4 days
Sea Trial	1 day	Sat 24/07/21	Sat 24/07/21	6SS

Keterangan:

- : Pekerjaan Kritis
- : Pekerjaan Normal

#### 3.2. Analisa *Network Diagram*

*Network diagram* merupakan sketsa yang berisi alur kerja yang dapat menunjukkan pekerjaan di jalur kritis dari awal hingga akhir pekerjaan pada suatu proyek, dan digunakan untuk merencanakan, mengelola, serta memantau kemajuan proyek [10].

*Network diagram* diperoleh setelah menerima rangkaian urutan pekerjaan dari kedua kapal. Hasil *network diagram* terdapat 19 pekerjaan pada lintasan kritis dengan durasi proyek perparasi selama 32 hari.

#### 3.3. Jalur Kritis (*Critical Path*)

Jalur kritis merupakan suatu rangkaian aktivitas dengan total durasi terlama dan menunjukkan waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis terdiri dari urutan aktivitas kritis dari aktivitas pertama hingga aktivitas proyek terakhir [11]. Aktivitas kritis dapat menentukan waktu minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek.

Tabel 3. Jalur Kritis Pada Pekerjaan

NAMA PEKERJAAN		ES	EF	LS	LF	TF
General Services						
B1	Docking	0	1	0	1	0
B2	Dilakukan free gas	0	1	0	1	0
T18	Undocking	31	32	31	32	0
T19	Sea Trial	31	32	31	32	0

Hull Maintenance						
B3	Scraping bottom	0	3	0	3	0
B4	Bottom area full blasting standart Sa 2.0	1	12	1	12	0
B5	Pengecatan bottom 3 x P, 1 x TC	10	20	10	20	0
B6	Top side area full blasting standart Sa 2.0	1	12	1	12	0
B7	Pengecatan top side 1 x AC & 1 x top coat	10	20	10	20	0
Deck Outfitting						
B8	Dilakukan bongkar dan pasang kembali tutup manhole, termasuk penggantian packing	0	6	0	6	0
B10	Pemasangan fender	20	22	20	22	0
T10	Penggantian cerobong kanan yang bolong, penggantian anak tangga naik dari deck buritan ke haluan (kanan dan kiri), penggantian kampas rem jangkar (kanan dan kiri) dan dudukan	21	24	21	24	0
Propulsion and Rudder						
T12	Bongkar dan pasang shaft propeller (kanan dan kiri), melepas dan merekondisi propeller (kanan dan kiri) di bengkel, pengukuran clearance antara poros propeller dengan bantalan poros propeller (kanan dan kiri)	24	30	24	30	0
T15	Bongkar dan pasang daun kemudi (kanan dan kiri), pelepasan as kemudi (kanan dan kiri) dan penambahan daging	24	31	24	31	0
Tank Cleaning						
B27	Dilakukan air test di tanki area replating	19	22	19	22	0
Steel Work						
B11	Replating bottom, top side, dan ruang muat	1	19	1	19	0
B15	Penggantian web bottom tangki 9 kiri	5	14	5	14	0
B18	Replating plat tempat bolder bagian kiri, main deck haluan kanan dan kiri	13	20	13	20	0

B19	Penggantian web bottom dan braket bilga tangki 2 kanan	9	17	9	17	0
-----	--	---	----	---	----	---

Keterangan:

B : BG. MBS 332

T : TB. MBS 88

ES : *Earliest activity start time*

LS : *Latest activity start time*

EF : *Earliest activity finish time*

LF : *Latest activity finish time*

TF : *Total Float*

Berdasarkan Tabel 3, terdapat 19 pekerjaan yang berada pada jalur kritis dengan total *slack* bernilai nol.

### 3.4. Perhitungan Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara output yang dihasilkan dalam suatu proyek dengan input yang diberikan dalam rangkaian kegiatan proyek [12].

Perhitungan produktivitas dilaksanakan pada pekerjaan yang berada di jalur kritis serta produktivitas untuk setiap bengkel *hull, pipe, deck outfitting, electrical, propulsi and rudder, tank cleaning and main deck*, dan *steel work*.

