



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Optimasi Penjadwalan menggunakan *Ranked Position Weight Method* (RPWM) pada Proyek Reparasi Dua Unit Kapal

Lilis Nopita Sari¹⁾, Imam Pujo Mulyatno²⁾, Good Rindo³⁾

Laboratorium Teknologi Material, Las, dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*)}e-mail : lilispitasari1@gmail.com, imampujomulyatno@lecturer.undip.ac.id, goodrindo@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Optimasi untuk mencegah keterlambatan yang dapat mengakibatkan kerugian bagi galangan. Berdasarkan observasi di galangan Jakarta, sumber daya manusia terbatas akibat banyaknya karyawan yang pensiun. Sebagian besar pekerjaan hanya mengandalkan tenaga manusia. Faktor tersebut kerap mengakibatkan terlambatnya proyek reparasi kapal. Penelitian pada proyek reparasi kapal X dan kapal Y bertujuan menganalisis penjadwalan menggunakan RPWM, membandingkan *crashing project* penambahan manpower dan jam kerja, serta menganalisis kondisi galangan. RPWM merupakan metode perhitungan bobot posisi sehingga dapat dilakukan pemerataan sumber daya. Perhitungan jalur kritis menggunakan PDM diidentifikasi sebagai pekerjaan yang tidak memiliki total float time untuk memperoleh percepatan proyek dan biaya optimal dengan *crashing project* penambahan manpower dan jam kerja. Hasil analisis diperoleh 17 pekerjaan dengan total float time 0. Analisis RPWM menunjukkan line efficiency sebesar 100% dengan smoothness index 0 tanpa adanya waktu mengganggu. Alternatif *crashing project* dengan persentase penambahan manpower 30%, mengakibatkan peningkatan produktivitas tertinggi sebesar 40%, percepatan durasi 5,71% dengan peningkatan biaya 0,13% dari semula. Alternatif *crashing project* penambahan lembur 3 jam diperoleh percepatan durasi 5,71% dan biaya meningkat 33%. Alternatif penambahan manpower lebih efektif untuk diterapkan sebagai percepatan proyek. Kondisi fasilitas galangan cukup memadai untuk dilakukan *crashing project* dengan penambahan manpower sebesar 30% guna mempercepat durasi proyek yang optimal.

Kata Kunci : Float Time, Ranked Position Weight Method (RPWM), Precedence Diagram Method (PDM)

1. PENDAHULUAN

Kapal menjadi transportasi tertua yang diandalkan. Jumlah pengajuan armada angkatan laut meningkat dari tahun 2018 hingga 2022 sebesar 8,64% [1]. Maka, dibutuhkan lebih banyak industri galangan kapal sebagai lokasi pembangunan dan pemeliharaan kapal.

Umumnya, sebuah proyek memiliki 3 kriteria yang harus dipenuhi sebagai ukuran keberhasilan meliputi biaya, jadwal, dan mutu [2]. Tingginya permintaan proyek *repair* kapal, maka pihak galangan dituntut untuk mampu manajemen proyek dengan baik sehingga setiap proyek dapat selesai tepat waktu. Beberapa faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek diantaranya keterbatasan sumber daya, kapasitas produksi galangan, tata letak galangan, dan sarana prasarana galangan. Keterlambatan proyek menyebabkan kerugian berupa denda yang harus

dibayarkan oleh pihak galangan dan berkurangnya kepercayaan *owner* kapal untuk bekerjasama kembali. Berdasarkan observasi di galangan Jakarta, sumber daya manusia (*manpower*) sangat terbatas akibat banyaknya karyawan yang pensiun dan belum adanya penambahan karyawan hingga saat ini. Selain itu, fasilitas yang ada dapat dikatakan kurang memadai, sehingga sebagian besar pekerjaan dalam proses produksi hanya mengandalkan tenaga manusia. Proses perencanaan penjadwalan juga masih dilakukan secara manual. Faktor-faktor tersebut kerap mengakibatkan terlambatnya proyek reparasi kapal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat dilakukan optimasi penjadwalan berupa percepatan proyek dengan menerapkan metode yang efektif dan efisien salah satunya *Ranked Position Weight Method* (RPWM). RPWM merupakan metode

perhitungan bobot posisi suatu pekerjaan untuk menentukan tingkat prioritas suatu pekerjaan terhadap pekerjaan lain sehingga alokasi pemerataan sumber daya dapat tercapai.

Merujuk pada penelitian terdahulu, pada proyek reparasi kapal MT Pokajo, dengan penambahan persentase tenaga kerja sebesar 10% diperoleh percepatan durasi 15,625% dengan peningkatan biaya 3,64%, sedangkan dengan penambahan lembur selama 3 jam durasi lebih singkat 9,375% dengan biaya meningkat 59,062% [3]. Penelitian serupa pada proyek reparasi kapal SPOB Khaira, hasil analisis menggunakan RPWM dengan penambahan lembur selama 4 jam didapatkan percepatan durasi 4 hari dan peningkatan biaya 77%, sedangkan pada penambahan tenaga kerja dihasilkan percepatan durasi 9 hari dengan biaya meningkat 11,50% [4].

Penelitian pada industri kabel menggunakan RPWM, waktu siklus lebih singkat dari 170 detik menjadi 142,25 detik dan *line balancing* meningkat menjadi 98,42% dari semula 82,36% [5]. Penelitian berjudul “*Implementation of Ranked Positional Weight Method (RPWM) for Double-sided Assembly Line Balancing Problems*”, hasilnya efisiensi meningkat dari 86% menjadi 92% dan jumlah stasiun kerja berkurang dari 17 menjadi 16 stasiun kerja [6]. Penelitian lain pada industri *springbed*, diperoleh nilai *line efficiency* 86,09%, *balance delay* 13,91%, dan *smoothness index* sebesar 1418,45% [7]. Penerapan RPWM pada industri sepatu bola, menghasilkan pengurangan *balance delay* hingga 56,25% sehingga efisiensi meningkat dari 39,80% menjadi 96,05% [8].

