



Analisis *Float Time* menggunakan *Ranked Positional Weight Method* pada Penjadwalan Proyek Reparasi Kapal SPOB Khaira di Galangan Kapal Tegal

Eka Mellyana Nur Angraeni¹⁾, Imam Pujo Mulyatno²⁾, Eko Sasmito Hadi³⁾

¹⁾Laboratorium Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*)}e-mail : ekamellyananuranggra@students.undip.ac.id, imampujomulyatno@lecturer.undip.ac.id, ekosasmitohadi@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Dalam pelaksanaan pekerjaan galangan seringkali terdapat kendala yang menyebabkan penyelesaian proyek tertunda, sehingga diperlukan alternatif untuk meminimalisir adanya keterlambatan proyek. Tujuan penelitian ini mendapatkan percepatan durasi dan biaya optimal dengan opsi alternatif penambahan jam kerja lembur dan penambahan tenaga kerja. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk merencanakan penjadwalan adalah *Ranked Positional Weight Method (RPWM)*. *RPWM* digunakan untuk mendapatkan nilai *line balancing* proyek reparasi kapal SPOB Khaira dengan memperhitungkan besarnya nilai total float untuk menentukan pekerjaan kritis. Hasil perhitungan pada 13 aktivitas pekerjaan jalur kritis (total float bernilai 0) dengan *RPWM* menghasilkan nilai efisiensi lintasan 100%. Hasil analisa dengan alternatif penambahan jam kerja lembur selama 4 jam mengalami percepatan durasi 10,00% atau 3 hari lebih cepat dari total durasi normal 30 hari menjadi 27 hari dengan penambahan biaya 43,80% yaitu sebesar Rp. 6.360.000,00, sedangkan dengan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 26,67% atau 8 hari lebih cepat dan penambahan biaya 11,59% yaitu sebesar Rp. 1.070.000,00 sehingga dapat disimpulkan penjadwalan dengan alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif dan optimal dibandingkan penambahan jam kerja lembur.

Kata Kunci : Penjadwalan Proyek, Reparasi Kapal, Percepatan Durasi, *Ranked Positional Weight Method*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pembangunan kapal semakin berkembang ke arah yang lebih baik. Kapal sebagai sarana transportasi laut memiliki peran sangat penting dalam pertumbuhan ekonomi masyarakat serta bidang bisnis yang menjanjikan bagi industri perkapalan di Indonesia.

Penjadwalan merupakan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal [1]. Penjadwalan berperan penting dalam menentukan kapan kegiatan dimulai, ditunda serta diselesaikan, sehingga biaya maupun penggunaan sumber daya

yang dikeluarkan dapat disesuaikan waktunya sesuai kebutuhan.

Proyek umumnya memiliki tenggat waktu yang sudah direncanakan, artinya proyek harus selesai sesuai target waktu yang ditentukan. Keterlambatan penyelesaian proyek menyebabkan bertambahnya waktu pekerjaan sehingga pihak galangan kapal harus membayar biaya ganti rugi yang jumlahnya tidak sedikit [2].

Berkaitan dengan permasalahan tersebut untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas suatu pekerjaan, salah satu metode yang dapat digunakan untuk merencanakan penjadwalan *Ranked Positional Weight Method (RPWM)*.

RPWM digunakan untuk menghitung bobot posisi pekerjaan sehingga diperoleh nilai *line balancing* yang bertujuan untuk memaksimalkan kecepatan dan efisiensi disetiap stasiun kerja, dengan adanya perhitungan terhadap besarnya waktu menganggur (*float time*) sehingga diperoleh keseimbangan lintasan kerja untuk menghasilkan alokasi tenaga kerja yang paling efisien [3].

Merujuk penelitian sebelumnya berdasarkan *reschedule* reparasi kapal KN.KUMBA 470 DWT dengan *Critical Path Method* di Galangan Semarang menghasilkan nilai *diagram network* mengalami kemajuan dari *schedule* awal 50 hari menjadi 41 hari untuk pekerjaan induk dengan 12 lintasan kritis dan 42 hari untuk pekerjaan tambah dengan 18 lintasan kritis dengan nilai *slack* nol [4]. Pada penelitian Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dengan penambahan jam kerja lembur dan tenaga kerja mengalami percepatan durasi selama 27 hari dan penambahan biaya sebesar Rp. 724.654.211,10 dengan efisiensi biaya 0,3110% [5].

Ranked Positional Weight Method belum banyak digunakan dalam industri perkapalan untuk merencanakan penjadwalan, oleh karena itu, melalui penelitian ini diharapkan RPWM dapat menjadi salah satu metode untuk mengoptimalkan penjadwalan proyek.

Pada penelitian ini, objek penelitian yang dipilih adalah proyek reparasi kapal SPOB Khaira di Citra Bahari *Shipyards* Tegal. Penjadwalan dengan *Ranked Positional Weight Method* diharapkan dapat mengoptimalkan penjadwalan proyek serta mendapatkan percepatan durasi dan biaya yang paling optimal dengan opsi alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, sehingga dapat diterapkan sebagai metode alternatif dalam menjadwalkan aktivitas proyek untuk efisiensi yang optimal.

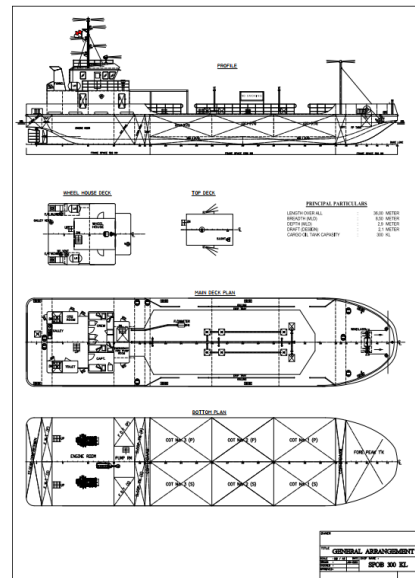
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Proyek reparasi kapal SPOB Khaira di Citra Bahari *Shipyards* yang akan digunakan sebagai objek penelitian penyusunan Tugas Akhir ini. *Schedule* dan *repair list* kapal SPOB Khaira diolah untuk menganalisis percepatan durasi serta mempertimbangkan biaya agar mendapatkan durasi waktu dan biaya yang optimal. Pengolahan data menggunakan *Ranked Positional Weight Method* (RPWM) dengan opsi alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja pada pekerjaan kritis.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal SPOB Khaira

| No | Dimensi | Ukuran |
|----|--------------------------------|--------------------|
| 1. | <i>Length Over All (LOA)</i> | 36,00 m |
| 2. | <i>Breadth (Moulded)</i> | 8,50 m |
| 3. | <i>Height (Moulded)</i> | 2,90 m |
| 4. | <i>Draught (Hull)</i> | 2,10 m |
| 5. | <i>Cargo Oil Tank Capacity</i> | 300 KL |
| 6. | <i>Main Engine</i> | Mitsubishi 320 x 2 |
| 7. | <i>Gross Tonnage</i> | 154 Ton |



Gambar 1. *General Arrangement* Kapal SPOB Khaira

2.2. Pengumpulan Data

Pengambilan dan pengumpulan data penyusunan Tugas Akhir dilakukan di Citra Bahari *Shipyards*. Data primer dan data sekunder dikumpulkan guna mendukung analisis pengolahan data dalam penelitian ini.

