



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Penerapan *Schedule* Reparasi 4 unit Kapal secara Simultan Berbasis *Critical Path Method* Serta Pengaruhnya Terhadap Progress Pekerjaan

Rissa Dwi Rahmawati<sup>1)\*</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1)</sup>, Kiryanto<sup>1)</sup>

Laboratorium Kapal – kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*e-mail : [rissarahma6@gmail.com](mailto:rissarahma6@gmail.com) , [pujomulyatno2@gmail.com](mailto:pujomulyatno2@gmail.com), [kiryanto@yahoo.com](mailto:kiryanto@yahoo.com)

### Abstrak

Pada galangan kapal yang mengerjakan reparasi dengan berbagai type kapal dilakukan scheduling pada masing-masing repair list. Sebelum kegiatan perbaikan kapal dilakukan, pihak dari galangan kapal akan menyediakan suatu jadwal (schedule) untuk perkiraan waktu kapal saat perbaikan. Agar pekerjaan menjadi efisien maka akan dibuat repair list secara simultan yang bertujuan untuk mengetahui produktifitas, lintasan kritis serta mendapatkan schedule baru berdasarkan network planning. Pada penelitian ini data yang dipakai adalah repair list 4 unit kapal dengan critical path method (CPM) yang dibantu oleh software Microsoft Project untuk membantu mengelola suatu proyek. Hasil yang diperoleh pada network diagram adalah dari total jumlah aktivitas kerja terdapat 75 kegiatan lintasan kritis dari 113 keseluruhan kegiatan perbaikan. Dengan opsi lembur (penambahan jam kerja) terjadi perubahan durasi sebanyak 18,03% atau 11 hari dari 61 hari menjadi 50 hari. Sedangkan dengan opsi penambahan jumlah pekerja, terjadi perubahan durasi sebanyak 19,67% atau 12 hari dari 61 hari menjadi 49 hari. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan opsi penambahan jumlah pekerja lebih efisien dan efektif, dikarenakan hasil percepatan durasi dengan opsi menambah jumlah pekerja lebih optimal dibandingkan menambah jam kerja (lembur).

Kata Kunci : Reparasi Kapal, Critical Path Method, Percepatan Durasi, Produktivitas

### 1. PENDAHULUAN

Perbaikan kapal diharuskan untuk menjaga efektivitas dan kondisi kapal saat berlayar sesuai dengan peraturan *class*. Sebelum kegiatan perbaikan kapal dilakukan, pihak dari galangan kapal akan menyediakan suatu jadwal (*schedule*) untuk perkiraan waktu kapal sebelum perbaikan.

Proyek dapat didefinisikan sebagai sebuah rangkaian kegiatan pada suatu pekerjaan untuk mencapai hasil tertentu dengan waktu yang telah ditentukan [1]. Setiap proyek mempunyai tenggat waktu, supaya proyek bisa berjalan secara efektif serta terarah pada waktu yang telah ditentukan maka perlu dibuat jadwal kegiatan yang berkaitan dengan proyek tersebut.

Network planning merupakan suatu metode yang diterapkan dalam pelaksanaan suatu proyek dengan hasil informasi berupa aktivitas kegiatan yang tertera dalam network diagram. Dengan

tujuan untuk melaksanakan proyek dengan waktu dan biaya minimal [2].

Untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan serta mengatasi permasalahan dalam penyusunan jadwal maka penelitian ini menggunakan *Critical Path Method* (CPM). Jalur kritis merupakan jalur dengan susunan aktivitas pada rentang waktu eksekusi paling lama hingga penyelesaian tercepat [3]. Dengan *Critical Path Method* bisa memberikan pekerjaan yang efisien dalam industri galangan kapal menggunakan program komputer *Microsoft Project*. Dengan adanya penyusunan jadwal tersebut dapat meningkatkan progress pekerjaan reparasi 4 unit kapal.

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya pada analisa network planning reparasi KM. Tonasa Line VIII, penelitian tersebut menggunakan *Critical Path Method* dan dari hasil penelitian tersebut didapatkan 9 kegiatan pada

lintasan kritis dan pada network planning mendapatkan durasi penyelesaian yang sebelumnya 30 hari setelah dilakukan pengoptimalan menjadi 22 hari. [4].

Kemudian dalam studi penyusunan kegiatan untuk proyek perbaikan kapal KM. Selaras Mas untuk membuat jaringan kerja penelitian tersebut menggunakan metode jalur kritis, dari hasil penelitian tersebut mendapatkan 23 kegiatan pada jalur kritis dan hasil durasi pada jalur kritis adalah 14 hari [5].

Dalam penelitian sebelumnya, faktor penyebab adanya keterlambatan pada suatu proyek adalah ketidaksesuaian pada *schedule* yang sudah dibuat dengan keadaan pengerjaan di lapangan.

Merujuk pada penelitian analisa faktor yang menganalisa penyebab mengapa proyek perbaikan kapal MV. Blossom mengalami keterlambatan melalui penerapan Metode Jalur Kritis (CPM) untuk membuat jadwal baru dari hasil penjadwalan ulang tersebut proyek tersebut dapat diselesaikan selama 41 hari dari jadwal awal selama 101 hari [6].

Serta pada penelitian pembuatan schedule baru reparasi kapal KN. Kumba yang menggunakan metode Jalur Kritis yang dibantu oleh *Software Microsoft Project*, hasil dari penelitian tersebut menunjukkan diagram network yang mengalami kemajuan dan didapatkan hasil diagram network 41 hari pengerjaan dari jadwal awal 51 hari. Pada penelitian ini didapatkan hasil nilai produktivitas sebesar 23 kg/mandays [7].

