



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa *Shop Level Planning* dengan Metode Jalur Kritis pada Reparasi TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3

Winda Dwi Argiyan¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾

Laboratorium Kapal – kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*)}e-mail :windaargiyan@gmail.com, pujomulyatno2@gmail.com, sarjitojs@gmail.com

Abstrak

Proyek reparasi kapal sering terjadi keterlambatan disebabkan perencanaan yang kurang matang pada setiap bengkel. Penelitian ini menggabungkan *repair list* TB Tanjung Buyut I-206 dan *repair list* TB Arek Suroboyo-3, menjadi *schedule shop level planning*. Menghasilkan nilai produktivitas pada setiap bengkel: pipa, fabrikasi, listrik, mesin, *sandblasting*, pengecatan, *outfitting*, serta *tank cleaning*. Metode jalur kritis dipergunakan untuk mengetahui percepatan proyek dengan alternatif penambahan tenaga kerja atau alternatif penambahan jam kerja (lembur) yang mengakibatkan perubahan pada *cost*. Sehingga diperoleh jalur kritis yang baru. Berdasarkan analisa dengan *software microsoft project* didapatkan jalur kritis, kemudian dilakukan *crashing project* menghasilkan alternatif penambahan tenaga kerja yang mengalami percepatan durasi normal proyek dari 60 hari menjadi 35 hari yaitu 25 hari atau 41,67%. Sedangkan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) mengalami percepatan durasi normal proyek dari 60 hari menjadi 37 hari yaitu 23 hari atau 38,33%. Dihasilkan analisa berupa nilai produktivitas setiap bengkel sebagai berikut: bengkel pipa 3,5 m/hari orang, fabrikasi 266 kg/hari orang, listrik 11 unit/hari orang, mesin 11,5 unit/hari orang, *sandblasting* 134 m²/hari orang, pengecatan 138 m²/hari orang, *outfitting* 12,4 unit/hari orang, serta *tank cleaning* 12,3 unit/hari orang. Kesimpulan pada penelitian ini alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif dalam pengerjaan reparasi kapal.

Kata Kunci : *Shop level planning*, *Repair List*, *Jalur Kritis*, *Produktivitas*, *Percepatan Durasi*

1. PENDAHULUAN

Industri galangan kapal berperan sebagai sarana penyediaan perawatan serta perbaikan kapal. Perawatan dan perbaikan ini sangat diperlukan untuk mempertahankan status layak jalan kapal. Oleh karena itu, industri galangan harus mampu memenuhi kriteria para *customer* dalam proses proyek reparasi. Sehingga, perlu adanya perencanaan dalam pengelolaan pekerjaan pada *docking repair* [1].

Kegiatan reparasi membutuhkan suatu perencanaan, penjadwalan sampai dengan pengendalian pekerjaan yang dituangkan dalam *work order* atau *repair list* agar tidak terjadi keterlambatan proyek. Penyebab utama ketidaksesuaian penjadwalan sebelumnya yang mengalami keterlambatan dikarenakan perencanaan penjadwalan antar proyek pengerjaan yang kurang sinkron sehingga terjadi bentrok pada beberapa proyek, keterlambatan material, serta

kurangnya kinerja tenaga kerja berdasarkan laporan *progress* mingguan.

Untuk meminimalisir adanya keterlambatan proyek tersebut dapat menggunakan penerapan *shop level planning*. Perencanaan penjadwalan ini dibuat secara terpisah pada setiap bengkel agar dapat mengetahui nilai produktivitasnya. Dimana setiap bengkel dapat mengerjakan pekerjaan yang sama secara bersamaan saat melakukan beberapa proyek reparasi kapal sekaligus. Untuk mensukseskan perencanaan penjadwalan ini digunakan metode jalur kritis.

Jalur kritis merupakan rangkaian dalam sebuah pekerjaan dari awal sampai akhir untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan pada bagian kritis [2]. Metode ini diaplikasikan kedalam bentuk diagram panah dimana item pekerjaan ditentukan dan digambarkan dalam jaringan kerja (*network*). Pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis diharapkan selesai tepat pada waktunya. Dengan menggunakan perhitungan maju serta

mundur dapat mengetahui nilai *slack time* (masa tenggang waktu).

Perhitungan produktivitas setiap pekerjaan di galangan dapat membantu dalam mengestimasi durasi pekerjaan, alokasi tenaga kerja, serta memperhitungkan percepatan durasi proyek ketika mengalami keterlambatan dengan upaya *crashing*.