#### 3.4.1 Produktivitas Normal pada Jalur Kritis

Produktivitas harian adalah perbandingan antara volume pekerjaan dengan durasi pekerjaan. Contoh perhitungan produktivitas harian normal pekerjaan di jalur kritis pada *scraping bottom* (B3) dengan volume pekerjaan 2562,7 m<sup>2</sup> serta durasi pekerjaan 3 hari, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas harian} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Waktu pengerjaan}} \\
 &= \frac{2562,7 \text{ m}^2}{3 \text{ hari}} \\
 &= 854,23 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Perhitungan Nilai Produktivitas Harian

Kode Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi (Hari)	Produktivitas Normal (Harian)
B1	1 ls	1	1 ls
B2	44 tangki	1	44 tangki
T18	1 ls	1	1 ls
T19	1 ls	1	1 ls
B3	2562,7 m <sup>2</sup>	3	854,23 m <sup>2</sup>
B4	2562,7 m <sup>2</sup>	11	232,97 m <sup>2</sup>
B5	574,5 m <sup>2</sup>	10	57,45 m <sup>2</sup>
B6	2562,7 m <sup>2</sup>	11	232,97 m <sup>2</sup>

B7	574,5 m <sup>2</sup>	10	57,45 m <sup>2</sup>
B8	44 pcs	6	7,33 pcs
B10	16 pcs	2	8 pcs
T10	258,3 kg	3	86,1 kg
T12	6 unit	6	1 unit
T15	4 unit	7	0,57 unit
B27	5 ls	3	1,67 ls
B11	23209,3 kg	18	1289,41 kg
B15	557 kg	9	61,89 kg
B18	232,3 kg	7	33,19 kg
B19	201,5 kg	8	25,19 kg

Perhitungan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa produktivitas normal untuk setiap aktivitas berada pada jalur kritis.

### 3.4.2 Produktivitas Setiap Bengkel (*Shop Level Planning*)

Perhitungan produktivitas setiap bengkel adalah nilai produktivitas yang dihitung untuk setiap bengkel berdasarkan item pekerjaan yang termasuk dalam penelitian. Terdapat 7 macam bengkel yang dianalisa dalam penelitian ini, yaitu bengkel *hull*, *pipe*, *deck outfitting*, *electrical*, *propulsi and rudder*, *tank cleaning and main deck*, dan *steel work*. Nilai produktivitas tiap bengkel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas mandays} = \frac{\text{Volume total}}{\text{Durasi kegiatan} \times \text{Tenaga kerja}}$$

#### 1. Bengkel *Hull*

Pada bengkel *hull* terdapat total volume pekerjaan 10705 m<sup>2</sup> dan 2 unit dengan durasi pekerjaan 19 hari dan 6 hari, serta jumlah tenaga kerja 23 orang dan 2 orang.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas mandays} &= \frac{10705 \text{ m}^2}{19 \text{ hari} \times 23 \text{ orang}} \\ &= 24,5 \text{ m}^2/\text{mandays} \\ &= \frac{2 \text{ unit}}{6 \text{ hari} \times 2 \text{ orang}} \\ &= 0,17 \text{ unit/mandays} \end{aligned}$$

#### 2. Bengkel *Pipe*

Pada bengkel *pipe* terdapat total volume pekerjaan 201,4 m dengan durasi pekerjaan 17 hari, serta jumlah tenaga kerja 17 orang.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas mandays} &= \frac{201,4 \text{ m}}{17 \text{ hari} \times 17 \text{ orang}} \\ &= 0,7 \text{ m/mandays} \end{aligned}$$

#### 3. Bengkel *Deck Outfitting*

Pada bengkel *deck outfitting* terdapat total volume pekerjaan 175 pcs, 432,1 kg, dan 2 unit dengan durasi pekerjaan 11 hari, 5 hari, dan 3 hari, serta jumlah tenaga kerja 13 orang, 7 orang, dan 3 orang.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas mandays} &= \frac{175 \text{ pcs}}{11 \text{ hari} \times 13 \text{ orang}} \\ &= 1,22 \text{ pcs/mandays} \\ &= \frac{432,1 \text{ kg}}{5 \text{ hari} \times 7 \text{ orang}} \\ &= 12,35 \text{ kg/mandays} \\ &= \frac{2 \text{ unit}}{3 \text{ hari} \times 3 \text{ orang}} \\ &= 0,22 \text{ unit/mandays} \end{aligned}$$