Dalam penelitian percepatan proyek pembangunan Hotel Grand Keisha Yogyakarta dengan penggunaan metode *crashing*, telah dilakukan alternatif percepatan telah diterapkan dengan menambah jumlah shift kerja dan tenaga kerja dapat mengurangi durasi hingga 34 hari atau 7,76% [8].

Berdasarkan penelitian Analisa Perhitungan Pekerjaan Reparasi Kapal Dengan Metode *Critical Path Method* (CPM) dalam penelitian ini, analisis teknis pekerjaan dilakukan dengan menggunakan tabel sederhana menunjukkan bahwa reparasi satu unit kapal dapat diselesaikan dalam 22 hari kerja, dengan total 20 unit kapal diperbaiki dalam setahun. Namun, dengan penerapan metode CPM, durasi per unit kapal menjadi 18 hari kerja, dan kapasitas produksi meningkat menjadi 25 unit kapal per tahun.[9].

Pada penelitian *Application of Critical Path Method for Project Scheduling – A Case Study* mendapatkan hasil durasi telah dipercepat dari 349 hari menjadi 317 hari [10]. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, analisa *Time Acceleration Analysis and Optimal Cost of Hospital Hospital Development Project on Ship Building Using*

*Critical Path Method* didapatkan hasil dengan *crash duration* dari durasi awal 450 hari menjadi 412 hari dengan meningkatkan *cost* dan produktivitas[11].

Data yang didapat dalam penelitian ini berasal dari PT. Elisha Milan Tankers yang merupakan sebuah perusahaan yang berada pada sektor perkapalan yang melakukan perbaikan kapal di PT. Dutabahari Menara Line Dockyard. PT. Dutabahari Menara Line Dockyard mempunyai area seluas kurang lebih 9 Ha. Area tersebut dapat menampung 6 kapal tongkang dengan panjang sampai 370 feet dan 6 tug boat dengan ukuran kurang lebih 30 meter secara bersamaan. Dan satu area untuk kapal bangunan baru dengan ukuran 5000GT.

PT. Duta Bahari Menara Line Dockyard memerlukan waktu 61 hari untuk mengerjakan perbaikan BG. Alika 101, lalu membutuhkan waktu 49 hari untuk mengerjakan reparasi kapal TB. Pancaran 811, kemudian membutuhkan 38 hari untuk mengerjakan perbaikan BG. Alika 102, dan memerlukan waktu 36 hari untuk mengerjakan perbaikan TB. Anugrah Lestari 02.

Mengacu pada permasalahan yang ada, dengan tujuan untuk meminimalisir keterlambatan proses perbaikan kapal dan mempercepat progress pekerjaan pada 4 unit kapal, Dalam penelitian ini, penulis dibantu oleh perangkat lunak Microsoft Project yang diciptakan untuk mendukung pengelolaan proyek dengan menggunakan Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*) dengan topik "Analisa Penerapan Schedule Reparasi 4 Unit Kapal Secara Simultan berbasis *Critical Path Method* Serta Pengaruhnya Terhadap Progress Pekerjaan".

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini diambil dari kapal BG. Alika 101, TB. Pancaran 811, BG. Alika 102 dan TB. Anugrah Lestari 02. Data yang digunakan meliputi *Repair list* dan *Main schedule* dari keempat kapal tersebut. Kegiatan perbaikan tersebut dilaksanakan di PT. Dutabahari Menara Line Dockyard Banjarmasin. Dalam penelitian ini data diolah menggunakan metode Jalur Kritis dengan dibantu oleh *software Microsoft Project*. setelah jalur kritis dibuat, kemudian durasi proyek dipercepat (*crash duration*) dengan menambahkan jam kerja (*overtime*) dan meningkatkan jumlah tenaga kerja.

Tabel 1. Ukuran Utama pada 4 Unit Kapal

	BG. Alika 101	TB. Pancaran 811	BG. Alika 102	TB. Anugrah Lestari 02
<b>LOA</b>	87,78 m	26,22 m	87,87 m	27,55 m
<b>B</b>	24,38 m	7,50 m	24,40 m	8,30 m
<b>H</b>	5,49 m	3,40 m	5,50 m	3,60 m
<b>GT</b>	3267 grt	178 grt	3146 grt	219 grt
<b>NT</b>	981 nt	54 nt	944 nt	66 nt

Tabel 2. Repair list

No	BG. Alika 101		TB. Pancaran 811		BG. Alika 102		TB. Anugrah Lestari 02	
	Item Pekerjaan	Durasi	Item Pekerjaan	Durasi	Item Pekerjaan	Durasi	Item Pekerjaan	Durasi
1	naik dock	1	naik dock	1	Naik dock	1	Naik dock	1
2	turun dock	1	turun dock	1	Turun dock	1	Turun dock	1
3	anchor pocket & hawse pipe	2	air tawar	1	Manhole	4	Air tawar	1
4	bolder	13	scrapping	1	daprah	3	Scrapping	1
5	daprah	3	sandblasting	1	Bongkar/pasang zink anode	2	Sandblasting	1
6	bongkar/pasang zinc anode	2	painting	5	Scraping	1	Painting	2
7	replating bottom	39	sea chest, saringan & katup-katup laut	4	Bottom blasting	1	Pengecatan draft dan nama kapal	1
8	replating bottop	39	zinc anode	3	Bottom Painting	5	Sea chest, saringan dan katup-katup laut	1
9	replating main deck	39	rantai, bak rantai & jangkar	7	Bottop&top side blasting	1	Zinc anode	1
10	scrapping	1	UT	1	Bottop&top side paint	5	Rantai, Bak rantai dan jangkar	3
11	bottom blasting	1	megger test	1	Blasting walk away	1	Replating	7
12	painting bottom & main deck	5	replating	21	Painting walk away	3	Piping	3
13	bottop & top blasting	1	pipng & outfitting	21	Finishing paint/Marking	2	Outfitting	2
14	bottop & top paint	4	air test	1	Replating bottom	24	bongkar Kemudi, tongkat kemudi dan pintle	1
15	blasting walk away	1	bongkar kemudi, tongkat kemudi dan pintle	2	Replating bottop	24	bongkar shaft dan propeller	2
16	painting walk away	2	bongkar shaft dan propeller	2	Replating Main deck	11	Shaft dan propeller(clearance)	3
17	finishing paint/markng	1	Shaft dan propeller(clearance)	18	Ganti baru rumah windlass	5	Kemudi, tongkat kemudi dan pintle( clearance )	2
18	replate rumah windlas & ac	5	Kemudi, tongkat kemudi dan pintle( clearance )	23	Pasang baru windlass & aksesoris	4	Alat bongkar muat, windlass, mooring	3