Berdasarkan beberapa referensi penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa RPWM cukup efektif diterapkan untuk mempercepat durasi proyek dan meningkatkan efisiensi dengan biaya optimal. RPWM sendiri belum digunakan di industri perkapalan secara langsung, sehingga dengan penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dan nantinya RPWM dapat diterapkan secara nyata di lapangan.

Objek pada penelitian ini yaitu proyek reparasi dua unit kapal, kapal X dan kapal Y yang digabungkan secara simultan di galangan Jakarta. Penjadwalan menggunakan RPWM diharapkan dapat mengoptimalkan durasi dengan pemerataan sumber daya tenaga kerja. *Crashing project* penambahan *manpower* dan jam kerja untuk memperhitungkan percepatan durasi untuk mengantisipasi keterlambatan dengan biaya optimal

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian penyusunan Tugas Akhir ini yaitu proyek reparasi kapal X dan kapal Y yang dilaksanakan di galangan Jakarta. Data *main schedule* dan *repair list* kedua kapal dianalisis untuk memperoleh durasi yang lebih singkat dengan tetap mempertimbangkan biaya optimal proyek. Analisis data menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *Ranked Position Weight Method* (RPWM) dengan alternatif *crashing project* penambahan *manpower* dan penambahan jam kerja pada lintasan kritis. Tabel 1 menyajikan data *principal dimension* kapal X dan kapal Y.

Tabel 1. *Principal Dimension* Kapal X dan Kapal Y

Dimensi	Kapal X	Kapal Y
LOA	94,80 m	42,00 m
LPP	87,52 m	40,05 m
B	15,20 m	9,00 m
H	7,80 m	2,70 m
T	6,00 m	1,50 m
GT	2993 ton	256 ton
NT	1917 ton	150 ton
DWT	4142 ton	-

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperlukan untuk penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan di galangan Jakarta. Data-data dikumpulkan guna mendukung analisis data dalam penelitian.

1. Observasi atau pengamatan langsung dan diskusi serta wawancara dengan pihak terkait untuk memperoleh data meliputi *main schedule*, *repair list*, *layout* galangan, fasilitas galangan, data tenaga kerja, serta jam operasional kerja di galangan Jakarta.
2. Data-data pendukung lainnya untuk melengkapi data yang diperoleh dari galangan meliputi jurnal penelitian, buku, artikel, dan penelitian terdahulu sebagai sumber referensi dan penguat data dalam proses analisis.

2.3. Pengolahan Data

Langkah-langkah analisis data menggunakan RPWM untuk memperoleh durasi dan biaya yang optimal pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis *main schedule* dan *repair list* dengan mengelompokkan pekerjaan ke dalam bidang pekerjaan sesuai *work breakdown structure* (WBS) kemudian menginput ke *microsoft project*.
2. Menentukan *predecessor* dari tiap pekerjaan untuk menentukan urutan pekerjaan guna menyusun *network diagram*.

3. Menganalisis *float time* berdasarkan perhitungan *earliest start*, *earliest finish*, *latest start*, dan *latest finish* dari tiap pekerjaan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis yaitu pekerjaan dengan total *float time* bernilai 0 berdasarkan *network diagram*.
5. Menyusun *precedence diagram* yang menggambarkan urutan pekerjaan lintasan kritis.
6. Menghitung bobot posisi pekerjaan lintasan kritis dengan cara menjumlahkan durasi pekerjaan tersebut dengan durasi pekerjaan-pekerjaan yang mengikutinya.
7. Melakukan *levelling* berdasarkan bobot posisi pekerjaan.
8. Menganalisis *line balancing* menggunakan RPWM.
9. Menghitung produktivitas normal pekerjaan lintasan kritis.
10. Menghitung *crash duration*, *normal cost*, dan *crash cost*.
11. Menentukan alternatif *crashing project* yang paling efektif dengan durasi dan biaya yang paling optimal.
12. Menganalisis kondisi galangan akibat *crashing project*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis dan pengolahan data yang telah dikumpulkan, berikut merupakan hasil dan pembahasan yang diperoleh dalam penelitian ini :

3.1. Penyusunan Urutan Pekerjaan

Penyusunan rangkaian pekerjaan yang sistematis bertujuan agar proyek dapat berjalan dan selesai sesuai dengan penjadwalan yang telah direncanakan. Penyusunan urutan pekerjaan diawali dengan menggabungkan *schedule* kedua kapal, mengelompokkan pekerjaan berdasarkan *work breakdown structure* (WBS), menentukan *predecessor*, lalu menginput ke *microsoft project*. Hubungan antar pekerjaan atau *logical relationship* dalam *network diagram* dinyatakan sebagai FS (*finish to start*), SS (*start to start*), dan FF (*finish to finish*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penjadwalan secara manual terbukti tidak ekonomis dan memerlukan banyak waktu dengan kompleksitas dan kesalahan besar dalam pelaksanaannya, maka dengan adanya *Microsoft project* membantu untuk mengatasi permasalahan perencanaan secara manual [9].

Susunan rangkaian pekerjaan kapal X dan kapal Y dimulai dengan pekerjaan *docking* dan diakhiri pekerjaan meninggalkan perairan.

3.2. Penyusunan Network Diagram

Network diagram merupakan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang divisualisasikan dalam bentuk diagram. jalur kritis, pekerjaan yang menunggu selesainya pekerjaan lain, pekerjaan yang memiliki *float time* sehingga pengerjaannya tidak terburu-buru dan sumber daya dapat dipindahkan ke pekerjaan lain agar lebih efektif dan efisien dapat diidentifikasi dari *network diagram* [10].