1. Observasi merupakan pengamatan langsung serta diskusi untuk mendapatkan data dari sumber asli berupa data primer, meliputi jadwal pengerjaan proyek, *repair list*, jumlah tenaga kerja, biaya tenaga kerja, jam operasional kerja di Citra Bahari *Shipyards*.
2. Data – data pendukung berupa data sekunder yang pengumpulannya tidak diamati secara langsung oleh peneliti untuk melengkapi data yang ada berupa jurnal, buku pedoman, artikel dan penelitian sebelumnya untuk mempelajari permasalahan beserta solusi yang telah diteliti sebelumnya.

2.3. Pengolahan Data

Tahap - tahap Pengolahan data untuk melakukan analisis percepatan durasi dan mendapatkan biaya yang optimal dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis *schedule* dan *repair list* dikelompokkan ke dalam beberapa bidang pekerjaan sesuai *work breakdown structure* (WBS) dan diinput ke *microsoft project*.
2. Menentukan *predecessor* dari tiap pekerjaan kemudian menyusun pembuatan *Network Diagram*.
3. Menganalisis perhitungan aktivitas pekerjaan paling cepat dimulai (*Earliest Start*) dan paling cepat pekerjaan selesai (*Earliest Finish*) serta perhitungan mundur sehingga didapatkan paling lama kegiatan dimulai (*Latest Start*) dan paling lama pekerjaan selesai (*Latest Finish*) dari tiap pekerjaan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis (total *float* bernilai nol) berdasarkan *Network Diagram*.
5. Menganalisis *precedence diagram* berupa gambaran urutan pekerjaan kritis.
6. Menghitung bobot posisi pekerjaan kritis berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dijumlah waktu operasi berikutnya.
7. Menganalisis efisiensi lintasan pekerjaan dengan RPWM.
8. Menganalisis produktivitas pekerjaan kritis dengan penambahkan jam kerja lembur dan tenaga kerja sebagai alternatif percepatan.
9. Menganalisis perhitungan percepatan durasi, *Normal Cost*, *Crash Cost*.
10. Menentukan durasi baru dan biaya yang optimal setelah mengalami percepatan dengan opsi alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

2.4. Ranked Position Weight Method

Ranked Positional Weight Method adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk merencanakan penjadwalan dimana ketika mengalokasikan pemerataan tenaga kerja, nilai bobot posisi harus terlebih dahulu diperhitungkan. Lintasan dengan bobot tertinggi dalam pengadaan

sumber daya akan menjadi prioritas pengerjaan dengan proyek dengan metode ini.

RPWM digunakan untuk menghitung bobot posisi setiap item pekerjaan, kemudian dikelompokkan menjadi beberapa stasiun baru untuk mencapai nilai *line balancing* yang bertujuan untuk memaksimalkan kecepatan dan efisiensi disetiap stasiun kerja [6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

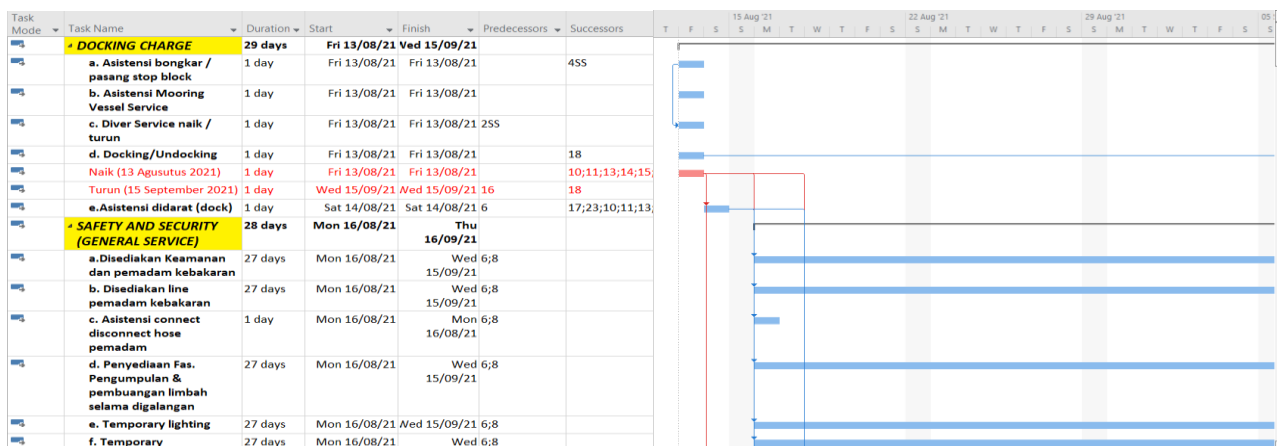
Hasil dan pembahasan penelitian ini didapatkan dari pengolahan data primer maupun data sekunder, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

3.1. Urutan Aktivitas Pekerjaan

Penyusunan kegiatan secara sistematis dan sesuai urutan agar rangkaian jadwal pekerjaan proyek berjalan sesuai proses perencanaan. Penyusunan penjadwalan pekerjaan pada penelitian ini menggunakan *software microsoft project* mem-breakdown item pekerjaan, menentukan *predecessor* dan diinput ke *microsoft project* sehingga diketahui pekerjaan yang masuk jalur kritis. *Predecessor* merupakan aktivitas yang dilaksanakan sebelum aktivitas terkait dimulai. *Succesor* merupakan aktivitas kegiatan yang dilakukan setelah aktivitas yang bersangkutan dimulai. Hubungan antar aktivitas dinyatakan dengan hubungan *Finish to Start* (FS) dan *Start to Start* (SS).

Software microsoft project dirancang untuk membantu pengelolaan suatu pekerjaan proyek agar lebih efisien salah satunya dibidang reparasi kapal, *microsoft* ini mempermudah melakukan proses data dan visualisasi dari hasil penjadwalan proyek [7].

Urutan pekerjaan reparasi kapal SPOB Khaira dimulai pekerjaan *docking* dan *sea trial* sebagai pekerjaan terakhir.



Gambar 2. Penyusunan Urutan Aktivitas Pekerjaan Kapal SPOB Khaira pada *Microsoft Project*

3.2. Network Diagram

Network diagram merupakan serangkaian kegiatan dalam bentuk diagram yang digunakan untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang sudah direncanakan [8]. *Network diagram* disusun sesuai urutan pekerjaan proyek secara sistematis dan dari setiap pekerjaan memiliki hubungan antara kegiatan dan waktu. Penyusunan *network diagram* setelah menentukan *predecessor* dan *successor* tiap aktivitas pekerjaan dari mulai *docking* sampai *sea trial* berurutan dengan sistematis.

3.3. Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan rangkaian aktivitas yang tidak memiliki fleksibilitas dalam waktu mulai maupun waktu berakhir kegiatan, atau bisa dikatakan aktivitas kritis merupakan kegiatan yang tidak memiliki waktu tenggang (*total slack* bernilai 0) sehingga harus diprioritaskan, jika pekerjaan kritis mengalami keterlambatan akan berpengaruh terhadap perubahan durasi proyek menyeluruh.