No	BG. Alika 101		TB. Pancaran 811		BG. Alika 102		TB. Anugrah Lestari 02	
	Item Pekerjaan	Durasi	Item Pekerjaan	Durasi	Item Pekerjaan	Durasi	Item Pekerjaan	Durasi
19	naikkan jangkar & aksesoris	1	Alat bongkar muat, wincdlass, mooring	9	Fabrikasi/inst all side board	14	Overhoul ME	27
20	fabrikasi / install side board	38	Service dan cleaning intercooler	18	Croup setempat dinding side board	8	Overhoul Deck Machinery	5
21	croup setempat dinding side board	13	Service Turbo 4 unit ME dan AE	4	Potong bulwark lama	2	Overhoul Auxiliary Engine	28
22	potong bullwark lama	2	Kalibrasi Injektor 18 unit ME dan AE	8	Buat baru nama kapal dan tanda selar	4	Lain-lain (setel Draft mark / fender)	2
23	perbaiki kupingan tankan BG	6	General Overhoul ME ka/ki	36	Fabrikasi Bolder	10	Pekerjaan accomodation (crew)	5
24	fabrikasi bolder	13	General Overhoul AE ka/ki	14	Bongkar / pasang bolder kiri	5	Sea trial, Compasseren dan Berangkat.	1
25	bongkar/pasang bolder kiri	5	Running ME dan AE	6	Bongkar / pasang bolder kanan	5	UT	2
26	bongkar/pasang bolder kanan	5	Sea trial, Compasseren dan Berangkat.	2	NDT / UT	2	Air Test	2
27	NDT/UT	2			Air Test	4	Lain-lain ( megger test )	1
28	air test	1			Inspeksi Klas & Statutory SELESAI	3		
29	inspeksi klas & statutory pertama	1				1		
30	inspeksi klas & statutory kedua	1						
31	selesai (sea trial & berangkat)	1						
	Total Durasi	61 hari		49 hari		38 hari		35 hari

## 2.2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang dimanfaatkan merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung (data sekunder) yang mencakup *Main Schedule*, *Repair List* serta *Ship Particular* yang didapat dari PT. Dutabahr Menara Line *Dockyard* Banjarmasin.

Buku, jurnal dan penelitian sebelumnya akan digunakan sebagai data pendukung pada penelitian ini.

## 2.3. Pengolahan Data

Berikut adalah tahapan pengolahan data dalam penelitian ini:

1. Menggabungkan jadwal BG. Alika 101, TB. Pancaran 811, BG. Alika 102 dan TB. Anugrah Lestari 02.
2. Mengumpulkan data pekerjaan dengan menggunakan *Work Breakdown Structure* (WBS) sesuai item pekerjaan pada schedule gabungan.
3. Setelah mendapatkan *Prodecessor* dan *successor*, lalu masukkan *prodecessor* dan

schedule baru ke dalam *Software Microsoft Project*

4. Menentukan *Lates Activity Start Time (LS)* atau waktu mulai tercepat dan *Latest Activity Finish Time (LF)* atau waktu selesai paling lambat. Kemudian menentukan jalur kritis yang termasuk dalam *network diagram*
5. menambahkan opsi penambahan waktu kerja serta penambahan jumlah kerja kemudian menghitung durasi percepatan dengan opsi tersebut.

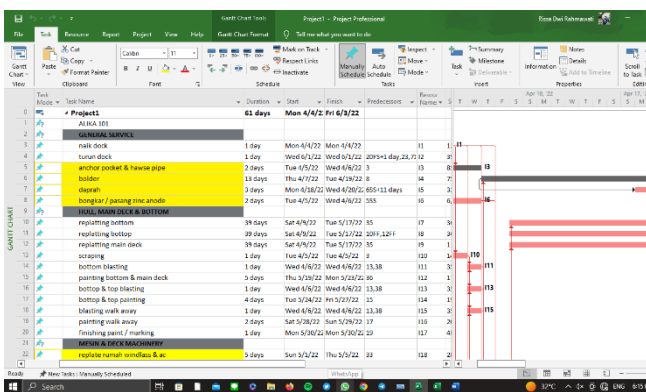
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pendataan oleh data sekunder dan pelaksanaan pengolahan data, berikut hasil yang dicapai:

#### 3.1. Penyusunan Jadwal Dengan *Schedulling* Berbasis *Critical Path Method*

Penyusunan kegiatan pekerjaan didasarkan pada *Work Breakdown Structure (WBS)* setelah menggabungkan keempat *main schedule* sehingga pekerjaan dapat diselesaikan sesuai rencana.