#### 4. Bengkel *Electrical*

Pada bengkel *electrical* terdapat total volume pekerjaan 1 unit dengan durasi pekerjaan 2 hari, serta jumlah tenaga kerja 1 orang.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas mandays} &= \frac{1 \text{ unit}}{2 \text{ hari} \times 1 \text{ orang}} \\ &= 0,5 \text{ unit/mandays} \end{aligned}$$

#### 5. Bengkel *Propulsi and Rudder*

Pada bengkel *propulsi and rudder* terdapat total volume pekerjaan 14 unit dengan durasi pekerjaan 7 hari, serta jumlah tenaga kerja 15 orang.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas mandays} &= \frac{14 \text{ unit}}{7 \text{ hari} \times 15 \text{ orang}} \\ &= 0,13 \text{ unit/mandays} \end{aligned}$$

#### 6. Bengkel *Tank Cleaning and Main Deck*

Pada bengkel *tank cleaning and main deck* terdapat total volume pekerjaan 10 tangki dan 7 ls dengan durasi pekerjaan 10 hari dan 16 hari, serta jumlah tenaga kerja 2 orang dan 5 orang.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas mandays} &= \frac{10 \text{ tangki}}{10 \text{ hari} \times 2 \text{ orang}} \\ &= 0,5 \text{ tangki/mandays} \\ &= \frac{7 \text{ ls}}{16 \text{ hari} \times 5 \text{ orang}} \\ &= 0,09 \text{ ls/mandays} \end{aligned}$$

#### 7. Bengkel *Steel Work*

Pada bengkel *steel work* terdapat total volume pekerjaan 28643 kg, 65 pcs, 40 m dan 1 ls dengan durasi pekerjaan 22 hari, 16 hari, 6 hari, dan 2 hari, serta jumlah tenaga kerja 74 orang, 6 orang, 3 orang, dan 2 orang.

$$\begin{aligned}
\text{Produktivitas mandays} &= \frac{28643 \text{ kg}}{22 \text{ hari} \times 74 \text{ orang}} \\
&= 17,59 \text{ kg/mandays} \\
&= \frac{65 \text{ pcs}}{16 \text{ hari} \times 6 \text{ orang}} \\
&= 0,68 \text{ pcs/mandays} \\
&= \frac{40 \text{ m}}{6 \text{ hari} \times 3 \text{ orang}} \\
&= 2,22 \text{ m/mandays} \\
&= \frac{1 \text{ ls}}{2 \text{ hari} \times 2 \text{ orang}} \\
&= 0,25 \text{ ls/mandays}
\end{aligned}$$

### 3.5 Alternatif Percepatan Durasi Proyek

Proses percepatan digunakan untuk memangkas waktu pengerjaan dalam suatu proyek yang berada pada lintasan kritis agar dapat diselesaikan lebih cepat dari durasi normal guna mencegah terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek.

Dalam melakukan *crashing* terdapat beberapa alternatif yang dilakukan agar menghasilkan percepatan durasi yang efektif.

#### 3.5.1 Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Hari kerja normal adalah 8 jam sehari yaitu dari pukul (08.00-17.00) dengan waktu istirahat selama 1 jam (12.00-13.00). Penambahan jam kerja (lembur) dilaksanakan selama 4 jam setelah jam kerja normal (17.00-21.00). Namun penambahan jam kerja selama 4 jam maka akan menurunkan produktivitas 60% dari jam kerja normal.

$$\text{Produktivitas setelah crash jam kerja} = \frac{\text{Prod. Normal} + (\text{Prod. per Jam Normal} \times \text{Koef. Produktivitas} \times \text{Penambahan Jam Kerja})}{\text{Penambahan Jam Kerja}}$$

Contoh perhitungan produktivitas setelah penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan yang berada di jalur kritis bagian *scraping bottom* (B3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Prod. Normal} &= 854,23 \text{ m}^2/\text{hari} \\
\text{Prod. Per Jam Normal} &= 106,78 \text{ m}^2/\text{jam} \\
\text{Koef. Penurunan Produktivitas} &= 60\% \\
\text{Penambahan Jam Kerja} &= 4 \text{ Jam} \\
\text{Prod. setelah Penambahan Jam Kerja} &= 854,23 \text{ m}^2/\text{hari} + (106,78 \text{ m}^2/\text{jam} \times 0,6 \times 4 \text{ jam}) \\
&= 1110,5 \text{ m}^2/\text{hari}
\end{aligned}$$