Merujuk pada penelitian sebelumnya, penjadwalan ulang, produktivitas reparasi kapal MT. Asumsi XXVI dengan CPM didapatkan percepatan pekerjaan setelah *crashing* yaitu 17 hari dengan penambahan tenaga kerja 61 pekerja dari 40 pekerja menghasilkan durasi keseluruhan 12 hari. Untuk produktivitas dari pekerjaan reparasi setelah *crashing* menghasilkan 26,01 kg/orang dari produktivitas normal 32,14 kg/orang [3].

Berdasarkan penelitian lain, penjadwalan ulang TB. Patra Tunda 3001 dengan metode jalur kritis diperoleh percepatan waktu dengan penambahan tenaga kerja serta jam kerja yang menghasilkan durasi lebih cepat dari durasi sebelumnya 16 hari menjadi 12 hari yaitu 4 hari [4]. Penelitian *reschedule* KN. KUMBA 470 DWT dengan CPM dihasilkan perhitungan *network diagram* dengan 12 jalur kritis mengalami percepatan 9 hari dari durasi normal 50 hari menjadi 41 hari. Sedangkan untuk pekerjaan tambahan dengan 17 jalur kritis mengalami percepatan 42 hari [5].

Pada penelitian analisa *networking planning* reparasi KM. Tonasa Line dengan CPM didapatkan pengoptimalan waktu dari durasi normal proyek 30 hari menjadi 22 hari [6]. Berdasarkan penelitian optimalisasi *repair schedule* SPOB. *Prosper Three* 3537 DWT dengan CPM menghasilkan *crashing* dari durasi kontrak 30 hari menjadi 24 hari, Serta perhitungan produktivitas *manpower* sebesar 23 kg/mandays. [7]. Pada penelitian lainnya, *reschedule* reparasi lambung KP. Hiu Macan-03 dan TB. Patra Tunda 3001 dengan CPM memperoleh hasil penambahan *manpower* mampu dipercepat dari 19 hari menjadi 15 hari dengan peningkatan biaya 4,21%, sedangkan dengan penambahan *manhours* dapat dipercepat dari 19 hari menjadi 16 hari mengakibatkan peningkatan biaya 47,67%. Sehingga penambahan *manpower* lebih efisien untuk mempercepat durasi [8].

Beberapa penelitian tersebut dengan penyusunan satu *schedule* satu proyek reparasi kurang efektif, dikarenakan galangan kapal dalam satu waktu tidak hanya mengerjakan satu proyek namun beberapa proyek reparasi. Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan sistem menggabungkan dua *schedule* untuk mendapatkan *schedule* baru, sehingga divisi PPC hanya memerlukan satu *schedule* dalam mengontrol proyek reparasi.

Penelitian ini akan menganalisa mengenai perencanaan penjadwalan dengan menggabungkan *schedule* reparasi TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3 dengan metode jalur kritis menggunakan *software microsoft project*. Bertujuan untuk mendapatkan *schedule* pekerjaan baru dengan penerapan *shop level planning*, mempercepat durasi pekerjaan dengan *crash duration*, serta mendapatkan nilai produktivitas tenaga kerja setiap bengkel.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Dalam penelitian kali ini objek yang digunakan ialah *main schedule* dan *repair list* dari pekerjaan reparasi TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3 yang dilaksanakan oleh pihak PT IPC Rukindo *Shipyards* untuk keberlangsungan penelitian.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3

Dimensi	TB. Tanjung Buyut I-206	TB. Arek Suroboyo-3
LOA (m)	23,50	24,00
LPP (m)	22,00	22,60
Breadth (m)	7,00	7,00
Depth (m)	3,14	3,40
Draft (m)	2,40	2,79
GT (ton)	135	150

2.2. Pengumpulan Data

Untuk menganalisa perhitungan dalam penelitian ini jenis data yang diperoleh yaitu data sekunder berupa *repair list* kapal, *main schedule* kapal, ukuran utama kapal, serta *layout* galangan untuk menunjang pengolahan data.

2.3. Pengolahan Data

Untuk melakukan analisa percepatan durasi dan nilai produktivitas setiap bengkel, tahap - tahap pengolahan data penelitian sebagai berikut:

Pembuatan *schedule baru* dengan menggabungkan *main schedule* kedua kapal berupa *repair list* beserta durasinya. Kemudian menginput data dari *schedule baru* yang telah disesuaikan setiap pekerjaan ke *microsoft project*, untuk menentukan *predecessor* sehingga didapatkan *Gantt Chart*.

Perhitungan durasi maju serta mundur berupa nilai ES, EF, LS, dan LF digunakan untuk menganalisa pembuatan *network diagram*.

Sehingga, mendapatkan jalur kritis pekerjaan dengan catatan *slack time* sama dengan nol.