*Software Microsoft Project* mendukung penyusunan jadwal. Langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah penentuan *sucessor* dan *prodecessor*. Kemudian masukkan *main schedule* dan *prodecessor* pada *Microsoft Project* dan dapatkan jalur kritis. Hubungan antara aktivitas diwakili oleh rasio *start to start (SS)*, *finish to start (FS)* dan *finish to finish (FF)*



Gambar 1. *Scheduling* Pekerjaan pada *Software Microsoft Project*

#### 3.2. Analisa *Network Diagram*

*Network diagram* merupakan gambaran yang menunjukkan hubungan antar item pekerjaan dalam *network planning*. *Network diagram* dapat melihat item pekerjaan mana yang perlu diprioritaskan dan item pekerjaan yang dapat

ditunda pengerjaannya tanpa mempengaruhi item pekerjaan lainnya.

*Network diagram* dibuat setelah mendapat rangkain urutan pekerjaan dari empat kapal. Hasil yang diperoleh pada *network diagram* adalah dari total jumlah aktivitas kerja terdapat 75 kegiatan lintasan kritis dari 113 keseluruhan kegiatan perbaikan.

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

Jalur kritis (*Critical Path*) adalah rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama hingga kegiatan terakhir dari suatu proyek. Kegiatan apa yang ada di sepanjang jalur ini, yang pelaksanaannya, jika ditunda dapat menyebabkan keterlambatan umum dalam pelaksanaan proyek.

Tabel 3. Jalur kritis pada repair list

KODE	PEKERJAAN	ES	LS	EF	LF	TF
I1	Naik dock	0	0	1	1	0
I10	scrapping	1	1	2	2	0
I29	inspeksi klas & statutory pertama	1	1	2	2	0
I11	sandblasting	2	2	3	3	0
I27	NDT/UT	3	3	5	5	0
I7	replating bottom	5	5	44	44	0
I9	replating main deck	5	5	44	44	0
I8	replating bottop	22	22	44	44	0
I28	air test	44	44	45	45	0
I12	painting bottom & main deck	45	45	50	50	0
I14	bottop & top paint	50	50	54	54	0
I16	painting walk away	54	54	56	56	0
I17	finishing	56	56	58	58	0
I2	pant/markung	56	56	58	58	0
I2	Turun dock	58	58	59	59	0
I30	inspeksi klas & statutory kedua	59	59	60	60	0
I31	selesai (sea trial)	60	60	61	61	0
P1	naik dock	1	1	2	2	0
P4	scrapping	2	2	3	3	0
P5	sandblasting	2	2	3	3	0
P10	UT	3	3	4	4	0
P11	megger test	3	3	4	4	0
P12	replating	4	4	25	25	0
P13	piping & outfitting	4	4	25	25	0
P15	bongkar kemudi, tongkat kemudi dan pintle	4	4	6	6	0
P24	General Overhaul AE ka/ki	4	4	18	18	0
P23	General Overhaul ME ka/ki	4	4	40	40	0
P16	bongkar shaft dan propeller	6	6	8	8	0
P17	Shaft dan propeller(clearance)	8	8	26	26	0
P18	Kemudi, tongkat kemudi dan pintle (clearance)	8	8	31	31	0

KODE	PEKERJAAN	ES	LS	EF	LF	TF
P14	air test	25	25	26	26	0
P6	painting	26	26	31	31	0
P2	turun dock	31	31	32	32	0
P3	air tawar	37	37	38	38	0
P25	Running ME dan AE	40	40	47	47	0
P26	sea trial, Compasseren dan Berangkat.	47	47	49	49	0
A1	Naik dock	2	2	3	3	0
A6	Scraping	3	3	4	4	0
A7	sandblasting	3	3	4	4	0
A26	NDT / UT	3	3	4	4	0
A14	Replating bottom	4	4	28	28	0
A15	Replating bottop	4	4	28	28	0
A16	Replating Main deck	18	18	28	28	0
A27	Air Test	28	28	31	31	0
A8	Bottom Painting	28	28	33	33	0
A10	Bottop&top side paint	28	28	33	33	0
A2	Turun dock	33	33	34	34	0
A12	Painting walk away	33	33	36	36	0
A13	Finishing paint/Marking	34	34	36	36	0
A28	Inspeksi Klas & Statutory	36	36	39	39	0
L1	Naik dock	3	3	4	4	0
L4	Scrapping	4	4	5	5	0
L5	Sandblasting	5	5	6	6	0
L25	UT	6	6	8	8	0
L14	bongkar Kemudi, tongkat kemudi dan pintle	8	8	9	9	0
L27	Lain-lain ( megger test )	8	8	9	9	0
L11	replating	8	8	15	15	0
L19	Overhaul ME	9	9	36	36	0
L21	Overhaul Auxiliary Engine	9	9	37	37	0
L15	bongkar shaft dan propeller	9	9	11	11	0
L16	Shaft dan propeller(clearence)	11	11	14	14	0
L17	Kemudi, tongkat kemudi dan pintle( clearence )	14	14	16	16	0
L26	Air Test	15	15	17	17	0
L12	Piping	15	15	18	18	0
L13	Outfitting	18	18	20	20	0
L20	Overhaul Deck Machinery	20	20	25	25	0
L6	painting	25	25	27	27	0
L2	Turun dock	26	26	27	27	0
L3	Air Tawar	37	37	38	38	0

L24	Sea trial, Compasseren dan Berangkat.	38	38	39	39	0
-----	---------------------------------------	----	----	----	----	---

Dimana ES (*Earliest start*) merupakan waktu awal pelaksanaan pekerjaan tercepat, LS (*Latest start*) adalah waktu awal pelaksanaan pekerjaan terlambat, EF (*Earliest finish*) adalah waktu penyelesaian pekerjaan tercepat, LF atau (*Latest finish*) adalah waktu penyelesaian pekerjaan terlambat dan TF adalah *Total Float*.