Float time merupakan waktu memungkinkan bagi sebuah pekerjaan untuk mengalami keterlambatan atau penundaan. Dimana dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur dalam menentukan nilai ES (*Early activity start time*), EF (*Early activity finish time*), LS (*Latest activity starttime*) dan LF (*Latest activity finish time*), kemudian nilai *Total Float* (TF) diperoleh dari pengurangan jumlah LF atau *Latest Finish* dengan jumlah EF atau *Earliest Finish*.

Tabel 2. Jalur Lintasan Kritis

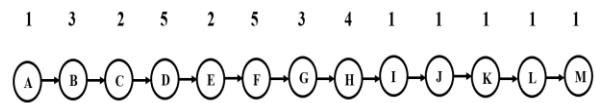
| Nama Pekerjaan | EF | LF | TF |
|--|----|----|----|
| A Naik Dock | 1 | 1 | 0 |
| B Scrabbing | 4 | 4 | 0 |
| C Sandblasting | 6 | 6 | 0 |
| D Perbaiki manhole bak rantai kanan kiri | 11 | 11 | 0 |
| E Replating plat tempat ban belakang | 13 | 13 | 0 |
| F Replating plat kotak tumpahan minyak | 18 | 18 | 0 |
| G Pengecatan bottom area | 21 | 21 | 0 |
| H Pengecatan lambung area | 25 | 25 | 0 |
| I Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 26 | 26 | 0 |
| J Pekerjaan pasang zinc anode | 27 | 27 | 0 |
| K Docking Report | 28 | 28 | 0 |
| L Turun Dock | 29 | 29 | 0 |
| M Sea Trial | 30 | 30 | 0 |

Berdasarkan tabel 2. terdapat 13 pekerjaan pada lintasan kritis memiliki total *slack* bernilai 0

3.4. Precedence Diagram

Precedence diagram merupakan jaringan kerja untuk menjadwalkan kegiatan proyek yang sudah direncanakan berupa gambaran urutan

pekerjaan kritis [9]. *Precedence diagram* disusun dalam node berbentuk lingkaran, dan dilengkapi atribut anak panah yang berfungsi untuk menunjukkan hubungan antar kegiatan yang bersangkutan.



Gambar 3. *Precedence Diagram* pekerjaan kritis Kapal SPOB Khaira

Keterangan:

- Naik Dock
- Scrabbing
- Sandblasting
- Perbaiki manhole kanan kiri
- Replating plat tempat ban belakang
- Replating plat kotak tumpahan minyak
- Pengecatan bottom area
- Pengecatan lambung area
- Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal
- Pekerjaan pasang zinc anode
- Docking Report
- Turun Dock
- Sea Trial

3.5. Line Balancing RPWM

Ranked Positional Weight Method digunakan untuk menghitung bobot posisi setiap item pekerjaan, kemudian dikelompokkan menjadi beberapa stasiun kerja baru untuk mencapai nilai *line balancing* sehingga didapatkan efisiensi lintasan yang baik dan mendapatkan waktu menganggur seminimal mungkin.

3.5.1 Penyusunan Matriks RPWM

Pembuatan matriks dilakukan untuk menghitung bobot posisi setiap item pekerjaan, dimana hubungan aktivitas memiliki nilai 0,1.

| Pekerjaan yang Mendahului | Pekerjaan yang Mengikuti | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
| A | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| B | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| D | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 | 1 |
| J | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 1 |
| K | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 1 |
| L | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 |
| M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

Gambar 4. Perhitungan Matriks Pekerjaan Kritis Kapal SPOB Khaira

3.5.2 Perhitungan Bobot Posisi

Perhitungan bobot posisi didapat berdasarkan waktu operasi pekerjaan tersebut dijumlah dengan pekerjaan yang mengikuti. Pekerjaan kritis diurutkan dari pekerjaan yang memiliki bobot posisi paling besar sampai bobot posisi paling kecil. Pekerjaan yang memiliki bobot posisi paling besar akan menjadi prioritas dalam pengerjaan proyek.

Tabel 3. Perhitungan Bobot Posisi pada Pekerjaan Kritis

| | Nama Pekerjaan | Durasi | Bobot |
|---|--|--------|-------|
| A | Naik Dock | 1 | 29 |
| B | Scrabbing | 3 | 26 |
| C | Sandblasting | 2 | 24 |
| D | Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 5 | 21 |
| E | Replating plat tempat ban belakang | 2 | 16 |
| F | Replating plat kotak tumpahan minyak | 5 | 11 |
| G | Pengecatan bottom area | 3 | 8 |
| H | Pengecatan lambung area | 4 | 5 |
| I | Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 1 | 4 |
| J | Pekerjaan pasang zinc anode | 1 | 3 |
| K | Docking Report | 1 | 2 |
| L | Turun Dock | 1 | 1 |
| M | Sea Trial | 1 | 0 |

3.5.3 Menghitung Keseimbangan Lintasan

Perhitungan efisiensi lintasan rata-rata stasiun kerja yang dibentuk sebelumnya untuk memaksimalkan pemerataan tenaga kerja Langkah pertama adalah menentukan jumlah stasiun baru.

$$\text{Jumlah Stasiun Baru} = \frac{\text{Total Durasi Proyek}}{\text{Waktu Siklus}} \quad (1)$$

$$\text{Jumlah Stasiun Baru} = \frac{30}{5} = 6 \text{ Stasiun Kerja}$$

Waktu siklus ditetapkan menggunakan metode pendekatan teknis, dimana waktu siklus harus sama besar dengan durasi terlama pekerjaan.

Tabel 4. Pengelompokkan Stasiun Kerja

| Stasiun Kerja | Item Pekerjaan | Kecepatan Stasiun | Waktu Menganggur |
|---------------|----------------|-------------------|------------------|
| I | B,C | 2'+3'=5' | 0 |
| II | D | 5' | 0 |
| III | E,G | 2'+3'=5' | 0 |
| IV | F | 5' | 0 |
| V | A,H | 1'+4'=5' | 0 |
| VI | I,J,K,L,M | 1'+1'+1'+1'+1'=5' | 0 |

Contoh perhitungan waktu menganggur pada stasiun kerja I dengan item pekerjaan B,C dengan menghitung kecepatan lintasan menggunakan waktu siklus harus sama besar atau

lebih besar dari durasi terlama pekerjaan yaitu 5 hari. Perkiraan stasiun kerja didapatkan 6 stasiun kerja.

$$\begin{aligned} \text{WM} &= \text{Waktu Siklus} - \text{Kecepatan Stasiun} \\ &= 5-5 \\ &= 0 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Dari pengelompokkan setiap stasiun tersebut diperoleh total *idle time* adalah 0 hari. Selain itu, keseimbangan lintasan dianalisis menggunakan besaran *line efficiency*. *Line efficiency* didefinisikan sebagai efisiensi rata-rata stasiun kerja pada line produksi. Analisis *line efficiency* digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi lintasan kerja yang telah disusun.