Melakukan perhitungan produktivitas pada setiap bengkel dan produktivitas harian pada aktivitas pekerjaan kritis. Kemudian menganalisa tiap pekerjaan kritis untuk mempersingkat durasi dengan perhitungan *crashing* yaitu alternatif penambahan tenaga kerja atau penambahan jam kerja (lembur).

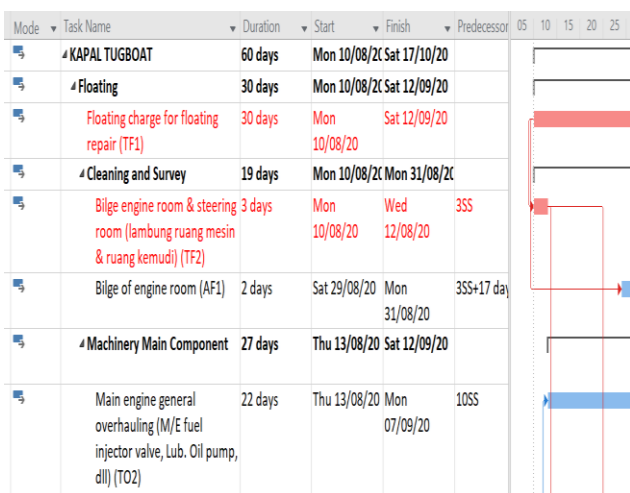
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data serta pengolahan data, sehingga didapatkan hasil analisa berikut:

3.1. Penyusunan Urutan Aktivitas

Penyusunan rangkaian aktivitas secara terstruktur dapat dilakukan agar *schedule* pengerjaan proyek dapat berjalan sesuai dengan target yang ditentukan. Penyusunan aktivitas pada penelitian ini dengan menggabungkan kedua *schedule* kapal dan disusun berdasarkan *predecessor* menggunakan *software microsoft project*.

Penyusunan *schedule* dikategorikan berdasarkan item pekerjaan lalu diinput ke *microsoft project* dengan menentukan *predecessor* dan *successor* dapat diketahui *progress* pekerjaan dan pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis. *Predecessor* adalah aktivitas pendahulu yang dikerjakan sebelum aktivitas selanjutnya dimulai, *successor* adalah aktivitas lanjutan dari aktivitas yang telah diselesaikan. *Start to start* (SS) dan *finish to start* (FS) merupakan hubungan antar aktivitas. Hubungan *lag time* antar aktivitas untuk menentukan waktu pengerjaan durasi proyek agar lebih efektif.



Gambar 1. Penjadwalan Pekerjaan TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3 pada *Microsoft Project*

3.2. Analisa Network Diagram

Network Diagram merupakan perencanaan suatu proyek yang digambarkan dalam hubungan antara setiap pekerjaan [9]. Jaringan ini disusun berdasarkan urutan kegiatan yang mempunyai hubungan antar kegiatan dan durasi waktu tiap pekerjaan dalam sebuah proyek.

Setelah aktivitas kegiatan kedua kapal diurutkan, maka dapat diketahui *network diagram*. Dimana hasil *network diagram* tersebut terdapat 19 pekerjaan pada aktivitas pekerjaan kritis dengan durasi proyek reparasi selama 60 hari.

3.3 Jalur Kritis

Jalur kritis adalah suatu jalur dalam *network diagram* yang berfungsi untuk menentukan waktu total durasi tercepat dalam menyelesaikan suatu kegiatan [10]. Perhitungan maju serta mundur dilakukan untuk mengetahui aktivitas pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis dengan mencari nilai *Early start time* (ES), *Early finish time* (EF), *Latest start time* (LS), dan *Latest finish time* (LF) pada *network diagram*. *Slack time* sama dengan nol berarti item pekerjaan kritis tidak memiliki tenggang waktu (penundaan). Sehingga, jika pekerjaan tersebut mengalami keterlambatan dapat mengakibatkan waktu durasi total terlambat pula.

Tabel 2. Pekerjaan Pada Jalur Kritis

Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)	EF	LF	TF
T1	Floating charge for floating repair	30	30	30	0
T2	Bilge engine room & steering room	3	3	3	0
T6	Renew Man hole / deck shell	11	24	24	0
T13	Hand rail/railing and ladder	17	30	30	0
A16	Repipa hand rail naik dari deck buritan ke haluan	7	30	30	0
A17	Re. tangga naik deck ke anjungan bagian haluan	7	30	30	0
T14	Dry Docking charge	27	57	57	0
T15	Docking	1	31	31	0
T20	Hull Scraping, include sea chest, and rudder/kort nozzle	2	33	33	0
T23	Ultrasonic Thickness	2	35	35	0
T24	Replating Konstruksi Lambung	7	42	42	0
A30	Replat bulwark kiri tengah	7	42	42	0
T34	Hull Coating, (flat bottom until bottom side)	3	45	45	0

T36	Full blasting, deck until internal bulwark	2	47	47	0
T37	Deck and Superstructure blasting & painting	4	51	51	0
T39	Draft marking, Plimsol mark	3	53	53	0
T40	Pasang Tire fender, tractor tire	3	56	56	0
T41	Undocking	1	58	58	0
T42	Docking Reports	2	60	60	0

Keterangan:

T : TB. Tanjung Buyut I-206

A : TB. Arek Suroboyo-3

Berdasarkan Tabel 2, terdapat 19 pekerjaan pada jalur kritis yang memiliki total *slack time* bernilai 0 (nol).