### 3.4. Percepatan Durasi (*Crash Duration*)

*Crash Duration* dilakukan sebagai upaya agar suatu proyek dapat diselesaikan lebih singkat dari rencana semula. Dalam upaya mempercepat penyelesaian proyek agar selesai lebih awal dari estimasi semula, dilakukan percepatan durasi (*crash duration*). Proses ini terfokus pada aktivitas yang berada dalam jalur kritis (*critical path*).

#### 3.4.1. Crash duration dengan opsi menambah waktu kerja

Opsi yang pertama dalam upaya mempercepat durasi proyek adalah dengan menambah jam kerja (*overtime*). Penyesuaian ini bergantung pada jumlah pekerja dan tambahan jam kerja yang diperlukan

Waktu kerja standar per hari adalah 8 jam, dimulai dari pukul 08:00 hingga 17:00 dengan istirahat pada pukul 12:00 hingga 13:00. Dalam hal penambahan jam kerja, tambahan waktu selama 4 jam dilakukan setelah jam kerja normal, mulai dari pukul 17:00 hingga 21:00.

Sebelum menghitung percepatan durasi maka perlu dihitung produktivitas setelah penambahan jam kerja terlebih dahulu dengan rumus berikut ini:

$$e = a (b \times c \times d)$$

Dimana a adalah produktivitas normal, b adalah produktivitas perjam, c adalah konstanta penurunan produktivitas, d adalah penambahan jam kerja dan e adalah produktivitas setelah penambahan jam kerja

Perhitungan percepatan durasi dengan menambah waktu kerja (*overtime*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini: (3)

$$Cr = V / P$$

Dimana V adalah volume pekerjaan, P adalah produktivitas setelah menambah jam kerja dan Cr adalah *crash duration*.

Tabel 6. Perhitungan *Crash Duration* Dengan Opsi Penambahan Jam Kerja

Item pekerjaan	Produktifitas normal/ produktifitas sebelum crashing	Produktifitas perjam	Konstanta penurunan produktifitas	Penambahan jam kerja	Produktifitas setelah penambahan jam kerja	Percepatan durasi dengan penambahan jam kerja
I1	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
I2	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
I7	274.308 kg/hari	34.288	0.6	4	356.6 kg/hari	30
I8	270.591 kg/hari	33.824	0.6	4	351.768 kg/hari	17
I9	178.255 kg/hari	22.282	0.6	4	231.732 kg/hari	30
I10	2128.910 m <sup>2</sup> / hari	266.114	0.6	4	2767.583 m <sup>2</sup> / hari	1
I11	2128.910 m <sup>2</sup> / hari	266.114	0.6	4	2767.583 m <sup>2</sup> / hari	1
I12	425.782 m <sup>2</sup> / hari	53.223	0.6	4	553.517 m <sup>2</sup> / hari	4
I13	1042.850 m <sup>2</sup> / hari	130.356	0.6	4	1355.705 m <sup>2</sup> / hari	1
I14	260.713 m <sup>2</sup> / hari	32.589	0.6	4	338.926 m <sup>2</sup> / hari	3
I15	1.4 m <sup>2</sup> / hari	0.175	0.6	4	1.82 m <sup>2</sup> / hari	1
I16	0.7 m <sup>2</sup> / hari	0.088	0.6	4	0.91 m <sup>2</sup> / hari	2
I17	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
I27	1250 spot/hari	156.250	0.6	4	1625 spot/hari	2
I28	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
I29	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
I30	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
I31	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
P1	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
P2	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
P3	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
P4	91.59 m <sup>2</sup> / hari	11.449	0.6	4	119.067 m <sup>2</sup> / hari	1
P5	467.93 m <sup>2</sup> / hari	58.491	0.6	4	608.309 m <sup>2</sup> / hari	1
P6	93.586 m <sup>2</sup> / hari	11.698	0.6	4	121.662 m <sup>2</sup> / hari	4
P10	500 spot/hari	62.5	0.6	4	650 spot/hari	1
P11	10 unit/hari	1.25	0.6	4	13 unit/hari	1
P12	33.333 kg/hari	4.167	0.6	4	43.333 kg/hari	16
P13	33.333 kg/hari	4.167	0.6	4	43.333 kg/hari	16
P14	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
P15	1 unit/hari	0.125	0.6	4	1.3 unit/hari	2
P16	1 unit/hari	0.125	0.6	4	1.3 unit/hari	2
P17	0.111 unit/hari	0.014	0.6	4	0.144 unit/hari	14
P18	0.087 unit/hari	0.011	0.6	4	0.113 unit/hari	18
P23	0.056 unit/hari	0.007	0.6	4	0.072 unit/hari	28
P24	0.143 unit/hari	0.018	0.6	4	0.186 unit/hari	11
P25	0.667 unit/hari	0.083	0.6	4	0.867 unit/hari	5
P26	0.5 Ls/hari	0.063	0.6	4	0.65 Ls/hari	2
A1	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
A2	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
A6	612.7 m <sup>2</sup> / hari	76.588	0.6	4	796.51 m <sup>2</sup> / hari	1
A7	2128.91 m <sup>2</sup> / hari	266.114	0.6	4	2767.583 m <sup>2</sup> / hari	1
A8	42.522 m <sup>2</sup> / hari	5.315	0.6	4	55.279 m <sup>2</sup> / hari	4
A9	1042.85 m <sup>2</sup> / hari	130.356	0.6	4	1355.705 m <sup>2</sup> / hari	1
A10	208.57 m <sup>2</sup> / hari	26.071	0.6	4	271.141	4
A11	405.14 m <sup>2</sup> / hari	50.643	0.6	4	526.682 m <sup>2</sup> / hari	1
A12	135.047 m <sup>2</sup> / hari	16.881	0.6	4	175.561 m <sup>2</sup> / hari	2
A13	0.5 Ls/hari	0.063	0.6	4	0.65 Ls/hari	2
A14	1458.333 kg/hari	182.292	0.6	4	1895.833 kg/hari	18
A15	1666.667 kg/hari	208.333	0.6	4	2166.667 kg/hari	18
A16	4545.455 kg/hari	568.182	0.6	4	5909.091 kg/hari	8
A26	1500 spot/hari	187.5	0.6	4	1950 spot/hari	1
A27	0.2 Ls/hari	0.025	0.6	4	0.26 Ls/hari	4
A28	0.333 Ls/hari	0.042	0.6	4	0.433 Ls/hari	2
A29	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
L1	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
L2	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
L3	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
L4	467.930 m <sup>2</sup> / hari	58.491	0.6	4	608.309 m <sup>2</sup> / hari	1