Analisis *Line efficiency* menggunakan rasio jumlah elemen waktu dengan jumlah stasiun kerja dengan besarnya waktu yang tersedia dalam persen.

$$\text{Line Efficiency} =$$

$$\frac{\text{Jumlah Waktu Stasiun}}{\text{Jumlah Stasiun Kerja} \times \text{Durasi Terlama}} \times 100\% \quad (2)$$

$$= \frac{30}{6 \times 5} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

Dari analisa yang dilakukan diperoleh *line efficiency* sebesar 100%.

Tabel 5. Analisa Keseimbangan Lintasan dengan *Line Efficiency* dan *Smoothness Index*

| a | b | c | d | e | f |
|--------|-----------|----|---|---|---|
| I | B,C | 5 | 5 | 0 | 0 |
| II | D | 5 | 5 | 0 | 0 |
| III | E,G | 5 | 5 | 0 | 0 |
| IV | F | 5 | 5 | 0 | 0 |
| V | A,H | 5 | 5 | 0 | 0 |
| VI | I,J,K,L,M | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Jumlah | | 30 | | 0 | 0 |

Keterangan:

- Stasiun Kerja
- Item Pekerjaan
- ST (*Standart Time*)
- CT (*Cycle Time*)
- CT-ST
- $\sqrt{(CT - ST)^2}$

Contoh perhitungan kolom e pada stasiun kerja I dengan item pekerjaan B,C memiliki nilai *Standart Time* 5 dan *Cycle Time* 5. Diperoleh nilai hasil CT – ST pada stasiun kerja I kolom e sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= CT-ST & (3) \\
 &= 5 - 5 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Hasil kolom f didapatkan dari perhitungan

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(CT - ST)^2} & (4) \\
 &= \sqrt{(5 - 5)^2} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Lintasan dengan optimasi tinggi akan semakin tinggi waktu tundanya. Waktu tunda dianalisa dari besarnya *smoothness index*.

Contoh perhitungan *smoothness index* pada stasiun kerja I dengan item pekerjaan B,C.

$$\begin{aligned}
 SI &= \sqrt{\Sigma(CT - ST)^2} & (5) \\
 &= \sqrt{\Sigma(5 - 5)^2} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Nilai *Line Efficiency* dan *Smoothness Index* akan menunjukkan seberapa efisien dan optimalnya jalur untuk berbagai pekerjaan. Suatu *smoothness index* sempurna jika nilainya 0 atau disebut perfect balance. Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa waktu pekerjaan sudah seimbang karena tidak ada waktu mengganggu dalam pengerjaan proyek.

3.6. Normal Duration

Normal duration merupakan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan keseluruhan rangkaian kegiatan sebuah proyek dengan tidak mempertimbangkan penggunaan sumber daya [11].

Durasi normal pada penelitian proyek reparasi kapal SPOB Khaira berdasarkan data yang didapat dari observasi langsung galangan.

Tabel 6. *Normal Duration*

| Nama Pekerjaan | Volume | Durasi (Hari) |
|--|----------|---------------|
| Naik Dock | 1 kali | 1 |
| Scrabbing | 1 unit | 3 |
| Sandblasting | 257 m2 | 2 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 107,8 kg | 5 |
| Replating plat tempat ban belakang | 24,2 kg | 2 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 122,8 kg | 5 |
| Pengecatan bottom area | 257 m2 | 3 |
| Pengecatan lambung area | 322 m2 | 4 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40 m2 | 1 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1 unit | 1 |
| Docking Report | 1 unit | 1 |
| Turun Dock | 1 kali | 1 |
| Sea Trial | 1 kali | 1 |

3.7. Menghitung Produktivitas Harian

Produktivitas adalah perbandingan *output* dengan *input*. Selain itu, produktivitas bisa disebut sebagai perbandingan dari produksi yang di hasilkan dengan penggunaan sumber daya total yang diperlukan [10].

Produktivitas harian normal dihitung pada pekerjaan dengan lintasan kritis. Perhitungan produktivitas harian untuk membandingkan produktivitas sebelum dilakukan percepatan dan setelah dilakukan percepatan.

Contoh perhitungan produktivitas harian normal pekerjaan lintasan kritis replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. Volume pekerjaan 122,8 Kg dan durasi normal 5 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas Harian} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} & (6) \\
 &= \frac{122,8 \text{ Kg}}{5 \text{ Hari}} \\
 &= 24,56 \text{ Kg/Hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. Perhitungan Produktivitas Normal Harian

| Nama Pekerjaan | Volume | Dur. | Prod. Harian |
|--|----------|------|--------------|
| Naik Dock | 1 kali | 1 | 1,00 |
| Scrabbing | 1 unit | 3 | 0,33 |
| Sandblasting | 257 m2 | 2 | 128,50 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 107,8 kg | 5 | 21,56 |
| Replating plat tempat ban belakang | 24,2 kg | 2 | 12,10 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 122,8 kg | 5 | 24,56 |
| Pengecatan bottom area | 257 m2 | 3 | 85,67 |
| Pengecatan lambung area | 322 m2 | 4 | 80,50 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40 m2 | 1 | 40,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1 unit | 1 | 1,00 |
| Docking Report | 1 unit | 1 | 1,00 |
| Turun Dock | 1 kali | 1 | 1,00 |
| Sea Trial | 1 kali | 1 | 1,00 |

3.8. Alternatif Percepatan Pekerjaan Proyek

Alternatif percepatan merupakan cara yang dilakukan untuk mempercepat durasi pekerjaan dalam proyek agar dapat terselesaikan lebih cepat dibanding durasi normal yang telah ditetapkan untuk menghindari terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek. Untuk mempercepat durasi pekerjaan pada penelitian ini, beberapa opsi alternatif percepatan digunakan sebagai berikut:

3.8.1 Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Untuk mempercepat penyelesaian proyek dapat menggunakan salah satu alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) dengan menyesuaikan produktivitas galangan.

Durasi normal di galangan Citra Bahari Shipyard untuk pengerjaan proyek adalah 8 jam per hari (08.00 – 17.00) dengan 1 jam istirahat (12.00 – 13.00), sedangkan penambahan jam lembur di Citra Bahari Shipyard dilakukan 4 jam kerja (18.30 – 22.30).

Contoh perhitungan produktivitas pada salah satu pekerjaan lintasan kritis replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. Produktivitas harian normal 24,56 Kg/Hari, produktivitas per jam normal 3,07 Kg/Jam, dengan koefisien penurunan produktivitas 0,6 dan durasi lembur 4 jam.

$$\text{Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja} = \text{Produktivitas Harian Normal} + (\text{Prod. Per jam Normal} \times \text{Koef. Pengurangan Prod.} \times \text{Durasi Jam Lembur}) \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &= 24,56 \text{ Kg/Hari} + (24,56 \text{ Kg/Hari} / 8 \text{ Jam} \times 0,6 \times 4 \text{ Jam}) \\ &= 24,56 \text{ Kg/Hari} + (3,07 \text{ kg hari/jam} \times 0,6 \times 4 \text{ Jam}) \\ &= 31,93 \text{ Kg/Hari} \end{aligned}$$