3.4 Perhitungan Produktivitas

Produktivitas merupakan perbandingan antara *output* hasil dari produksi dengan *input* total sumber daya yang digunakan [11].

Produktivitas normal dilakukan perhitungan pada pekerjaan yang berada di jalur kritis, serta perhitungan produktivitas per *mandays* untuk setiap bengkel yaitu: bengkel pipa, fabrikasi, listrik, mesin, *sandblasting*, pengecatan, *outfitting*, dan *tank cleaning*. Dengan menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$PN = \frac{VP}{DN} \quad (1)$$

Dimana *PN* adalah produktivitas normal, *VP* volume pekerjaan, dan *DN* durasi normal.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK} \quad (2)$$

Dimana *PpMd* adalah produktivitas per *mandays*, *VT* volume total, *DT* durasi total, dan *ISLTK* indeks *shop level* tenaga kerja.

3.4.1 Produktivitas Normal Pada Jalur Kritis

Contoh perhitungan produktivitas harian normal pekerjaan di jalur kritis pada bagian penggantian plat bulwark (A30) dengan volume pekerjaan 11 kg dengan durasi pekerjaan 7 hari, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\text{- Produktivitas Normal} \\ &= \frac{11 \text{ kg}}{7 \text{ hari}} \\ &= 1,57 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Tabel 3. Perhitungan Produktivitas Normal Harian

Kode Pekerja	Volume	Durasi (Hari)	Prod. Harian
T1	1 ls	30	0,03
T2	1 ls	3	0,33
T6	17 kg	11	1,55
T13	10 m	17	0,59
A16	3 m	7	0,43
A17	8 m	7	1,14
T14	1 ls	27	0,04
T15	1 ls	1	1,00
T20	212,70 m ²	2	106,35
T23	350 spot	2	175,00
T24	10000 kg	7	1428,57
A30	11 kg	7	1,57
T34	425,40 m ²	3	141,80
T36	210,96 m ²	2	105,48
T37	214 m ²	4	53,50
T39	1 ls	3	0,33
T40	18 unit	3	6,00
T41	1 ls	1	1,00
T42	1 ls	2	0,50

Dari perhitungan Tabel 3, didapatkan produktivitas normal setiap pekerjaan yang berada pada jalur kritis.

3.4.2 Produktivitas Tingkat Bengkel (*Shop Level Planning*)

Perhitungan produktivitas ini diambil dari pengelompokan pekerjaan setiap bengkel. Ada 8 macam bengkel yang dianalisa dalam penelitian ini, yaitu bengkel pipa, fabrikasi, listrik, mesin, *sandblasting*, pengecatan, *outfitting*, serta *tank cleaning*.

1. Bengkel Pipa

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 65,8 m total durasi pekerjaan 17 hari dengan jumlah total tenaga kerja 19 orang.

$$\begin{aligned} PpMd &= \frac{VT}{DT \times ISLTK} \\ &= \frac{65,8 \text{ m}}{17 \text{ hari} \times 1,1 \text{ orang}} \\ &= 3,5 \text{ m/hari orang} \end{aligned}$$

2. Bengkel Fabrikasi

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 11932,6 kg total durasi pekerjaan 24 hari dengan jumlah total tenaga kerja 45 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{11932,6 \text{ kg}}{24 \text{ hari} \times 1,87 \text{ orang}}$$

$$= 266 \text{ kg/hari orang}$$

3. Bengkel Listrik

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 22 unit total durasi pekerjaan 5 hari dengan jumlah total tenaga kerja 2 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{22 \text{ unit}}{5 \text{ hari} \times 0,4 \text{ orang}}$$

$$= 11 \text{ unit/hari orang}$$

4. Bengkel Mesin

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 102 unit total durasi pekerjaan 34 hari dengan jumlah total tenaga kerja 9 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{102 \text{ unit}}{34 \text{ hari} \times 0,26 \text{ orang}}$$