Item pekerjaan	Produktifitas normal/ produktifitas sebelum crashing	Produktifitas perjam	Konstanta penurunan produktifitas	Penambahan jam kerja	Produktifitas setelah penambahan jam kerja	Percepatan durasi dengan penambahan jam kerja
L5	200 m <sup>2</sup> / hari	25	0.6	4	260 m <sup>2</sup> / hari	1
L6	233.965 m <sup>2</sup> / hari	29.246	0.6	4	304.155 m <sup>2</sup> / hari	2
L11	114.286 kg/hari	14.286	0.6	4	148.571 kg/hari	5
L12	60.840 m <sup>2</sup> / hari	7.605	0.6	4	79.092 m <sup>2</sup> / hari	2
L13	58.5 unit/hari	7.313	0.6	4	76.05 unit/hari	2
L14	4 unit/hari	0.5	0.6	4	5.2 unit/hari	1
L15	2 unit/hari	0.25	0.6	4	2.6 unit/hari	2
L16	12.667 unit/hari	1.583	0.6	4	16.467 unit/hari	2
L17	8 unit/hari	1	0.6	4	10.4 unit/hari	2
L19	0.296 unit/hari	0.037	0.6	4	0.385 unit/hari	21
L20	1.6 unit/hari	0.2	0.6	4	2.08 unit/hari	4
L21	0.179 unit/hari	0.022	0.6	4	0.232 unit/hari	22
L23	0.2 Ls/hari	0.025	0.6	4	0.26 Ls/hari	4
L24	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1
L25	175spot/har	21.875	0.6	4	227.5 spot/hari	2
L26	0.5 Ls/hari	0.063	0.6	4	0.65 Ls/hari	2
L27	1 Ls/hari	0.125	0.6	4	1.3 Ls/hari	1

Tabel diatas mengindikasikan bahwa ada percepatan durasi (*crash duration*) pada jalur kritis setelah melakukan penambahan jam kerja (*overtime*). Dengan hasil tersebut maka penambahan waktu kerja dapat mempercepat realisasi proyek tersebut.

### 3.4.2. Crash duration dengan menambah jumlah tenaga kerja

Opsi kedua sebagai upaya untuk mempercepat durasi pengerjaan proyek adalah dengan menambah jumlah pekerja sebanyak 40% pada penelitian ini.

Sebelum menghitung percepatan durasi maka perlu dihitung produktivitas setelah

penambahan jam kerja terlebih dahulu dengan rumus berikut ini:

$$d = a + ((a \times b) / c)$$

Dimana a adalah produktivitas normal, b adalah penambahan tenaga kerja, c adalah tenaga kerja normal dan d adalah produktivitas setelah adanya penambahan tenaga kerja

Dalam penelitian ini, Perhitungan percepatan durasi dengan menambah jumlah tenaga kerja dapat dihitung menggunakan rumus (4) berikut ini:

$$Cr = V / P$$

Dimana V adalah volume pekerjaan, P adalah produktivitas setelah menambah jam kerja dan Cr adalah *crash duration*

Tabel 7. Perhitungan *Crash Duration* Dengan Opsi Penambahan Tenaga Kerja

Item pekerjaan	Produktifitas normal/ produktifitas sebelum crashing	Tenaga kerja normal	Penambahan tenaga kerja	Produktifitas setelah penambahan tenaga kerja	Percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja
I1	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
I2	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
I7	274.308 kg/hari	10	3	356.6 kg/hari	30
I8	270.591 kg/hari	15	5	360.788 kg/hari	17
I9	178.255 kg/hari	10	3	231.732 kg/hari	30
I10	2128.910 m <sup>2</sup> / hari	6	2	2838.547 m <sup>2</sup> / hari	1
I11	2128.910 m <sup>2</sup> / hari	4	1	2661.138 m <sup>2</sup> / hari	1
I12	425.782 m <sup>2</sup> / hari	4	1	532.228 m <sup>2</sup> / hari	4
I13	1042.850 m <sup>2</sup> / hari	2	1	1564.275 m <sup>2</sup> / hari	1
I14	260.713 m <sup>2</sup> / hari	2	1	391.069 m <sup>2</sup> / hari	3
I15	1.4 m <sup>2</sup> / hari	1	0	1.4 m <sup>2</sup> / hari	1
I16	0.7 m <sup>2</sup> / hari	1	0	0.7 m <sup>2</sup> / hari	2
I17	1 Ls/hari	1	0	1 Ls/hari	1
I27	1250 spot/hari	10	3	1625 spot/hari	2
I28	1 Ls/hari	3	1	1.333 Ls/hari	1
I29	1 Ls/hari	1	0	1 Ls/hari	1