Tabel 8. Produktivitas Percepatan Pekerjaan Kritis Setelah Penambahan Jam Kerja Lembur

| Nama Pekerjaan | a | b | c | d | e |
|--|--------|-------|-----|---|--------|
| Naik Dock | 1,00 | 0,13 | 0,6 | 4 | 1,30 |
| Scrabbing | 0,33 | 0,04 | 0,6 | 4 | 0,43 |
| Sandblasting | 128,50 | 16,06 | 0,6 | 4 | 167,05 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 21,56 | 2,70 | 0,6 | 4 | 28,03 |
| Replating plat tempat ban belakang | 12,10 | 1,51 | 0,6 | 4 | 15,73 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 24,56 | 3,07 | 0,6 | 4 | 31,93 |
| Pengecatan bottom area | 85,67 | 10,71 | 0,6 | 4 | 111,37 |
| Pengecatan lambung area | 80,50 | 10,06 | 0,6 | 4 | 104,65 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40,00 | 5,00 | 0,6 | 4 | 52,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1,00 | 0,13 | 0,6 | 4 | 1,30 |
| Docking Report | 1,00 | 0,13 | 0,6 | 4 | 1,30 |
| Turun Dock | 1,00 | 0,13 | 0,6 | 4 | 1,30 |
| Sea Trial | 1,00 | 0,13 | 0,6 | 4 | 1,30 |

Keterangan:

- Produktivitas Harian Normal (Kg/Hari)
- Produktivitas Per Jam Normal (Kg/Jam)
- Koefisien Penurunan Produktivitas
- Durasi Jam Lembur (Jam)
- Produktivitas Percepatan Penambahan Jam Kerja Lembur (Kg/Hari)

3.8.2 Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Pada saat melakukan kegiatan proyek, terdapat aktivitas pekerjaan yang mempunyai volume pekerjaan besar dan durasi pengerjaan kegiatan cukup lama, sehingga penambahan tenaga kerja dipilih sebagai salah satu alternatif percepatan. Dengan adanya penambahan pekerja diharapkan mampu menghasilkan proyek yang efisien, meningkatkan produktivitas dan pekerjaan cepat selesai dari target yang ditentukan.

Pada penelitian proyek reparasi Kapal SPOB Khaira diasumsikan penambahan tenaga kerja sebesar 30% dari peningkatan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja (lembur).

Contoh perhitungan produktivitas salah satu pekerjaan kritis replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri setelah penambahan jam kerja (lembur). Produktivitas setelah penambahan jam kerja (lembur) 31,93 Kg/Hari, produktivitas harian normal 24,56 Kg/Hari, tenaga kerja awal 2 orang.

Peningkatan produktivitas harian normal akibat penambahan jam kerja (lembur) =

$$\text{Prod. Setelah Penambahan Jam Kerja} - \frac{\text{Prod. Harian Normal}}{\text{Produktivitas Harian Normal}} \times 100\% \quad (8)$$

$$= \frac{31,93 - 24,56}{24,56} \times 100\% = 30\%$$

$$\begin{aligned} \text{Penambahan Tenaga Kerja} &= \\ &= 30\% \times \text{Total Tenaga Kerja Awal} \\ &= 30\% \times 30 \text{ orang} \\ &= 9 \text{ Orang} \end{aligned}$$

Tabel 9. Penambahan Tenaga Kerja pada Pekerjaan Kritis

| Nama Pekerjaan | a | b | c | d |
|--|--------|--------|---|---|
| Naik Dock | 1,00 | 1,30 | 6 | 0 |
| Scrabbing | 0,33 | 0,43 | 1 | 1 |
| Sandblasting | 128,50 | 167,05 | 1 | 2 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 21,56 | 28,03 | 2 | 1 |
| Replating plat tempat ban belakang | 12,10 | 15,73 | 1 | 1 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 24,56 | 31,93 | 2 | 2 |
| Pengecatan bottom area | 85,67 | 111,37 | 2 | 1 |
| Pengecatan lambung area | 80,50 | 104,65 | 2 | 1 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40,00 | 52,00 | 1 | 0 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1,00 | 1,30 | 1 | 0 |
| Docking Report | 1,00 | 1,30 | 1 | 0 |
| Turun Dock | 1,00 | 1,30 | 6 | 0 |
| Sea Trial | 1,00 | 1,30 | 4 | 0 |

Keterangan:

- Produktivitas Harian Normal (Kg/Hari)
- Prod. Setelah ditambah Jam Lembur (Kg/Hari)
- Jumlah Tenaga Kerja Awal (Orang)
- Pemerataan Penambahan Tenaga Kerja (Orang)

Berikut contoh perhitungan produktivitas harian setelah dilakukan percepatan dengan opsi alternatif penambahan tenaga kerja pada salah satu pekerjaan lintasan kritis replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. Produktivitas harian normal 24,56 Kg/Hari, jumlah tenaga kerja awal 2 orang, penambahan tenaga kerja 2 orang.

Produktivitas Percepatan Setelah Penambahan Tenaga Kerja =

$$\text{Prod. Normal} + (\text{Prod. Normal} \times \frac{\text{Pen. Tenaga Kerja}}{\text{Tenaga Kerja Awal}}) \quad (9)$$

$$= 24,56 + (24,56 \times \frac{2}{2})$$

$$= 49,12 \text{ Kg/Hari}$$

Tabel 10. Perhitungan Produktivitas Percepatan Pekerjaan Kritis setelah Penambahan Tenaga Kerja

| Nama Pekerjaan | a | b | c | d |
|--|--------|---|---|--------|
| Naik Dock | 1,00 | 6 | 0 | 1,00 |
| Scrabbing | 0,33 | 1 | 1 | 0,67 |
| Sandblasting | 128,50 | 1 | 2 | 385,50 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 21,56 | 2 | 1 | 32,34 |
| Replating plat tempat ban belakang | 12,10 | 1 | 1 | 24,20 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 24,56 | 2 | 2 | 49,12 |
| Pengecatan bottom area | 85,67 | 2 | 1 | 128,50 |
| Pengecatan lambung area | 80,50 | 2 | 1 | 120,75 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40,00 | 1 | 0 | 40,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1,00 | 1 | 0 | 1,00 |
| Docking Report | 1,00 | 1 | 0 | 1,00 |
| Turun Dock | 1,00 | 6 | 0 | 1,00 |
| Sea Trial | 1,00 | 4 | 0 | 1,00 |

Keterangan:

- Produktivitas Harian Normal (Kg/Hari)
- Jumlah Tenaga Kerja Awal (Orang)
- Penambahan Tenaga Kerja (Orang)
- Prod. Percepatan setelah Penambahan Tenaga Kerja (Kg/Hari)

3.9 Crash Duration

Crash Duration didefinisikan sebagai waktu pengurangan durasi normal untuk mempercepat durasi agar proyek dapat diselesaikan lebih singkat atau durasi suatu kegiatan dijumlah sumber daya untuk aktivitas dimaksimalkan [12].

3.9.1 Crash Duration dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Contoh perhitungan *crash duration* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada salah satu aktivitas lintasan kritis pekerjaan replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. Volume pekerjaan 122,8 Kg, prod. crashing penambahan jam kerja lembur 24,56 Kg/Hari.