Tabel 5. Perhitungan nilai produktivitas percepatan setelah penambahan jam kerja

Kode	a	b	c	d	e
B1	1 ls	0,13 ls	0,6	4	1,3 ls
B2	44 tangki	5,5 tangki	0,6	4	57,2 tangki
T18	1 ls	0,13 ls	0,6	4	1,3 ls
T19	1 ls	0,13 ls	0,6	4	1,3 ls
B3	854,23 m <sup>2</sup>	106,78 m <sup>2</sup>	0,6	4	1110,50 m <sup>2</sup>
B4	232,97 m <sup>2</sup>	29,12 m <sup>2</sup>	0,6	4	302,86 m <sup>2</sup>
B5	57,45 m <sup>2</sup>	7,18 m <sup>2</sup>	0,6	4	74,69 m <sup>2</sup>
B6	232,97 m <sup>2</sup>	29,12 m <sup>2</sup>	0,6	4	302,86 m <sup>2</sup>
B7	57,45 m <sup>2</sup>	7,18 m <sup>2</sup>	0,6	4	74,69 m <sup>2</sup>
B8	7,33 pcs	0,92 pcs	0,6	4	9,53 pcs
B10	8 pcs	1 pcs	0,6	4	10,4 pcs
T10	86,1 kg	10,76 kg	0,6	4	111,93 kg
T12	1 unit	0,13 unit	0,6	4	1,3 unit
T15	0,57 unit	0,07 unit	0,6	4	0,74 unit
B27	1,67 ls	0,21 ls	0,6	4	2,17 ls
B11	1289,41 kg	161,18 kg	0,6	4	1676,23 kg
B15	61,89 kg	7,74 kg	0,6	4	80,46 kg
B18	33,19 kg	4,15 kg	0,6	4	43,14 kg
B19	25,19 kg	3,15 kg	0,6	4	32,74 kg

Keterangan:

a : Produktivitas Normal

b : Produktivitas per Jam

c : Koefisien penurunan produktivitas akibat jam lembur

d : Penambahan jam kerja (lembur)

e : Produktivitas setelah penambahan jam kerja (lembur)

#### 3.5.2 Penambahan Tenaga Kerja

Percepatan durasi dapat juga dilakukan dengan penambahan tenaga kerja.

$$\text{Produktivitas setelah crash tenaga kerja} = \frac{(\text{Prod. Crashing Jam Kerja (Lembur)} - \text{Prod. Normal} \times 100\%) / \text{Prod. Normal}}{\text{Penambahan Tenaga Kerja}}$$

Contoh perhitungan peningkatan produktivitas normal akibat penambahan tenaga kerja pada pekerjaan yang berada di jalur kritis pada bagian *scraping bottom* (B3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Prod. Normal} &= 854,23 \text{ m}^2/\text{hari} \\
\text{Prod. setelah Lembur} &= 1110,5 \text{ m}^2/\text{hari} \\
\text{Tenaga Kerja Awal} &= 3 \text{ orang}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Peningkatan Prod. setelah penambahan jam kerja} \\ & = (1110,5 \text{ m}^2/\text{hari} - 854,23 \text{ m}^2/\text{hari} \times 100\%) / \\ & \quad 854,23 \text{ m}^2/\text{hari} \\ & = 30\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Penambahan Tenaga Kerja} \\ & = 30\% \times 3 \text{ orang} \\ & = 0,9 \approx 1 \end{aligned}$$

Tabel 6. Perhitungan produktivitas *crashing* setelah penambahan jumlah tenaga kerja