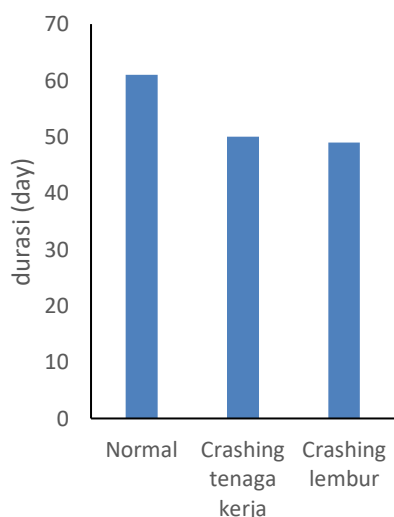


Item pekerjaan	Produktifitas normal/ produktifitas sebelum crashing	Tenaga kerja normal	Penambahan tenaga kerja	Produktifitas setelah penambahan tenaga kerja	Percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja
I30	1 Ls/hari	1	0	1 Ls/hari	1
I31	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
P1	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
P2	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
P3	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
P4	91.59 m <sup>2</sup> / hari	2	1	137.385 m <sup>2</sup> / hari	1
P5	467.93 m <sup>2</sup> / hari	2	1	701.895 m <sup>2</sup> / hari	1
P6	93.586 m <sup>2</sup> / hari	2	1	140.379 m <sup>2</sup> / hari	3
P10	500 spot/hari	3	1	666.667 spot/hari	1
P11	10 unit/hari	2	1	15 unit/hari	1
P12	33.333 kg/hari	2	1	50 kg/hari	14
P13	33.333 kg/hari	2	1	50 kg/hari	14
P14	1 Ls/hari	2	1	1.5 Ls/hari	1
P15	1 unit/hari	2	1	1.5 unit/hari	1
P16	1 unit/hari	2	1	1.5 unit/hari	1
P17	0.111 unit/hari	2	1	0.167 unit/hari	12
P18	0.087 unit/hari	2	1	0.130 unit/hari	15
P23	0.056 unit/hari	2	1	0.083 unit/hari	24
P24	0.143 unit/hari	2	1	0.214 unit/hari	9
P25	0.667 unit/hari	4	1	0.833 unit/hari	5
P26	0.5 Ls/hari	10	3	0.65 Ls/hari	2
A1	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
A2	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
A6	612.7 m <sup>2</sup> / hari	2	1	919.05 m <sup>2</sup> / hari	1
A7	2128.91 m <sup>2</sup> / hari	2	1	3193.365 m <sup>2</sup> / hari	1
A8	42.522 m <sup>2</sup> / hari	4	1	53.153 m <sup>2</sup> / hari	4
A9	1042.85 m <sup>2</sup> / hari	2	1	1564.275 m <sup>2</sup> / hari	1
A10	208.57 m <sup>2</sup> / hari	4	1	260.713 m <sup>2</sup> / hari	4
A11	405.14 m <sup>2</sup> / hari	2	1	607.71 m <sup>2</sup> / hari	1
A12	135.047 m <sup>2</sup> / hari	4	1	168.808 m <sup>2</sup> / hari	2
A13	0.5 Ls/hari	1	0	0.5 Ls/hari	2
A14	1458.333 kg/hari	7	2	1875 kg/hari	19
A15	1666.667 kg/hari	8	2	2083.333 kg/hari	19
A16	4545.455 kg/hari	10	3	5909.091 kg/hari	8
A26	1500 spot/hari	6	2	2000 spot/hari	1
A27	0.2 Ls/hari	3	1	0.267 Ls/hari	4
A28	0.333 Ls/hari	2	1	0.5 Ls/hari	2
A29	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
L1	1 Ls.hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
L2	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
L3	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
L4	467.930 m <sup>2</sup> / hari	2	1	701.895 m <sup>2</sup> / hari	1
L5	200 m <sup>2</sup> / hari	2	1	300 m <sup>2</sup> / hari	1
L6	233.965 m <sup>2</sup> / hari	4	1	292.456 m <sup>2</sup> / hari	2
L11	114.286 kg/hari	8	2	142.857 kg/hari	6
L12	60.840 m <sup>2</sup> / hari	12	4	81.12 m <sup>2</sup> / hari	2
L13	58.5 unit/hari	8	2	73.125 unit/hari	2
L14	4 unit/hari	4	1	5 unit/hari	1
L15	2 unit/hari	4	1	2.5 unit/hari	2
L16	12.667 unit/hari	4	1	15.833 unit/hari	2
L17	8 unit/hari	4	1	10 unit/hari	2
L19	0.296 unit/hari	3	1	0.395 unit/hari	20
L20	1.6 unit/hari	3	1	2.133 unit/hari	4
L21	0.179 unit/hari	3	1	0.238 unit/hari	21
L23	0.2 Ls/hari	3	1	0.267 Ls/hari	4
L24	1 Ls/hari	10	3	1.3 Ls/hari	1
L25	175spot/har	2	1	262.5 spot/hari	1
L26	0.5 Ls/hari	3	1	0.667 Ls/hari	2
L27	1 Ls/hari	2	1	1.5 Ls/hari	1

Tabel diatas menggambarkan percepatan durasi (*crash duration*) pada jalur kritis setelah menambah jumlah tenaga kerja. Dengan hasil tersebut, penambahan tenaga kerja dapat mempercepat progres proyek pekerjaan tersebut.