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Crashing}} \quad (10)$$

$$= \frac{122,8 \text{ Kg}}{31,93 \text{ Kg/Hari}}$$

$$= 3,85 \approx 4 \text{ Hari}$$

Tabel 11. Produktivitas percepatan setelah Penambahan Jam Kerja (Lembur)

| Nama Pekerjaan | Vol. | Prod. Crash. | Crash Dur. |
|--|----------|--------------|------------|
| Naik Dock | 1 kali | 1,30 | 1 |
| Scrabbing | 1 unit | 0,43 | 3 |
| Sandblasting | 257 m2 | 167,05 | 2 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 107,8 kg | 28,03 | 4 |
| Replating plat tempat ban belakang | 24,2 kg | 15,73 | 2 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 122,8 kg | 31,93 | 4 |
| Pengecatan bottom area | 257 m2 | 111,37 | 3 |
| Pengecatan lambung area | 322 m2 | 104,65 | 3 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40 m2 | 52,00 | 1 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1 unit | 1,30 | 1 |
| Docking Report | 1 unit | 1,30 | 1 |
| Turun Dock | 1 kali | 1,30 | 1 |
| Sea Trial | 1 kali | 1,30 | 1 |

3.9.2 Crash Duration dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Contoh perhitungan *crash duration* salah satu aktivitas lintasan kritis replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. Volume pekerjaan 122,8 Kg dan prod. crashing penambahan tenaga kerja 49,12 Kg/Hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Crash Duration} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Crashing}} \quad (11) \\
 &= \frac{122,8 \text{ Kg}}{49,12 \text{ Kg/Hari}} \\
 &= 2,50 \approx 3 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 12. Produktivitas percepatan setelah Penambahan Tenaga Kerja pada Pekerjaan Kritis

| Nama Pekerjaan | Volume | Prod. Crash. | Crash Dur. |
|--|----------|--------------|------------|
| Naik Dock | 1 kali | 1,00 | 1 |
| Scrabbing | 1 unit | 0,67 | 2 |
| Sandblasting | 257 m2 | 385,50 | 1 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | 107,8 kg | 32,34 | 4 |
| Replating plat tempat ban belakang | 24,2 kg | 24,20 | 1 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | 122,8 kg | 49,12 | 3 |
| Pengecatan bottom area | 257 m2 | 128,50 | 2 |
| Pengecatan lambung area | 322 m2 | 120,75 | 3 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | 40 m2 | 40,00 | 1 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | 1 unit | 1,00 | 1 |
| Docking Report | 1 unit | 1,00 | 1 |
| Turun Dock | 1 kali | 1,00 | 1 |
| Sea Trial | 1 kali | 1,00 | 1 |

3.10 Normal Cost

Normal cost atau disebut biaya normal merupakan biaya langsung yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek pekerjaan sesuai dengan waktu normalnya meliputi biaya tenaga kerja dan biaya bahan baku [13].

Biaya tenaga kerja pada penelitian ini didapat langsung dari daftar tenaga kerja proyek reparasi Kapal SPOB Khaira sebagai berikut:

Tabel 13. Daftar Harga Tenaga Kerja Per Hari pada Pekerjaan Lintasan Kritis

| Nama Pekerjaan | Biaya Tenaga Kerja/Hari | Jumlah Tenaga Kerja Normal |
|--|-------------------------|----------------------------|
| Naik Dock | Rp.100.000,00 | 6 |
| Scrabbing | Rp.120.000,00 | 1 |
| Sandblasting | Rp.200.000,00 | 1 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | Rp.150.000,00 | 2 |
| Replating plat tempat ban belakang | Rp.150.000,00 | 1 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | Rp.150.000,00 | 2 |
| Pengecatan bottom area | Rp.150.000,00 | 2 |
| Pengecatan lambung area | Rp.150.000,00 | 2 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | Rp.150.000,00 | 1 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | Rp.150.000,00 | 1 |
| Docking Report | Rp.100.000,00 | 1 |
| Turun Dock | Rp.100.000,00 | 6 |
| Sea Trial | Rp.100.000,00 | 4 |

Contoh perhitungan *normal cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. *Normal cost* pekerja perhari Rp.150.000,00, *normal duration* 5 hari, tenaga kerja normal 2 orang.

Normal Cost =

$$\begin{aligned}
 &\text{Normal Cost Tenaga Kerja Per Hari x} \\
 &\text{Normal Duration x Jumlah Tenaga Kerja} \quad (12) \\
 &\text{Normal} \\
 &= \text{Rp.150.000,00 x 5 Hari x 2 Orang} \\
 &= \text{Rp.1.500.000,00}
 \end{aligned}$$

Tabel 14. Perhitungan *Normal Cost* Kerja pada pekerjaan Lintasan Kritis

| Nama Pekerjaan | a | b | c | d |
|--|---------------|---|---|-----------------|
| Naik Dock | Rp.100.000,00 | 1 | 6 | Rp.600.000,00 |
| Scrabbing | Rp.120.000,00 | 3 | 1 | Rp.360.000,00 |
| Sandblasting | Rp.200.000,00 | 2 | 1 | Rp.400.000,00 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | Rp.150.000,00 | 5 | 2 | Rp.1.500.000,00 |
| Replating plat tempat ban belakang | Rp.150.000,00 | 2 | 1 | Rp.300.000,00 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | Rp.150.000,00 | 5 | 2 | Rp.1.500.000,00 |
| Pengecatan bottom area | Rp.150.000,00 | 3 | 2 | Rp.900.000,00 |
| Pengecatan lambung area | Rp.150.000,00 | 4 | 2 | Rp.1.200.000,00 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | Rp.150.000,00 | 1 | 1 | Rp.150.000,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | Rp.150.000,00 | 1 | 1 | Rp.150.000,00 |
| Docking Report | Rp.100.000,00 | 1 | 1 | Rp.100.000,00 |
| Turun Dock | Rp.100.000,00 | 1 | 6 | Rp.600.000,00 |
| Sea Trial | Rp.100.000,00 | 1 | 4 | Rp.400.000,00 |

Keterangan:

- Tarif Pekerja Normal/Hari
- Normal Duration* (Hari)
- Jumlah Tenaga Kerja Normal (Orang)
- Normal Cost*

3.11 *Crash Cost*

Crash cost merupakan total biaya yang dikeluarkan setelah melakukan percepatan suatu proyek pekerjaan [14].

Crash cost dihitung disebabkan adanya penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam untuk menyelesaikan setiap aktivitas pekerjaan proyek. Berdasarkan data yang diperoleh dari observasi galangan besar biaya kerja (lembur) sama dengan dengan upah tenaga kerja per hari.

3.11.1 *Crash Cost* dengan Alternatif Jam Kerja (Lembur)

Contoh perhitungan *crash cost* setelah penambahan tenaga jam kerja (lembur) salah satu aktivitas lintasan kritis kritis pekerjaan replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. Normal cost pekerja perhari Rp. 150.000,00 dan biaya lembur Rp. 150.000,00.