Kode	a	b	c	d
B1	1 ls	8	2	1,25 ls
B2	44 tangki	1	0	44 tangki
T18	1 ls	8	2	1.25 ls
T19	1 ls	10	3	1.3 ls
B3	854,23 m <sup>2</sup>	3	1	1138,98 m <sup>2</sup>
B4	232,97 m <sup>2</sup>	3	1	310,63 m <sup>2</sup>
B5	57,45 m <sup>2</sup>	2	1	86,18 m <sup>2</sup>
B6	232,97 m <sup>2</sup>	3	1	310,63 m <sup>2</sup>
B7	57,45 m <sup>2</sup>	2	1	86,18 m <sup>2</sup>
B8	7,33 pcs	2	1	11 pcs
B10	8 pcs	3	1	10,67 pcs
T10	86,1 kg	4	1	107,63 kg
T12	1 unit	6	2	1,33 unit
T15	0,57 unit	4	1	0,71 unit
B27	1,67 ls	2	1	2,5 ls
B11	1289,41 kg	51	15	1668,64 kg
B15	61,89 kg	3	1	82,52 kg
B18	33,19 kg	4	1	41,48 kg
B19	25,19 kg	3	1	33,58 kg

Keterangan :

a : Produktivitas Normal

b : Tenaga Kerja Awal

c : Penambahan Tenaga Kerja

d : Produktivitas setelah penambahan tenaga kerja

### 3.6 Percepatan Durasi (*Crash Duration*)

Percepatan durasi proyek adalah upaya untuk mencapai waktu penyelesaian proyek lebih cepat dari yang telah direncanakan di awal. *Crashing* digunakan untuk mengantisipasi terjadinya keterlambatan penyelesaian suatu proyek.

Dua metode digunakan untuk mempercepat durasi proyek, yaitu:

#### 3.6.1 Percepatan Durasi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Perhitungan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja dapat diselesaikan melalui persamaan sebagai berikut:

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Prod. penambahan jam kerja (lembur)}}$$

Contoh perhitungan *crash duration* alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan yang berada di jalur kritis bagian *scraping bottom* (B3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} & = 2562,7 \text{ m}^2 \\ \text{Prod. Crashing Lembur} & = 1110,5 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Crash Duration} & = \frac{2562,7 \text{ m}^2}{1110,5 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ & = 2,3 \approx 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

Tabel 7. Perhitungan Percepatan Durasi Melalui Penambahan Jam Kerja

Kode Pekerjaan	Volume	Produktivitas Crash	Crash Duration
B1	1 ls	1.3 ls	1 hari
B2	44 tangki	57.2 tangki	1 hari
T18	1 ls	1.3 ls	1 hari
T19	1 ls	1.3 ls	1 hari
B3	2562,7 m <sup>2</sup>	1110,50 m <sup>2</sup>	2 hari
B4	2562,7 m <sup>2</sup>	302,86 m <sup>2</sup>	8 hari
B5	574,5 m <sup>2</sup>	74,69 m <sup>2</sup>	8 hari
B6	2562,7 m <sup>2</sup>	302,86 m <sup>2</sup>	8 hari
B7	574,5 m <sup>2</sup>	74,69 m <sup>2</sup>	8 hari
B8	44 pcs	9,53 pcs	5 hari
B10	16 pcs	10,4 pcs	2 hari
T10	258,3 kg	111,93 kg	2 hari
T12	6 unit	1,3 unit	5 hari
T15	4 unit	0,74 unit	5 hari
B27	5 ls	2,17 ls	2 hari
B11	23209,3 kg	1676,23 kg	14 hari
B15	557 kg	80,46 kg	7 hari
B18	232,3 kg	43,14 kg	5 hari
B19	201,5 kg	32,74 kg	6 hari

#### 3.6.2 Percepatan Durasi dengan Penambahan Tenaga Kerja

Perhitungan percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja dapat diselesaikan melalui persamaan sebagai berikut:

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Prod. crashing penambahan tenaga kerja}}$$

Contoh perhitungan *crash duration* alternatif penambahan tenaga kerja pada pekerjaan yang

berada di jalur kritis bagian *scraping bottom* (B3) sebagai berikut:

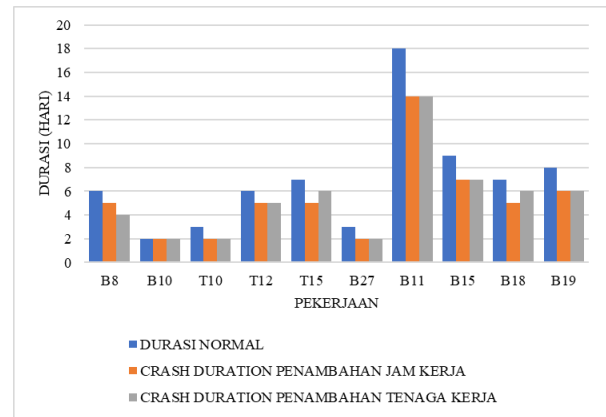
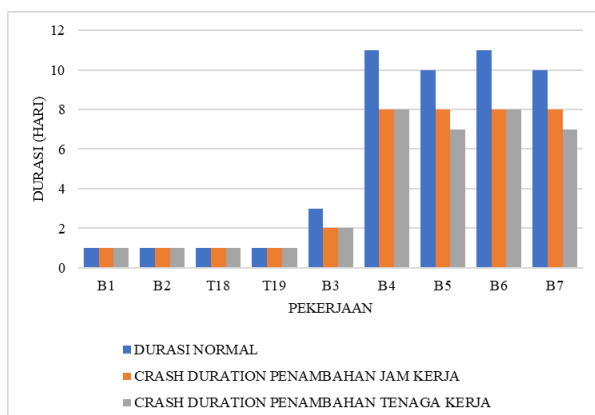
$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 2562,7 \text{ m}^2 \\ \text{Prod. Crashing Tenaga Kerja} &= 1138,98 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Crash Duration} &= \frac{2562,7 \text{ m}^2}{1138,98 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ &= 2,25 \approx 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

Tabel 8. Perhitungan Percepatan Durasi melalui Penambahan Tenaga Kerja

Kode Pekerjaan	Volume	Prod. Crash	Crash Duration
B1	1 ls	1,25 ls	1 hari
B2	44 tangki	44 tangki	1 hari
T18	1 ls	1,25 ls	1 hari
T19	1 ls	1,3 ls	1 hari
B3	2562,7 m <sup>2</sup>	1138,98 m <sup>2</sup>	2 hari
B4	2562,7 m <sup>2</sup>	310,63 m <sup>2</sup>	8 hari
B5	574,5 m <sup>2</sup>	86,18 m <sup>2</sup>	7 hari
B6	2562,7 m <sup>2</sup>	310,63 m <sup>2</sup>	8 hari
B7	574,5 m <sup>2</sup>	86,18 m <sup>2</sup>	7 hari
B8	44 pcs	11 pcs	4 hari
B10	16 pcs	10,67 pcs	2 hari
T10	258,3 kg	107,63 kg	2 hari
T12	6 unit	1,33 unit	5 hari
T15	4 unit	0,71 unit	6 hari
B27	5 ls	2,5 ls	2 hari
B11	23209,3 kg	1668,64 kg	14 hari
B15	557 kg	82,52 kg	7 hari
B18	232,3 kg	41,48 kg	6 hari
B19	201,5 kg	33,58 kg	6 hari

### 3.6.3 Perbandingan Durasi Pekerjaan Normal, Crashing Jam Kerja (Lembur), dan Crashing Tenaga Kerja

Perbandingan durasi pekerjaan antara durasi normal dengan menggunakan durasi *crashing* penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

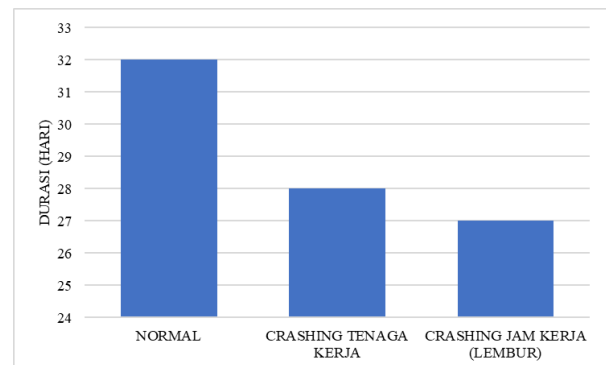


Gambar 1. Grafik Perbandingan Durasi Pekerjaan Normal, Crashing Penambahan Jam Kerja, dan Crashing Penambahan Tenaga Kerja

Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa durasi pekerjaan setelah dilakukan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada jalur kritis mengalami percepatan durasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukannya penambahan jam kerja dan penambahan jumlah tenaga kerja pada jalur kritis mampu untuk mempercepat penyelesaian proyek pekerjaan.