$$= 11,5 \text{ unit/hari orang}$$

5. Bengkel Sandblasting

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 1589,06 m² total durasi pekerjaan 7 hari dengan jumlah total tenaga kerja 12 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{1589,06 \text{ m}^2}{7 \text{ hari} \times 1,7 \text{ orang}}$$

$$= 134 \text{ m}^2/\text{hari orang}$$

6. Bengkel Pengecatan

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 1383,4 m² total durasi pekerjaan 8 hari dengan jumlah total tenaga kerja 10 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{1383,4 \text{ m}^2}{8 \text{ hari} \times 1,25 \text{ orang}}$$

$$= 138 \text{ m}^2/\text{hari orang}$$

7. Bengkel Outfitting

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 197 unit total durasi pekerjaan 11 hari dengan jumlah total tenaga kerja 16 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{197 \text{ unit}}{11 \text{ hari} \times 1,45 \text{ orang}}$$

$$= 12,4 \text{ unit/hari orang}$$

8. Bengkel Tank Cleaning

Pekerjaan pada bengkel ini memiliki total volume pekerjaan 86,36 unit total durasi pekerjaan 7 hari dengan jumlah total tenaga kerja 7 orang.

$$PpMd = \frac{VT}{DT \times ISLTK}$$

$$= \frac{86,36 \text{ unit}}{7 \text{ hari} \times 1 \text{ orang}}$$

$$= 12,3 \text{ unit/hari orang}$$

Tabel 4. Produktivitas *Shop Level Planning*

No.	Nama Bengkel	Produktivitas
1	Pipa	3,5 m/hari orang
2	Fabrikasi	266 kg/hari orang
3	Listrik	11 unit/hari orang
4	Mesin	11,5 unit/hari orang
5	Sandblasting	134 m ² /hari orang
6	Pengecatan	138 m ² /hari orang
7	Outfitting	12,4 unit/hari orang
8	Tank Cleaning	12,3 unit/hari orang

Dari perhitungan produktivitas setiap tingkat bengkel ini menunjukkan estimasi *progress* yang harus dicapai untuk setiap tenaga kerja setiap harinya.

3.5 Alternatif Percepatan

Proses percepatan atau *crash project* merupakan cara yang dilakukan dalam mempercepat waktu untuk menyelesaikan proyek agar lebih cepat dibandingkan durasi normal, guna menghindari terjadinya keterlambatan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan.

Berikut beberapa alternatif yang dilakukan untuk menghasilkan analisa percepatan waktu yang efektif.

3.5.1 Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam pengerjaan proyek ini jam kerja normalnya ialah 8 jam per hari (08:00 – 17:00) dengan jam istirahat (12:00 – 13:00) selama 1 jam. Sedangkan waktu penambahan jam kerja dilaksanakan setelah jam kerja normal selesai yaitu selama 4 jam. Namun, dengan adanya penambahan jam kerja ini mengakibatkan produktivitas menurun sebesar 60% dari produktivitas normal.

Perhitungan produktivitas penambahan durasi jam kerja dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3.

$$PCrJK = PN + (PpJN \times \alpha \times PJK) \quad (3)$$

Dimana $PCrJK$ adalah produktivitas *crashing* jam kerja (lembur), $PpJN$ Produktivitas per jam normal, PN produktivitas normal, α koefisien penurunan produktivitas bernilai 0,6, dan PJK penambahan jam kerja.

Contoh perhitungan produktivitas *crashing* penambahan jam kerja (lembur) pada aktivitas pekerjaan jalur kritis bagian penggantian plat *bulwark* (A30) sebagai berikut:

- Produktivitas Normal = 1,57 kg/hari
 Prod. per Jam Normal = 0,196 kg/jam
 Koef. Produktivitas = 60% = 0,6
 Penambahan Jam Kerja = 4 jam
- Produktivitas *Crashing* Jam Kerja (lembur)
 = 1,57 kg/hari + (0,196 kg hari/jam \times 0,6 \times 4 jam)
 = 2,043 kg/hari

Tabel 5. Perhitungan Produktivitas *Crashing* Penambahan Jam Kerja (lembur)

Kode Pekerjaan	a	b	c	d	e
T1	0,03	0,004	0,6	4	0,043
T2	0,33	0,042	0,6	4	0,433
T6	1,55	0,193	0,6	4	2,009
T13	0,59	0,074	0,6	4	0,765
A16	0,43	0,054	0,6	4	0,557
A17	1,14	0,143	0,6	4	1,486
T14	0,04	0,005	0,6	4	0,048
T15	1,00	0,125	0,6	4	1,300
T20	106,35	13,294	0,6	4	138,255
T23	175,00	21,875	0,6	4	227,500
T24	1428,57	178,571	0,6	4	1857,143
A30	1,57	0,196	0,6	4	2,043
T34	141,80	17,725	0,6	4	184,340
T36	105,48	13,185	0,6	4	137,124
T37	53,50	6,688	0,6	4	69,550
T39	0,33	0,042	0,6	4	0,433
T40	6,00	0,750	0,6	4	7,800
T41	1,00	0,125	0,6	4	1,300
T42	0,50	0,063	0,6	4	0,650