Perhitungan *Crash Cost* Pekerja Per Hari akibat penambahan jam kerja (Lembur) =

$$\text{Normal Cost Pekerja Per Hari} + \text{Biaya Lembur Per Hari} \quad (13)$$

$$= \text{Rp. 150.000,00} + \text{Rp.150.000,00}$$

$$= \text{Rp. 300.000,00}$$

Tabel 15. Perhitungan *Crash Cost* pekerja perhari pada pekerjaan lintasan kritis akibat alternatif penambahan jam kerja (lembur)

| Nama Pekerjaan | a | b |
|--|---------------|---------------|
| Naik Dock | Rp.100.000,00 | Rp.200.000,00 |
| Scrabbing | Rp.120.000,00 | Rp.240.000,00 |
| Sandblasting | Rp.200.000,00 | Rp.400.000,00 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Replating plat tempat ban belakang | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Pengecatan bottom area | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Pengecatan lambung area | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | Rp.150.000,00 | Rp.300.000,00 |
| Docking Report | Rp.100.000,00 | Rp.200.000,00 |
| Turun Dock | Rp.100.000,00 | Rp.200.000,00 |
| Sea Trial | Rp.100.000,00 | Rp.200.000,00 |

Keterangan:

- Normal Cost* Pekerja /Hari
- Crash Cost* Pekerja/Hari (Rp/Hari)

Contoh perhitungan *crash cost* dengan alternatif penambahan tenaga jam kerja (lembur) salah satu aktivitas lintasan kritis kritis pekerjaan replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. *Crash cost* pekerja per hari Rp. 300.000,00, *crash duration* 4 hari dan jumlah pekerja normal 2 orang.

$$\text{Crash Cost} = \text{Crash Cost Pekerja Per Hari} \times \text{Crash Duration} \times \text{Tenaga Kerja Awal} \quad (14)$$

$$= \text{Rp. 300.000,00} \times 4 \text{ Hari} \times 2 \text{ Orang}$$

$$= \text{Rp.2.400.000,00}$$

Tabel 16. Perhitungan *Crash Cost* pada pekerjaan kritis alternatif penambahan jam kerja (lembur)

| Nama Pekerjaan | a | b | c | d |
|--|---------------|---|---|-----------------|
| Naik Dock | Rp.200.000,00 | 1 | 6 | Rp.1.200.000,00 |
| Scrabbing | Rp.240.000,00 | 3 | 1 | Rp.720.000,00 |
| Sandblasting | Rp.400.000,00 | 2 | 1 | Rp.800.000,00 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | Rp.300.000,00 | 4 | 2 | Rp.2.400.000,00 |
| Replating plat tempat ban belakang | Rp.300.000,00 | 2 | 1 | Rp.600.000,00 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | Rp.300.000,00 | 4 | 2 | Rp.2.400.000,00 |
| Pengecatan bottom area | Rp.300.000,00 | 3 | 2 | Rp.1.800.000,00 |
| Pengecatan lambung area | Rp.300.000,00 | 3 | 2 | Rp.1.800.000,00 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | Rp.300.000,00 | 1 | 1 | Rp.300.000,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | Rp.300.000,00 | 1 | 1 | Rp.300.000,00 |
| Docking Report | Rp.200.000,00 | 1 | 1 | Rp.200.000,00 |
| Turun Dock | Rp.200.000,00 | 1 | 6 | Rp.1.200.000,00 |
| Sea Trial | Rp.200.000,00 | 1 | 4 | Rp.800.000,00 |

Keterangan:

- Biaya Lembur Pekerja/Hari (Rp/Hari)
- Crash Duration* (Hari)
- Jumlah Tenaga Kerja Normal (Orang)
- Crash Cost*

3.11.2 *Crash Cost* dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Contoh perhitungan *crash cost* per hari setelah penambahan tenaga kerja salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating plat kotak tumpahan minyak kanan dan kiri. *Normal cost* pekerja per hari = Rp.150.000,00, jumlah tenaga kerja baru = 4 Orang dan *crash duration* 3 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Crash Cost akibat Penambahan Tenaga Kerja} &= \\
 \text{Normal Cost Pekerja Per Hari} \times \text{Crash Duration} & \\
 \times \text{Jumlah Penambahan Tenaga Kerja} & \quad (15) \\
 = \text{Rp.150.000,00} \times 3 \text{ Hari} \times 4 \text{ Orang} & \\
 = \text{Rp.1.800.000,00} &
 \end{aligned}$$

Tabel 17. Perhitungan *Crash Cost* dengan alternatif Penambahan Pekerja Pekerjaan Kritis

| Nama Pekerjaan | a | b | c | d |
|--|---------------|---|---|-----------------|
| Naik Dock | Rp.100.000,00 | 1 | 6 | Rp.600.000,00 |
| Scrabbing | Rp.120.000,00 | 2 | 2 | Rp.480.000,00 |
| Sandblasting | Rp.200.000,00 | 1 | 3 | Rp.600.000,00 |
| Perbaikan manhole bak rantai kanan kiri | Rp.150.000,00 | 4 | 3 | Rp.1.800.000,00 |
| Replating plat tempat ban belakang | Rp.150.000,00 | 1 | 2 | Rp.300.000,00 |
| Replating plat kotak tumpahan minyak | Rp.150.000,00 | 3 | 4 | Rp.1.800.000,00 |
| Pengecatan bottom area | Rp.150.000,00 | 2 | 3 | Rp.900.000,00 |
| Pengecatan lambung area | Rp.150.000,00 | 3 | 3 | Rp.1.350.000,00 |
| Pekerjaan pengecatan plimsol mark, garis air, nama kapal | Rp.150.000,00 | 1 | 1 | Rp.150.000,00 |
| Pekerjaan pasang zinc anode | Rp.150.000,00 | 1 | 1 | Rp.150.000,00 |
| Docking Report | Rp.100.000,00 | 1 | 1 | Rp.100.000,00 |
| Turun Dock | Rp.100.000,00 | 1 | 6 | Rp.600.000,00 |
| Sea Trial | Rp.100.000,00 | 1 | 4 | Rp.400.000,00 |

Keterangan:

- Normal Cost* Pekerja/Hari (Rp/Hari)
- Crash Duration* (Hari)
- Jumlah Tenaga Kerja Baru (Orang)
- Crash Cost*