3.3. Identifikasi Jalur Kritis

Jalur kritis dapat diidentifikasi sebagai pekerjaan yang tidak memiliki waktu tunda atau dengan kata lain memiliki nilai total *float time* 0. *Float time* merupakan sejumlah waktu dimana suatu pekerjaan dapat ditunda tanpa mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek. Total *float time* dapat dihitung dengan mengurangi LF (*latest finish*) dengan EF (*earliest finish*). Contoh perhitungan total *float time* pada pekerjaan *replating tanktop* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 TF &= LF - EF \\
 &= 27 - 27 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Pekerjaan yang masuk dalam jalur kritis harus menjadi prioritas untuk diselesaikan. Keterlambatan pada jalur kritis akan berdampak pada penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pekerjaan jalur kritis beserta perhitungan total *float time* disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Pekerjaan Jalur Kritis Proyek Reparasi Kapal X dan Kapal Y

Kode	Nama Pekerjaan	EF	LF	TF
GS1	<i>Docking</i>	1	1	0
GS3	Keluar perairan	35	35	0
GS11	<i>Docking</i>	1	1	0
GS22	<i>Undocking</i>	10	10	0
GS33	Keluar perairan	16	16	0
AA1	<i>Scrap, Water jet, Cuci bilas air tawar flat bottom area & top side area</i>	3	3	0
AA2	<i>Sand blast flat bottom area</i>	8	8	0
AA3	<i>Coating flat bottom area</i>	10	10	0
AA4	<i>Sweep blast top side area</i>	8	8	0
AA5	<i>Coating top side area</i>	10	10	0
CC1	<i>Hull marking</i>	10	10	0
K1	Ganti baru pipa-pipa	34	34	0
L1	Ganti baru pipa railing crane	34	34	0
P3	<i>Replating tanktop</i>	27	27	0

PP1	Replating pelat lambung bawah air	10	10	0
Q1	NDT & Inspection	2	2	0
QQ1	UT Lambung	2	2	0

Keterangan :

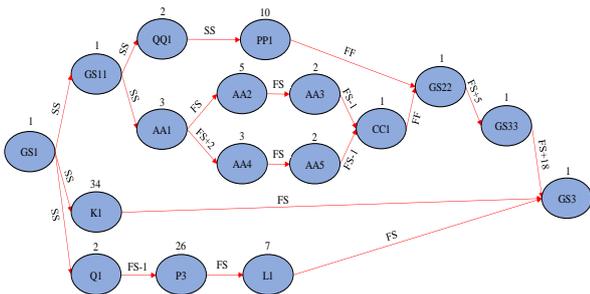
Kapal X : Kode 1 Huruf

Kapal Y : Kode 2 Huruf

Berdasarkan tabel 2. Terdapat 17 pekerjaan yang memiliki total float time 0 dan merupakan jalur kritis pada proyek reparasi kapal X dan kapal Y.

3.4. Precedence Diagram Method

Precedence Diagram Method merupakan metode analisis network diagram yang merupakan pengembangan dari metode CPM (Critical Path Method). Hubungan ketergantungan antar kegiatan dalam PDM digambarkan dalam 4 hubungan, yaitu FS, SS, FF, dan SF. Model network diagram yang digunakan dalam precedence diagram adalah AON (activity on node). AON dilengkapi dengan anak panah yang menunjukkan hubungan antar pekerjaan. Precedence diagram jalur kritis dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Precedence Diagram Jalur Kritis Kapal X dan Kapal Y

Keterangan :

GS1 : Docking

GS3 : Keluar perairan

GS11 : Docking

GS22 : Undocking

GS33 : Keluar perairan

AA1 : Scrap, waterjet, cuci bilas air tawar flat bottom area & top side area

AA2 : Sandblast flat bottom area

AA3 : Coating flat bottom area

AA4 : Sweepblast top side area

AA5 : Coating top side area

CC1 : Hull marking

K1 : Ganti baru pipa-pipa

L1 : Ganti baru pipa railing crane

P3 : Replating tanktop

PP1 : Replating pelat lambung bawah air

Q1 : NDT & inspection

QQ1 : UT lambung

3.5. Line Balancing RPWM

RPWM merupakan metode heuristic yang dikembangkan oleh Helgeson dan Birnie. Menurut penelitian oleh Helgeson dan Birnie, RPWM dapat diterapkan pada proyek dengan sumber daya terbatas dan tidak terbatas [11]. Bobot posisi pekerjaan dihitung untuk melakukan levelling kemudian mengelompokkan pekerjaan ke stasiun kerja baru agar tercapai nilai line balancing yang baik.

3.5.1. Penyusunan Matriks RPWM

Penyusunan matriks diperlukan untuk menghitung bobot posisi masing-masing pekerjaan. Hubungan antar aktivitas dapat bernilai -1, 0, dan 1.

Tabel 3. Perhitungan Matriks Jalur Kritis Kapal X dan Kapal Y

Operasi yang Mendahului	Operasi yang Mengikuti																	
	GS1	GS3	GS11	GS22	GS33	AA1	AA2	AA3	AA4	AA5	CC1	K1	L1	P3	PP1	Q1	QQ1	
GS1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
GS3	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
GS11	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
GS22	-1	1	-1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	-1
GS33	-1	1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	0	-1	-1
AA1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
AA2	-1	1	-1	1	1	-1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AA3	-1	1	-1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AA4	-1	1	-1	1	1	-1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
AA5	-1	1	-1	1	1	-1	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
CC1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
K1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0
P3	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0
PP1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
QQ1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

-1 : Pekerjaan dikerjakan setelah pekerjaan yang dihubungkan

0 : Tidak berhubungan

1 : Pekerjaan dikerjakan sebelum pekerjaan yang dihubungkan

3.5.2. Perhitungan Bobot Posisi

Bobot posisi dihitung dengan menjumlahkan durasi suatu pekerjaan dengan durasi pekerjaan-pekerjaan yang mengikuti sesuai perhitungan pada matriks RPWM. Hasil perhitungan bobot posisi pekerjaan jalur kritis kapal X dan kapal Y dapat dilihat pada tabel 4. Contoh perhitungan bobot posisi pada pekerjaan P3 (replating tanktop) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P3 &= P3 + L1 + GS3 \\
 &= 26 + 7 + 1 \\
 &= 34
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Perhitungan Bobot Posisi Pekerjaan

Kode	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)	Bobot Posisi
GS1	Docking	1	50
GS3	Keluar perairan	1	1
GS11	Docking	1	17