Keterangan:

- a : Produktivitas normal (kg/hari)
 b : Produktivitas per jam normal (kg hari/jam)
 c : Koefisien penurunan produktivitas
 d : Penambahan jam kerja lembur (jam)
 e : Produktivitas *crashing* penambahan jam kerja lembur (kg/hari)

3.5.2 Penambahan Tenaga Kerja

Pada penelitian reparasi TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3 penambahan tenaga kerja diasumsikan sebesar 30% dari

peningkatan produktivitas normal akibat penambahan jam kerja (lembur).

Perhitungan penambahan jumlah tenaga kerja pada pekerjaan kritis dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 4.

$$PPNJK = \frac{PCrJK - PN}{PN} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana $PPNJK$ adalah peningkatan produktivitas normal penambahan jam kerja, $PCrJK$ produktivitas *crashing* jam kerja (lembur), PN produktivitas normal.

Contoh perhitungan peningkatan produktivitas normal akibat penambahan jam kerja (lembur) pada aktivitas pekerjaan jalur kritis bagian penggantian plat *bulwark* (A30):

- Produktivitas Normal = 1,57 kg/hari
 Prod. *Crashing* Jam Kerja (lembur) = 2,043 kg/hari
 Tenaga Kerja Awal = 2 orang
- Peningkatan Produktivitas Normal penambahan jam kerja (lembur)
 = $\frac{(2,043 \text{ kg/hari} - 1,57 \text{ kg/hari})}{1,57 \text{ kg/hari}} \times 100\%$
 = 30%
 - Penambahan Tenaga Kerja
 = 30% \times Tenaga kerja awal
 = 30% \times 2 orang
 = 1 orang

Tabel 6. Penambahan Tenaga Kerja Pada Jalur Kritis

Kode Pekerjaan	a	b	c	d	e
T1	0,03	0,043	5	30%	2
T2	0,33	0,433	2	30%	1
T6	1,55	2,009	2	30%	1
T13	0,59	0,765	2	30%	1
A16	0,43	0,557	2	30%	1
A17	1,14	1,486	2	30%	1
T14	0,04	0,048	5	30%	2
T15	1,00	1,300	5	30%	2
T20	106,35	138,255	2	30%	1
T23	175,00	227,500	2	30%	1
T24	1428,57	1857,143	10	30%	3
A30	1,57	2,043	2	30%	1
T34	141,80	184,340	2	30%	1
T36	105,48	137,124	2	30%	1
T37	53,50	69,550	2	30%	1
T39	0,33	0,433	2	30%	1
T40	6,00	7,800	2	30%	1
T41	1,00	1,300	5	30%	2
T42	0,50	0,650	2	30%	1

Keterangan:

- a : Produktivitas normal (kg/hari)
- b : Prod. *crashing* jam kerja (lembur) (kg/hari)
- c : Tenaga kerja awal (orang)
- d : Peningkatan Produktivitas normal penambahan jam kerja (lembur) (%)
- e : Penambahan tenaga kerja (orang)

Perhitungan Produktivitas setelah dilakukan *crashing* dengan penambahan tenaga kerja dapat diketahui menggunakan persamaan 5.

$$PCrTK = PN + (PN \times \frac{PTK}{TKA}) \quad (5)$$

Dimana *PCrTK* adalah produktivitas *crashing* tenaga kerja, *PN* produktivitas normal, *PTK* penambahan tenaga kerja, *TKA* tenaga kerja awal.

Contoh perhitungan produktivitas *crashing* penambahan tenaga kerja pada aktivitas pekerjaan dalam jalur kritis bagian penggantian plat *bulwark* (A30) sebagai berikut:

- Produktivitas Normal = 1,57 kg/hari
- Tenaga kerja awal = 2 orang
- Penambahan tenaga kerja = 1 orang
- Produktivitas *Crashing* Penambahan Tenaga Kerja
 $= 1,57 \text{ kg/hari} + (1,57 \text{ kg/hari} \times \frac{1 \text{ orang}}{2 \text{ orang}})$
 $= 2,357 \text{ kg/hari}$