### 3.6.4 Perbandingan Durasi Proyek Normal, Crashing Jam Kerja (Lembur), dan Crashing Tenaga Kerja

Perbandingan durasi proyek antara durasi normal dengan menggunakan durasi *crashing* penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja. Durasi normal dalam jadwal awal 32 hari setelah adanya *crashing* penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja terjadi kemajuan durasi dalam proyek pekerjaan.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Durasi Normal, Crashing Penambahan Tenaga Kerja, dan Crashing Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dari Gambar 2 untuk grafik perbandingan antara durasi jam kerja normal dan durasi setelah *crashing* jam kerja serta durasi setelah *crashing* tenaga kerja. Setelah dilakukan *crashing* jam kerja



durasi pekerjaan mengalami percepatan 5 hari dari 32 hari menjadi 27 hari. Dan setelah *crashing* tenaga kerja durasi pekerjaan mengalami percepatan 4 hari dari 32 hari menjadi 28 hari.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pengolahan data penelitian pada proyek reparasi kapal TB. MBS 88 dan BG. MBS 332 menggunakan *Shop Level Planning and Scheduling* dengan metode *Critical Path Method* mengalami percepatan durasi dari durasi awal. Dengan perhitungan penambahan jam kerja mendapatkan percepatan durasi 5 hari dari durasi awal 32 hari menjadi 27 hari. Sedangkan dengan penambahan tenaga mendapatkan percepatan durasi 4 hari dari durasi awal 32 hari menjadi 28 hari.

Untuk perhitungan nilai produktivitas setiap bengkel sebagai berikut: bengkel *hull* 24,5 m<sup>2</sup>/mandays, 0,17 unit/mandays, *pipe* 0,7 m/mandays, *deck outfitting* 1,22 pcs/mandays, 12,35 kg/mandays, 0,22 unit/mandays, *electrical* 0,5 unit/mandays, *propulsi and rudder* 0,13 unit/mandays, *tank cleaning and main deck* 0,5 tangki/mandays, 0,09 ls/mandays, *steel work* 17,59 kg/mandays, 0,68 pcs/mandays, 2,22 m/mandays, 0,25 ls/mandays.

Sehingga dapat disimpulkan dengan dilakukannya alternatif penambahan jam kerja (lembur) lebih efektif dan efisien dalam pengerjaannya jika dibandingkan dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Suryadi, "Fungsi Produksi dan Dampak Ekonomi Industri Perkapalan Beserta Jasa Perbaikannya," *War. Penelit. Perhub.*, vol. 24, no. 5, p. 445, 2019.
- [2] M. Hasbullah, "Strategi Penguatan Galangan Kapal Nasional dalam Rangka Memperkuat Efektifitas dan Efisiensi Armada Pelayaran Domestik Nasional 2030," *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 14, no. 1, pp. 103–112, 2016.
- [3] 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 Surabaya," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 155-160, 2016.
- [4] Y. T. Andhani, I. P. Mulyatno, and A. W. B. Santosa, "Reschedule Reparasi Kapal KN. KUMBA 470 DWT Dengan *Critical Path Method* Di Galangan Semarang," *J.*

*Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 231–238, 2020.

- [5] R. C. Moore, "*Ship Production*" 2nd Edition. United States of Amerika: Cornell Maritime Press, 1995.
- [6] H. A. Rani, "Manajemen Proyek Konstruksi," Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [7] T. W. W. Utama, "Dasar-Dasar Manajemen Proyek Dan Pengendalian Proyek," *Pelatih. Pejabat Inti Satuan Kerja*, vol. 758, p. 356, 2018.
- [8] F. Rohana, "Reschedule Reparasi Hiu Macan-03 dengan *Critical Path Method*," Tugas Akhir, Semarang: Universitas Diponegoro, 2021.
- [9] F. Adha, I. P. Mulyatno, and Kiryanto, "Optimalisasi *Repair Schedule* KN Panah P.207 Dengan *Critical Path Method* Guna Mempercepat Pengerjaan *Repair*," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2017.
- [10] A. Ahmadi, S. Suparno, O. S. Suharyo, and A. D. Susanto, "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*, vol. 9, no. 2, p. 87, 2018.
- [11] I. Soeharto, "Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)," Jilid 1 Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [12] T. D. Laksono, "Produktivitas pada proyek konstruksi," *Teodolita*, vol. 8, no. 2, pp. 11–18, 2007.