GS22	Undocking	1	3
GS33	Keluar perairan Scrap, Water jet, cuci bilas air	1	2
AA1	tawar flat bottom area & top side area	3	19
AA2	Sand blast flat bottom area	5	11
AA3	Coating flat bottom area	2	6
AA4	Sweep blast top side area	3	9
AA5	Coating top side area	2	6
CC1	Hull marking	1	4
K1	Ganti baru pipa- pipa	34	35
L1	Ganti baru pipa railing crane	7	8
P3	Replating tanktop	26	34
PP1	Replating pelat lambung bawah air	10	13
Q1	NDT & Inspection	2	36
QQ1	UT lambung	2	5

3.5.3. Melakukan Levelling Pekerjaan

Levelling dilakukan untuk mengetahui tingkat prioritas dari tiap-tiap pekerjaan sehingga dapat disusun penjadwalan dengan menyelesaikan terlebih dahulu pekerjaan dengan bobot posisi tertinggi dilanjutkan pekerjaan lain sesuai ranking. Ranking bobot posisi pekerjaan jalur kritis kapal X dan kapal Y disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Ranking Posisi Pekerjaan Kritis

Kode	Durasi (Hari)	Bobot Posisi	Ranking
GS1	1	50	1
Q1	2	36	2
K1	34	35	3
P3	26	34	4
AA1	3	19	5
GS11	1	17	6
PP1	10	13	7
AA2	5	11	8
AA4	3	9	9
L1	7	8	10
AA3	2	6	11
AA5	2	6	12
QQ1	2	5	13
CC1	1	4	14
GS22	1	3	15
GS33	1	2	16
GS33	1	1	17

3.5.4. Menghitung Nilai Line Balancing

Perhitungan *line balancing* stasiun kerja untuk mengoptimalkan pemerataan tenaga kerja. Pemerataan tenaga kerja diawali dengan pengelompokkan pekerjaan ke dalam stasiun baru. Setiap stasiun kerja memiliki durasi pekerjaan maksimal dan sebisa mungkin sama. Jumlah stasiun baru dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Jumlah Stasiun Baru} \\ &= \frac{\text{Total Durasi Pekerjaan Proyek}}{\text{Cycle Time}} \\ &= \frac{102}{34} \\ &= 3 \text{ Stasiun kerja} \end{aligned}$$

Cycle time ditetapkan menggunakan metode pendekatan teknis, yaitu sama dengan durasi pekerjaan terlama. Tabel 6 menyajikan pengelompokkan pekerjaan ke dalam stasiun kerja yang baru.

Tabel 6. Pengelompokkan Stasiun Kerja Baru

Stasiun Kerja	Operasi	Kecepatan Stasiun	Float Time
I	K1	34'	0
II	GS1, L1, P3	1'+7'+26'=34'	0
III	GS3, GS11, GS22, GS33, AA1, AA2, AA3, AA4, AA5, CC1, PP1, Q1, QQ1	1'+1'+1'+1'+3'+5'+2'+3'+2'+1'+10'+2'+2'=34'	0
Total Waktu Mengganggu			0

Berdasarkan pengelompokkan stasiun kerja baru diperoleh total *float time* adalah 0 hari. *Line balancing* kemudian dapat dianalisis berdasarkan nilai *line efficiency* dan *smoothness index*. *Line efficiency* mendefinisikan efisiensi lintasan kerja yang telah disusun [12]. Analisis *line efficiency* merupakan perbandingan jumlah waktu elemen dengan jumlah stasiun kerja dikali *cycle time* dalam persen.

$$\begin{aligned} & \text{Line Efficiency} \\ &= \frac{\text{Jumlah Waktu Elemen}}{\text{Jumlah Stasiun Kerja} \times \text{Cycle Time}} \times 100\% \\ &= \frac{102}{3 \times 34} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai *line efficiency* sebesar 100%.

Smoothness index adalah indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari lintasan pekerjaan tertentu [12]. Suatu lintasan pekerjaan dikatakan *perfect balance* apabila memiliki nilai *smoothness index* 0. Tabel 7 menyajikan hasil perhitungan *smoothness index*.

Tabel 7. Analisis *Line Balancing* dengan *Smoothness Index*

Stasiun	Elemen	ST	CT	$v(CT-ST)^2$
I	K1	34	34	0
II	GS1, L1, P3	34	34	0
	GS3, GS11, GS22, GS33,			
III	AA1, AA2, AA3, AA4, AA5, CC1, PP1, Q1, QQ1	34	34	0
Jumlah		102		0

Nilai *line efficiency* dan *smoothness index* menjadi indikator seberapa efisien dan optimal lintasan pekerjaan yang telah dibuat. Berdasarkan hasil perhitungan, lintasan kerja memiliki nilai *line efficiency* 100% dengan tidak ada waktu menganggur dan *smoothness index* 0 sehingga lintasan kerja memiliki *line balancing* yang baik. Kesimpulan hasil analisis *line balancing* menggunakan RPWM disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Line Balancing*

<i>Line Efficiency</i>	<i>Float Time</i>	<i>Smoothness Index</i>
100%	0	0

3.6. Produktivitas Harian Normal

Produktivitas merupakan perbandingan antara hasil yang dicapai dengan keseluruhan penggunaan sumber daya. Perhitungan produktivitas harian normal menggunakan persamaan berikut [13] :

$$\text{Produktivitas Harian Normal} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

Contoh perhitungan produktivitas harian pada pekerjaan P3 (*replating tanktop*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian Normal} &= \frac{32.066 \text{ kg}}{26 \text{ hari}} \\ &= 1233,31 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas harian normal dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Produktivitas Harian Normal

Kode	Volume	Durasi (Hari)	Prod. Harian Normal
GS1	1 kali	1	1,00 kali/hari
GS3	1 kali	1	1,00 kali/hari
GS11	1 kali	1	1,00 kali/hari
GS22	1 kali	1	1,00 kali/hari
GS33	1 kali	1	1,00 kali/hari
AA1	570 m ²	3	190,00 m ² /hari
AA2	470 m ²	5	94,00 m ² /hari
AA3	1410 m ²	2	705,00 m ² /hari
AA4	100 m ²	3	33,33 m ² /hari
AA5	300 m ²	2	150,00 m ² /hari
CC1	1 ls	1	1,00 ls/hari
K1	19 unit	34	0,56 unit/hari
L1	3 unit	7	0,43 unit/hari
P3	32.066 kg	26	1233,31 kg/hari
PP1	750 kg	10	75,00 kg/hari
Q1	120 titik	2	60,00 titik/hari
QQ1	200 titik	2	100,00 titik/hari

3.7. Alternatif *Crashing Project*

Crashing project diartikan sebagai akselerasi proyek atau pengurangan durasi normal pekerjaan dengan menambah sumber daya dan peningkatan biaya [14]. *Crashing project* dalam hal ini akan dilakukan dengan penambahan sumber daya berupa *manpower* dan jam kerja.