Tabel 7. Perhitungan produktivitas *crashing* penambahan tenaga kerja

Kode Pekerjaan	a	b	c	d
T1	0,03	5	2	0,047
T2	0,33	2	1	0,500
T6	1,55	2	1	2,318
T13	0,59	2	1	0,882
A16	0,43	2	1	0,643
A17	1,14	2	1	1,714
T14	0,04	5	2	0,052
T15	1,00	5	2	1,400
T20	106,35	2	1	159,525
T23	175,00	2	1	262,500
T24	1428,57	10	3	1857,143
A30	1,57	2	1	2,357
T34	141,80	2	1	212,700
T36	105,48	2	1	158,220
T37	53,50	2	1	80,250
T39	0,33	2	1	0,500
T40	6,00	2	1	9,000
T41	1,00	5	2	1,400
T42	0,50	2	1	0,750

Keterangan:

- a : Produktivitas normal (kg/hari)
- b : Tenaga kerja awal (orang)
- c : Penambahan tenaga kerja (orang)
- d : Produktivitas *crashing* penambahan tenaga kerja (kg/hari)

3.6 Crash Duration

Crash duration digunakan untuk mempersingkat waktu agar durasinya lebih cepat daripada durasi normalnya [12].

Alternatif percepatan akan mengalami peningkatan produktivitas pada kegiatan kritis, sehingga memperoleh durasi yang lebih singkat dari sebelumnya.

3.6.1 Crash Duration Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

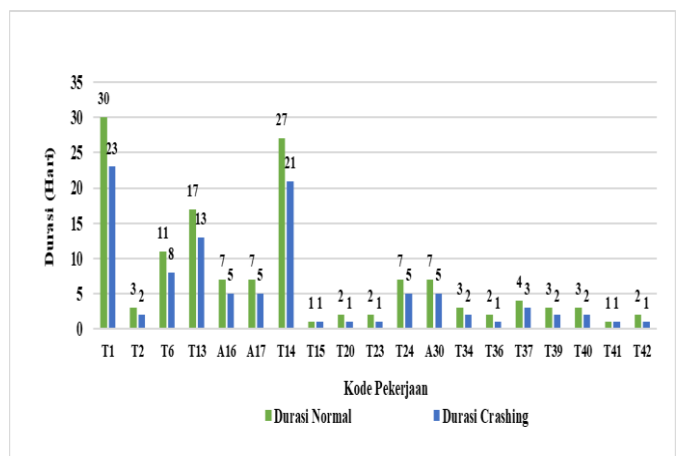
Crash duration akibat penambahan jam kerja (lembur) dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 6.

$$CrD = \frac{VP}{PCrJK} \quad (6)$$

Dimana *CrD* adalah nilai *crash duration*, *VP* adalah volume pekerjaan, dan *PCrJK* adalah produktivitas *crashing* jam kerja.

Contoh perhitungan percepatan durasi alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan dalam jalur kritis bagian penggantian plat *bulwark* (A30), sebagai berikut:

- Volume pekerjaan = 11 kg
- Prod. *Crashing* jam kerja (lembur) = 2,043 kg/hari
- *Crash Duration*
 $= \frac{11 \text{ kg}}{2,043 \text{ kg/hari}}$
 $= 5 \text{ hari}$



Gambar 2. Grafik Durasi Normal dan Durasi *Crashing* Penambahan Jam Kerja

Pada Gambar 2, berisi data durasi normal dan durasi *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada setiap pekerjaan di jalur kritis. Sehingga, dapat dilihat pada alternatif ini sebagian pekerjaan di jalur kritis mengalami percepatan. Percepatan durasi yang didapatkan dari durasi normal proyek 60 hari menjadi 37 hari.

3.6.2 Crash Duration Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

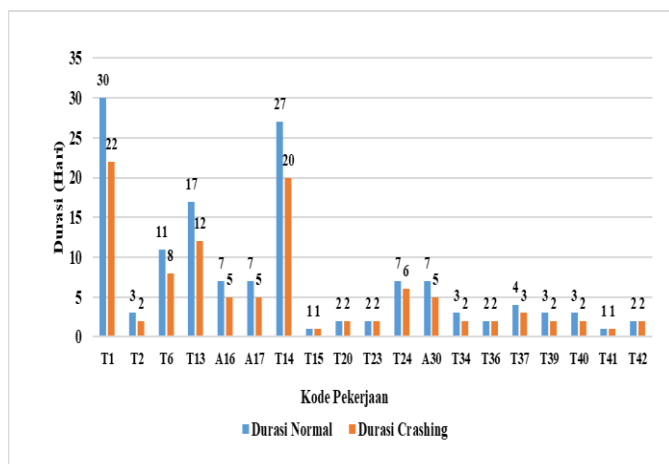
Crash duration akibat penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7.

$$CrD = \frac{VP}{PCrTK} \quad (7)$$

Dimana *CrD* adalah nilai *crash duration*, *VP* adalah volume pekerjaan, dan *PCrTK* adalah produktivitas *crashing* tenaga kerja.