3.12 Hasil Analisa

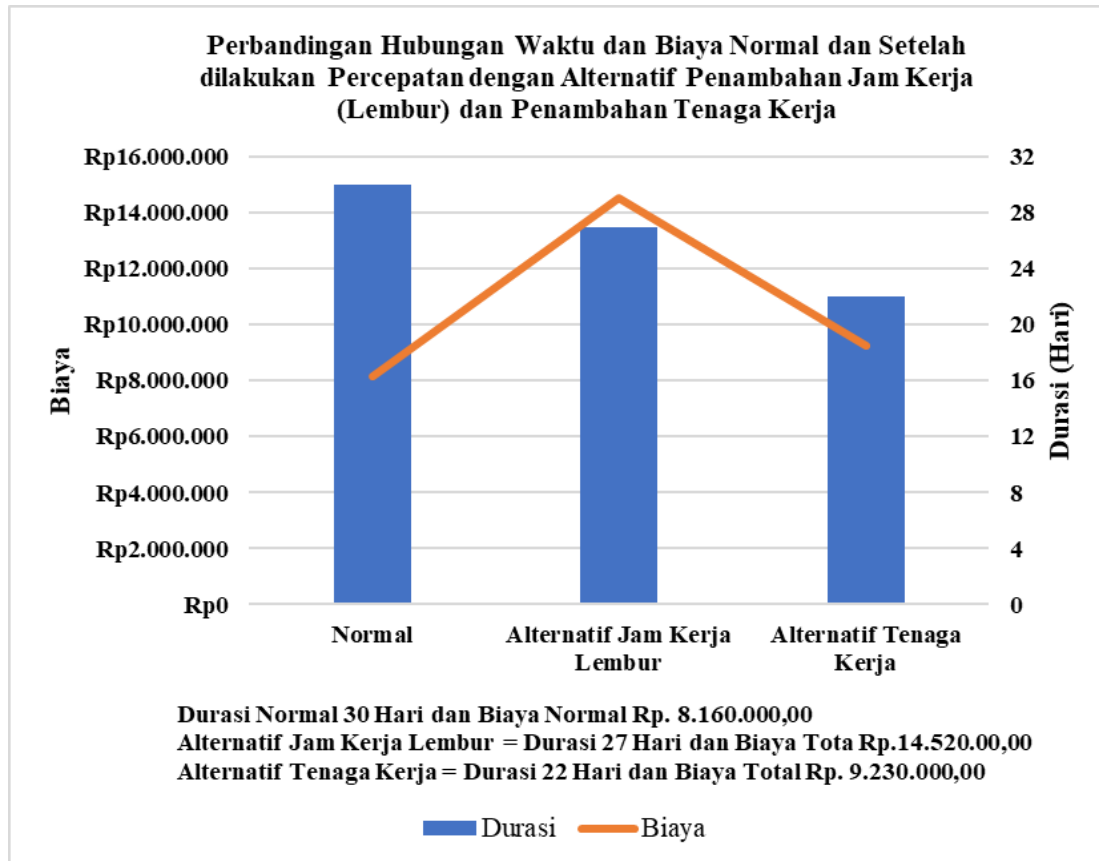
Hasil analisa yang didapatkan dengan *Ranked Positional Weight Method* (RPWM) untuk mempercepat durasi dan biaya lebih optimal dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur) reparasi Kapal SPOB Khaira pada 13 aktivitas pekerjaan jalur kritis sebagai berikut:

- Total durasi normal dan biaya normal sebelum dilakukan percepatan pada aktivitas pekerjaan kritis:

| | |
|---------------|-------------------|
| Durasi Normal | : 30 Hari |
| Biaya Normal | : Rp.8.160.000,00 |

- Total Durasi dan biaya setelah percepatan pada aktivitas pekerjaan kritis akibat alternatif penambahan jam kerja (lembur) 4 jam:
 Percepatan Durasi : 10,00% (27 hari)
 Biaya Percepatan : Rp.14.520.000,00
 Peningkatan Biaya Proyek : 43,80%
 : Rp.6.360.000,00

- Total Durasi dan biaya setelah percepatan pada aktivitas pekerjaan kritis akibat alternatif penambahan tenaga kerja:
 Percepatan Durasi : 26,67% (22 Hari)
 Biaya Percepatan : Rp.9.230.000,00
 Peningkatan Biaya Proyek : 11,59%
 : Rp. 1.070.000,00



Gambar 5. Perbandingan Hubungan Durasi dan Biaya Normal dan Setelah mengalami Percepatan dengan alternatif Penambahan Jam Kerja Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja

4. KESIMPULAN

Penelitian dan hasil pengolahan data pada proyek reparasi Kapal SPOB Khaira pada 13 aktivitas pekerjaan jalur kritis dengan *Ranked Positional Weight Method* didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil perhitungan pada 13 aktivitas pekerjaan jalur kritis (total float bernilai 0) dengan RPWM menghasilkan nilai efisiensi lintasan 100%.
- Hasil percepatan dengan opsi alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam, mengalami percepatan durasi 10,00% atau 3 hari lebih cepat dari total durasi normal 30 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 43,80% yaitu Rp. 6.360.000,00.

- Hasil percepatan dengan opsi alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 26,67% atau 8 hari lebih cepat dan biaya proyek mengalami penambahan 11,59% yaitu sebesar Rp. 1.070.000,00.
- Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa opsi penambahan tenaga kerja lebih efektif digunakan sebagai alternatif untuk memperoleh percepatan durasi dan biaya optimal dibandingkan penambahan jam kerja lembur, selain itu biaya yang dikeluarkan untuk penambahan tenaga kerja tidak terlalu besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Citra Bahari *Shipyards* Tegal terutama kepala proyek reparasi kapal SPOB Khaira yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini dengan membantu informasi mengenai galangan serta proyek reparasi kapal SPOB Khaira, memberikan data, serta dukungan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II telah membimbing, memberi arahan serta masukan untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Abrar, Manajemen Proyek Perencanaan, Penjadwalan dan Pengendalian Proyek, Yogyakarta: ANDI, 2009.
- [2] I. Soeharto, Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1, Jakarta: Erlangga, 1999.
- [3] I. G. N. O. Suputra, "Penjadwalan Proyek Dengan Precedence Diagram Method (PDM) Dan Ranked Position Weight Method (RPWM)", *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 18–28, 2011.
- [4] Y. T. Andhani, I. P. Mulyatno, and A. W. Budi santosa, "Reschedule Reparasi Kapal KN.KUMBA 470 DWT Dengan Critical Path Method Di Galangan Semarang," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 231-238, Apr. 2020.
- [5] A. Muharani, I. P. Mulyatno, and S. J. Sisworo, "Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dengan Metode Pendekatan Analisa Time Cost Trade Off", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 330–338, Juli 2020.
- [6] E. Kays, A. Karim, L. Varela, G. Putnik, and P. Ávila, "Ranked sequence positional weight heuristic for simultaneous balancing and scheduling jobs in a distributed manufacturing environment", *Procedia CIRP*, vol. 67, pp. 3–7, 2018. DOI: 10.1016/j.procir.2017.12.166.
- [7] A. F. Setiawan, "Smart Project Plan With Microsoft Office Project 2007", Jakarta: PC Media, 2008.
- [8] T. H. Ali, Prinsip-Prinsip Network Planning, Jakarta: Gramedia, 1989.
- [9] T. Baroto, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.
- [10] F. P. U. Sadewo, W. Amiruddin, and K. Kiryanto, "Optimasi Percepatan Pada Proyek Reparasi KM Fajar Bahari V Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 10, no. 2, pp. 77-84, Juni 2022.
- [11] I. Dipohusodo, Manajemen Proyek & Konstruksi "Crashing And Time Cost Trade Off Analysis 2005", Yogyakarta: Kanisius, 1996.
- [12] F. Fachrurrazi and S. Husin, "Practical crash duration estimation for project schedule activities", *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–14, 2021. DOI: 10.1016/j.jksues.2019.09.005.
- [13] 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 Jalur Kritis," *J. Tek. Perikanan dan Kelautan*, vol. 12, no. 2, pp. 161-174, 2021.
- [14] S. A. K. Prabani, I. P. Mulyatno, and D. Chrismianto, "Analisa Crashing Project Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Pembangunan Mooring Boat Milik PT. Pertamina Trans Kontinental Akibat Modifikasi Desain Bottom Keel", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 3, Juli 2021.