3.7.1. *Crashing Project* Penambahan *Manpower*

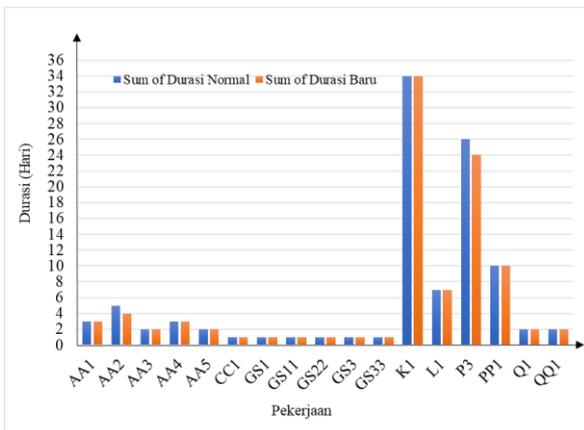
Berdasarkan data yang diperoleh, pekerjaan kritis kapal X dan kapal Y dikerjakan oleh 117 pekerja selama 35 hari. Penambahan *manpower* akan berpengaruh pada produktivitas pekerjaan. Semakin tinggi produktivitas, semakin singkat durasinya.

Penambahan *manpower* dilakukan dalam beberapa persentase yaitu 10%, 20%, dan 30% untuk mengetahui persentase penambahan yang paling efektif. Jumlah pekerja tambahan dihitung berdasarkan besar persentase terhadap jumlah pekerja awal. *Crash duration* diperhitungkan dengan perbandingan volume pekerjaan dengan produktivitas baru. Produktivitas baru hasil *crashing project* penambahan *manpower* dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Produktivitas *Crashing Project* Penambahan *Manpower*

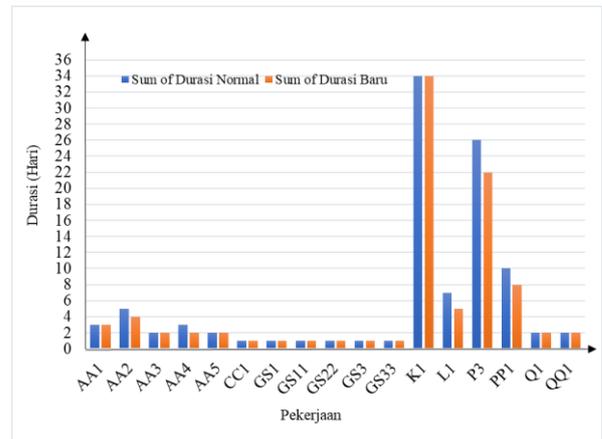
Kode	Produktivitas Baru			Satuan
	10%	20%	30%	
GS1	1,00	1,00	1,00	kali/hari
GS3	1,00	1,00	1,00	kali/hari
GS11	1,00	1,00	1,00	kali/hari
GS22	1,00	1,00	1,00	kali/hari
GS33	1,00	1,00	1,00	kali/hari
AA1	190,00	190,00	244,29	m ² /hari
AA2	109,67	109,67	125,33	m ² /hari
AA3	705,00	705,00	705,00	m ² /hari
AA4	33,33	44,44	44,44	m ² /hari
AA5	150,00	150,00	225,00	m ² /hari
CC1	1,00	1,00	1,00	ls/hari
K1	0,56	0,56	0,84	unit/hari
L1	0,43	0,57	0,57	unit/hari
P3	1359,16	1485,00	1610,85	kg/hari
PP1	75,00	100,00	100,00	kg/hari
Q1	60,00	60,00	84,00	titik/hari
QQ1	100,00	100,00	100,00	titik/hari

Perhitungan pada tabel 10 menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas tertinggi terjadi pada pekerjaan Q1 (*NDT & inspection*) dimana produktivitas meningkat dari 60 titik/hari menjadi 84 titik/hari atau 40%.



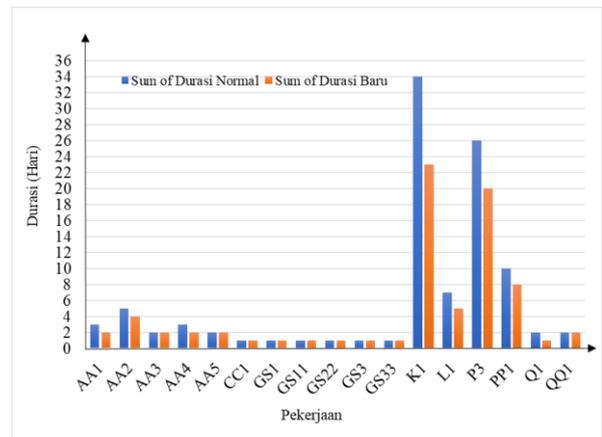
Gambar 2. Grafik Perubahan Durasi Penambahan *Manpower* 10%

Berdasarkan gambar 2, terdapat 2 pekerjaan yang mengalami perubahan durasi akibat penambahan *manpower* sebesar 10%. *Crash duration* proyek yang diperoleh yaitu 35 hari.



Gambar 3. Grafik Perubahan Durasi Penambahan *Manpower* 20%

Pada gambar 3, penambahan *manpower* sebesar 20% mengakibatkan 5 pekerjaan kritis mengalami perubahan durasi. Pada persentase penambahan 10%, didapatkan *crash duration* proyek selama 35 hari.