Contoh perhitungan percepatan durasi alternatif penambahan tenaga kerja pada pekerjaan dalam jalur kritis bagian penggantian plat *bulwark* (A30), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 11 \text{ kg} \\ \text{Prod. Crashing tenaga kerja} &= 2,357 \text{ kg/hari} \\ - \text{Crash Duration} &= \frac{11 \text{ kg}}{2,357 \text{ kg/hari}} \\ &= 5 \text{ hari} \end{aligned}$$



Gambar 3. Grafik Durasi Normal dan Durasi *Crashing* Penambahan Tenaga Kerja

Pada Gambar 3 berisi data durasi normal dan durasi alternatif *crashing* dengan penambahan tenaga kerja pada setiap pekerjaan di jalur kritis. Sehingga, dapat dilihat pada alternatif ini sebagian besar pekerjaan di jalur kritis mengalami percepatan. Percepatan durasi yang didapatkan dari durasi normal proyek 60 hari menjadi 35 hari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data penelitian pada proyek reparasi TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3 yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut. Sistem penjadwalan baru yang didapatkan yaitu dengan menggabungkan dua *schedule* kapal, sehingga divisi PPC hanya memerlukan satu *schedule* dalam mengontrol proyek reparasi.

Dengan dilakukan perhitungan *crashing* menghasilkan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi normal proyek dari 60 hari menjadi 35 hari yaitu 25 hari atau 41,67%. Sedangkan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) mengalami percepatan durasi normal proyek dari 60 hari menjadi 37 hari yaitu 23 hari atau 38,33%.

Untuk perhitungan nilai produktivitas setiap bengkel sebagai berikut: bengkel pipa 3,5 m/hari orang, fabrikasi 266 kg/hari orang, listrik 11 unit/hari orang, mesin 11,5 unit/hari orang, *sandblasting* 134 m²/hari orang, pengecatan 138 m²/hari orang, *outfitting* 12,4 unit/hari orang, serta *tank cleaning* 12,3 unit/hari orang.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif dalam pengerjaannya daripada alternatif penambahan jam kerja (lembur).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. R. J. Heizer, Operations Management Edisi Ketujuh, Jakarta: Salemba Empat, 2005.
- [2] D. Lock, Manajemen Proyek, Edisi Ketiga, Jakarta: Erlangga, 1987.
- [3] M. F. Fakhrija., I. P. Mulyatno., And A. F. Zakki, "Studi Penjadwalan Ulang Produktivitas, dan Alokasi Sumber Daya Manusia pada Pekerjaan Reparasi Kapal MT. Asumsi XXVI dengan Network Planning dan Critical Path Method", *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 8, No. 3, 2020.
- [4] M. R. M. Istiqomah., I. P. Mulyatno., S. J. Sisworo., E. S. Hadi., K. Kiryanto., And O. Mursid, "Penjadwalan Ulang Kapal Reparasi TB. Patra Tunda 3001 Dengan Metode Jalur Kritis", *J. Tek. Perikanan dan Kelautan*, Vol. 12, No. 2, pp. 161-174, 2021.
- [5] 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. 2, 2020.
- [6] 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)”, *J. Tek. Mesin*, Vol. 3, No. 3, pp. 106-111, 2015.

- [7] A. A. Rahmi., I. P. Mulyatno., And U. Budiarto., “Optimalisasi *Repair Schedule* SPOB. *Prosper Three* 3537 DWT Dengan Critical Path Method Guna Antisipasi Keterlambatan Proyek”, *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 8, No. 2, 2020.
- [8] I. P. Mulyatno., T. Tuswan., A. W. B. Santosa., U. Budiarto., And G. R. Prayogo, “Reschedule Reparasi Lambung KP. Hiu Macan-03 dan TB. Patra Tunda 3001 dengan Critical Path Method, *J. of Science and Applicative Technology*, e-ISSN: 2581-0545, 2022.
- [9] H. Dimiyati, K. Nurjaman, Manajemen Proyek, Cetakan Pertama, Bandung: CV. Pustaka Setia, 2014.
- [10] A. D. Susanto., And O. S. Suharyo., “Time Scheduling And Cost Of The Indonesia 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.
- [11] M. Priyo., And A. Sumanto., “Analisa Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Kontruksi Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Pembangunan Prasarana Pengendalian Banjir)”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol. 19, No. 1, pp.1-15, 2016.
- [12] I. Dipohusodo, Manajemen Proyek & Konstruksi, “Crashing And Time/Cost Trade-off Analysis”, Yogyakarta: Kanisius, 1996.