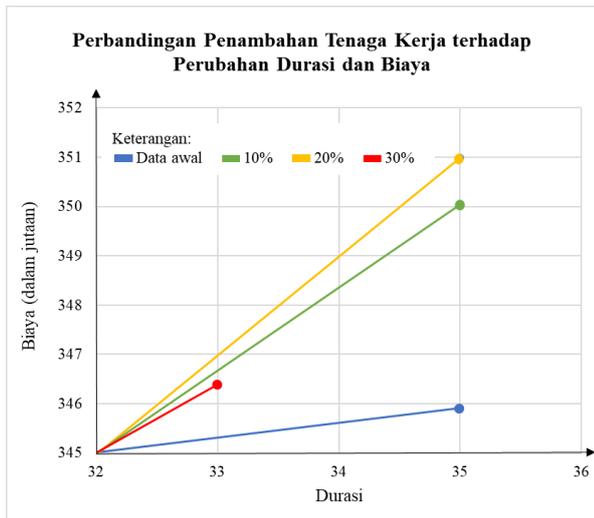
Gambar 4. Grafik Perubahan Durasi Penambahan *Manpower* 30%

Gambar 4 menunjukkan terdapat 9 pekerjaan yang mengalami perubahan durasi pada persentase penambahan 30% dengan *crash duration* total proyek menjadi 33 hari.

Besarnya biaya diperhitungkan berdasarkan upah harian pekerja dan jumlah pekerja. Tabel 10 menyajikan perbandingan data awal dengan hasil perhitungan biaya pada *crashing project* penambahan *manpower*.

Tabel 11. Perbandingan Perubahan Durasi dan Biaya *Crashing Project* Penambahan *Manpower*

Persentase Penambahan	Total Tenaga Kerja	Durasi Total Proyek	Biaya Proyek (Juta)
0%	117	35	345,92
10%	123	35	350,52
20%	131	35	350,98
30%	143	33	346,38



Gambar 5. Grafik Hubungan Durasi dan Biaya pada *Crashing Project* Penambahan *Manpower*

Berdasarkan tabel 11 dan gambar 5, dapat disimpulkan bahwa pada berbagai persentase penambahan *manpower*, persentase 30% merupakan yang paling optimal dengan durasi percepatan 33 hari dan peningkatan biaya 0,13%.

3.7.2. *Crashing Project* Penambahan Jam Kerja

Proyek reparasi kapal X dan kapal Y dikerjakan dalam 5 hari kerja per minggu dengan 8 jam kerja per harinya. Aktivitas pekerjaan dimulai pukul 07.30-16.30 WIB dengan waktu istirahat 1 jam pada pukul 12.00-13.00 WIB.

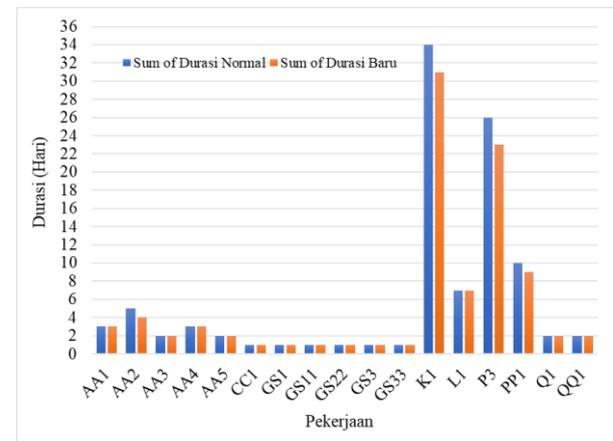
Alternatif penambahan jam kerja dilakukan guna meningkatkan nilai produktivitas harian. Dengan begitu, durasi pekerjaan akan dapat berkurang. *Crash duration* dicari dengan membandingkan volume pekerjaan dengan produktivitas baru akibat penambahan lembur. Penambahan lembur dilakukan dalam beberapa variasi yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Produktivitas yang dihasilkan dengan adanya *crashing project* lembur disajikan dalam tabel 12.

Tabel 12. Produktivitas *Crashing Project* Penambahan Lembur

Kode	Produktivitas Baru			
	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
GS1	1,00	1,00	1,00	1,00
GS3	1,00	1,00	1,00	1,00
GS11	1,00	1,00	1,00	1,00
GS22	1,00	1,00	1,00	1,00
GS33	1,00	1,00	1,00	1,00
AA1	190,00	190,00	232,75	247,00
AA2	104,58	112,80	118,68	122,20
AA3	705,00	705,00	705,00	705,00

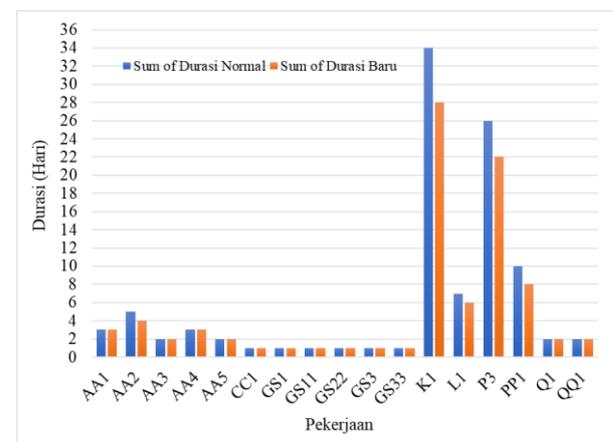
AA4	33,33	33,33	42,08	43,33
AA5	150,00	150,00	150,00	150,00
CC1	1,00	1,00	1,00	1,00
K1	0,62	0,67	0,71	0,73
L1	0,43	0,51	0,54	0,56
P3	1372,05	1479,97	1557,05	1603,30
PP1	83,44	90,00	94,69	97,50
Q1	60,00	60,00	60,00	60,00
QQ1	100,00	100,00	100,00	100,00

Berdasarkan tabel 12, pada penambahan lembur 3 jam, diperoleh peningkatan produktivitas sebesar 26%, sebagai contoh produktivitas pekerjaan P3 (*replating tanktop*) dari 1233,31 kg/hari menjadi 1557,05 kg/hari.



Gambar 6. Grafik Perubahan Durasi Penambahan Lembur 1 Jam

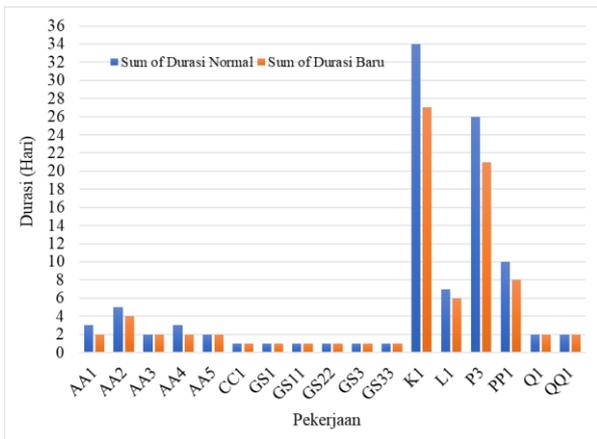
Gambar 6 memperlihatkan bahwa terdapat 3 pekerjaan yang mengalami perubahan durasi. *Crash duration* yang diperoleh yaitu 35 hari.



Gambar 7. Grafik Perubahan Durasi Penambahan Lembur 2 Jam

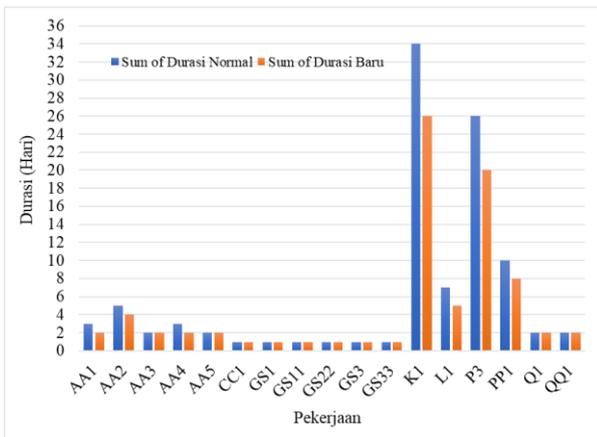
Gambar 7 menunjukkan perubahan durasi akibat adanya lembur selama 2 jam pada pekerjaan

AA2, K1, L1, P3, dan PP1 dengan hasil *crash duration* 35 hari.



Gambar 8. Grafik Perubahan Durasi Penambahan Lembur 3 Jam

Perubahan durasi pada penambahan jam kerja selama 3 jam ditunjukkan pada gambar 8 dengan durasi total percepatan yaitu 33 hari.



Gambar 9. Grafik Perubahan Durasi Penambahan Lembur 4 Jam

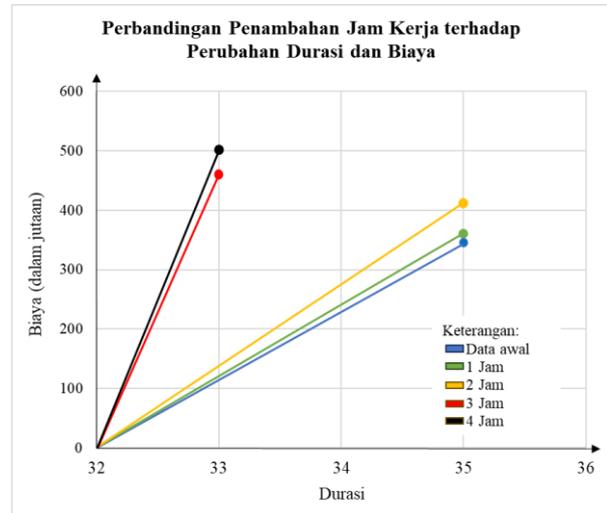
Gambar 9 menyajikan perubahan durasi pada 7 pekerjaan lintasan kritis setelah dilakukan *crashing project* penambahan lembur 4 jam. Durasi total proyek diperoleh selama 33 hari.

Biaya proyek akibat penambahan lembur diperhitungkan berdasarkan upah lembur per jam dan upah harian yang disesuaikan dengan durasi pekerjaan dan jumlah pekerja. *Crash duration* dan *crash cost* penambahan jam kerja dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan Perubahan Durasi dan Biaya *Crashing Project* Penambahan Jam Kerja

Penambahan Jam Kerja	<i>Crash Duration</i> (Hari)	<i>Crash Cost</i>
0 Jam	35	Rp 345.920.000
1 Jam	35	Rp 359.584.393

2 Jam	35	Rp 411.890.116
3 Jam	33	Rp 460.105.694
4 Jam	33	Rp 501.653.266



Gambar 10. Grafik Hubungan Durasi dan Biaya pada *Crashing Project* Penambahan Jam Kerja

Berdasarkan tabel 13 dan gambar 10, dapat disimpulkan bahwa penambahan jam kerja yang paling efektif dengan biaya yang optimal yaitu pada penambahan jam kerja selama 3 jam dengan durasi 33 hari dan peningkatan biaya 33%.

3.8. Analisis Kondisi Galangan

Fasilitas galangan perlu dipertimbangkan dalam melakukan *crashing project*. Penelitian ini melakukan analisis ketersediaan fasilitas galangan dengan adanya penambahan *manpower* sebanyak 30%. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya tenaga kerja yang menganggur akibat tidak tersedianya fasilitas yang memadai serta sebagai pertimbangan bagi pihak galangan dalam melakukan *crashing project*. Tabel 14 menyajikan hasil analisis ketersediaan peralatan yang diperlukan pada jalur kritis.

Tabel 14. Ketersediaan Fasilitas Galangan pada Jalur Kritis

Kode	a	b	c	d
GS1	<i>Docking</i>	5	-	-
GS3	Umum	5	-	-
GS11	<i>Docking</i>	2	-	-
GS22	<i>Docking</i>	2	-	-
GS33	Umum	2	-	-
			Pisau sekrap	11
AA1	Umum	9	<i>Waterjet</i>	5
			<i>Compressor</i>	8
AA2		8	<i>Compressor</i>	8

	<i>Sandblaster, umum</i>		<i>Air filter</i>	4
			<i>Sand pot</i>	5
			<i>Nozzle</i>	8
AA3	<i>Painter, umum</i>	7	<i>Airless paint sprayer</i>	10
			<i>Compressor</i>	8
			<i>Compressor</i>	8
AA4	<i>Sandblaster, umum</i>	4	<i>Air filter</i>	4
			<i>Sand pot</i>	5
			<i>Nozzle</i>	8
AA5	<i>Painter, umum</i>	3	<i>Airless paint sprayer</i>	10
			<i>Compressor</i>	8
CC1	<i>Painter, umum</i>	5	<i>Airless paint sprayer</i>	10
			Mesin tekuk pipa	2
K1	<i>Welder, cutter, helper</i>	3	Travo las	119
			Mesin gergaji pipa	2
L1	<i>Welder, cutter, helper</i>	4	Travo las	119
			Mesin cutting	5
P3	<i>Welder, cutter, helper</i>	64	Travo las	119
			Mesin cutting	5
PP1	<i>Welder, cutter, helper</i>	4	Travo las	119
			Mesin cutting	5
			Mesin bending	2
Q1	QC	7	-	-
QQ1	QC	9	-	-

Keterangan :

- a : Daftar pekerja
- b : Total pekerja baru
- c : Daftar peralatan
- d : Jumlah peralatan tersedia

Fasilitas galangan cukup memadai untuk dilakukan *crashing project* penambahan *manpower* 30% dengan tersedianya berbagai peralatan dengan jumlah yang mencukupi guna mempercepat durasi proyek.

4. KESIMPULAN

Pengolahan data penelitian pada proyek reparasi kapal X dan kapal Y dengan penerapan metode *Ranked Position Weight (RPWM)* didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Hasil analisis *line balancing* menggunakan RPWM didapatkan lintasan kerja memiliki nilai *line efficiency* 100% dan *smoothness index* 0 (*perfect balance*) tanpa waktu menganggur.

2. Hasil *crashing project* penambahan *manpower* dengan persentase 30%, peningkatan produktivitas tertinggi sebesar 40% yaitu pada pekerjaan Q1 yang semula 60 titik/hari menjadi 84 titik/hari. Proyek mengalami percepatan durasi 2 hari atau 5,71% dan peningkatan biaya proyek sebesar Rp 460.000 atau 0,13%.
3. Hasil percepatan dengan alternatif penambahan lembur selama 3 jam, produktivitas meningkat dari 1233,31 kg/hari menjadi 1557,05 kg/hari atau sebesar 26%, sehingga proyek mengalami percepatan durasi 2 hari atau 5,71% serta biaya meningkat Rp 114.185.694 atau 33%.
4. Dapat disimpulkan *crashing project* dengan alternatif penambahan *manpower* lebih efektif sehingga dapat dijadikan acuan oleh pihak galangan.
5. Ketersediaan fasilitas galangan untuk menunjang percepatan proyek melalui penambahan *manpower* sudah cukup memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan jurnal penelitian ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada galangan Jakarta yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data disana. Serta terima kasih kepada orang tua, dosen pembimbing I, dan dosen pembimbing II atas saran, arahan, dan bimbingan untuk penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Perhubungan, *Data Operasional Statistik Perhubungan 2022*, vol. 13. 2023.
- [2] I. Soeharto, *Manajemen Proyek Jilid 1*. 1999. doi: 10.3938/jkps.60.674.
- [3] S. D. Dhuryati, I. P. Mulyatno, and Tuswan, "Analisa Float Time dengan Ranked Positions Weight Methode (RPWM) pada Studi Reparasi Kapal MT Pokajo di Galangan Tegal," *J. Tek. Perkapalan*, 2022.
- [4] E. M. N. Anggraini, I. P. Mulyatno, and E. S. Hadi, "Analisis Float Time menggunakan Ranked Positional Weight Method pada Penjadwalan Proyek Reparasi Kapal SPOB Khaira di Galangan Kapal Tegal," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 10, no. 4, pp. 49–61, 2022.
- [5] M. T. Çelik and S. Arslankaya, "Solution of the assembly line balancing problem using the rank positional weight method

- and Kilbridge and Wester heuristics method: An application in the cable industry,” *J. Eng. Res.*, p. 100082, 2023, doi: 10.1016/j.jer.2023.100082.
- [6] M. F. M. A. Hamzas, S. A. Bareduan, M. Z. Zakaria, and S. Ghazali, “Implementation of Ranked Positional Weight Method (RPWM) for Double-Sided Assembly Line Balancing Problems,” *AIP Conf. Proc.*, 2017, doi: 10.1063/1.5002377.
- [7] I. Siregar, “Application of ranked positional weights method in springbed production line balancing,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 801, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/801/1/012098.
- [8] M. Afifuddin, “Penerapan Line Balancing Menggunakan Metode Ranked Position Weight (RPW) untuk Meningkatkan Output Produksi pada Home Industri Pembuatan Sepatu Bola,” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 1, p. 38, 2019, doi: 10.33536/jiem.v4i1.287.
- [9] P. M. Wale, N. D. Jain, N. R. Godhani, S. R. Beniwal, and A. A. Mir, “Planning and Scheduling of Project using Microsoft Project (Case Study of a building in India),” *IOSR J. Mech. Civ. Eng. Ver. III*, vol. 12, no. 3, pp. 2278–1684, 2015, doi: 10.9790/1684-12335763.
- [10] S. Badri, *Dasar-Dasar Network Planning (Dasar - Dasar Perencanaan Jaringan Kerja)*. 1991.
- [11] P. W. M. Tam and P. B. G. Dissanayake, “Construction project scheduling by ranked positional weight method,” *Can. J. Civ. Eng.*, vol. 25, no. 3, pp. 424–436, 1998, doi: 10.1139/cjce-25-3-424.
- [12] F. Satria *et al.*, *Modul Praktikum Perencanaan & Pengendalian Produksi*. 2014.
- [13] A. Husen, *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET, 2009.
- [14] T. Rachman, *Manajemen proyek (crashing project)*. 2013. [Online]. Available: <http://taufiqurrachman.weblog.esaunggul.ac.id/wp-content/uploads/sites/968/2013/12/EMA302-11-Manajemen-Proyek-Crashing-Project.pdf>