### 3.4.3. Perbandingan antara Proyek dengan Durasi Normal, *Crash Duration* dengan menambahkan waktu kerja, dan *Crash Duration* dengan menambahkan jumlah pekerja

Sebelum adanya percepatan durasi dengan opsi menambah jam kerja serta jumlah tenaga kerja, durasi normal nya adalah 61 hari grafik dibawah ini menampilkan perbandingan antara durasi normal, percepatan dengan penambahan jam kerja dan percepatan dengan penambahan tenaga kerja.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Durasi Normal, *Crashing Duration* dengan menambahkan jam kerja dan jumlah pekerja

Gambar di atas menunjukkan Perbandingan antara Proyek dengan Durasi Normal, *Crash Duration* dengan menambahkan waktu kerja, dan *Crash Duration* dengan menambahkan jumlah pekerja. setelah *crashing* penambahan jam kerja (*lembur*) dapat dikurangi dari semula 61 hari menjadi 49 hari. Setelah adanya penambahan tenaga kerja, durasi pengerjaan proyek dapat dikurangi dari semula 61 hari menjadi 50 hari.

### 3.5. Perhitungan Nilai Produktivitas Harian Pada Jalur Kritis (*Critical Path*)

Produktivitas harian dihasilkan dari hasil bagi dari jumlah aktivitas dan waktu kerja. perhitungan harian dapat ditemukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$P_n = \frac{V}{W} \quad (5)$$

Dimana  $P_n$  merupakan tingkat produktivitas harian atau produktivitas normal,  $V$  mencerminkan volume pekerjaan dan  $W$  adalah waktu atau durasi yang diperlukan.

Tabel 8. Perhitungan Produktivitas Harian Pada *Critical Path*

KODE	V	W	$P_n$
I1	1 LS	1	1
I2	1 LS	1	1
I7	10698 kg	39	274.30
I8	5953 kg	22	270.59
I9	6951,96 kg	39	178.25
I10	2128,91 m <sup>2</sup>	1	2128.91
I11	2128,91 m <sup>2</sup>	1	2128.91
I12	2128,91 m <sup>2</sup>	5	425.78
I13	1042,85 m <sup>2</sup>	1	1042.85
I14	1042,85 m <sup>2</sup>	4	260.71
I15	1,4 m <sup>2</sup>	1	1.4
I16	1,4 m <sup>2</sup>	2	0.7
I17	1 LS	1	1
I27	2500 spot	2	1250
I28	1 LS	1	1
I29	1 LS	1	1
I30	1LS	1	1
I31	1LS	1	1
P1	1LS	1	1
P2	1LS	1	1
P3	1LS	1	1
P4	91,59 m2	1	91.59
P5	467,93 m <sup>2</sup>	1	467.93
P6	467,93 m <sup>2</sup>	5	93.58
P10	500 spot	1	500
P11	10 unit	1	10
P12	700 kg	21	33.33
P13	700 kg	21	33.33
P14	1 LS	1	1
P15	2 unit	2	1
P16	2 unit	2	1
P17	2 unit	18	0.11
P18	2 unit	23	0.08
P23	2 unit	36	0.05
P24	2 unit	14	0.14
P25	4 unit	6	0.67
P26	1 LS	2	0.5
A1	1 ls	1	1
A2	1 ls	1	1
A6	612,70 m <sup>2</sup>	1	612.7
A7	2128.91	1	2128.91

KODE	V	W	Pn
A8	2128,61 m <sup>2</sup>	5	42.522
A9	1042,85 m <sup>2</sup>	1	1042.85
A10	1042,85 m <sup>2</sup>	5	208.57
A11	405,14 m <sup>2</sup>	1	405.14
A12	405,14 m <sup>2</sup>	3	135.04
A13	1 LS	2	0.5
A14	35000 kg	24	1458.33
A15	40000 kg	24	1666.67
A16	50000 kg	11	4545.45
A26	1500 spot	1	1500
A27	1 ls	5	0.2
A28	1 ls	3	0.33
A29	1 ls	1	1
L1	1LS	1	1
L2	1LS	1	1
L3	1LS	1	1
L4	467,93 m <sup>2</sup>	1	467.93
L5	200,00 m <sup>2</sup>	1	200
L6	467,93 m <sup>2</sup>	2	233.965
L11	800 kg	7	114.28
L12	182,52 m	3	60.84
L13	117 unit	2	58.5
L14	4 unit	1	4
L15	4 unit	2	2
L16	38 unit	3	12.67
L17	16 unit	2	8
L19	8 unit	27	0.29
L20	8 unit	5	1.6
L21	5 unit	28	0.178571429
L23	1 ls	5	0.2
L24	1 ls	1	1
L25	350 spot	2	175
L26	1 ls	2	0.5
L27	1 ls	1	1

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini diperoleh hasil dengan opsi menambah jam kerja (lembur) sebanyak 4 jam dari durasi normal 61 hari menjadi 50 hari dengan percepatan sebanyak 11 hari atau 18,03 %. Kemudian dengan opsi penambahan tenaga kerja sebanyak 40% dari 61 hari menjadi 49 hari dengan percepatan 12 hari atau 19,67%.

Kesimpulannya, menambah jumlah tenaga kerja terbukti lebih efisien dan efektif dalam mempercepat durasi pekerjaan (*crash duration*) karena penambahan pekerjaan tersebut menghasilkan hasil yang lebih optimal dan ideal dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada semua yang telah memberikan dukungan dalam penyelenggaraan penelitian ini. Khususnya, terima kasih kepada PT. Elisha Milan Tankers yang telah membantu dalam pengumpulan data sekunder dari PT. Dutabahari Menara Line Dockyard, yang memungkinkan penulis menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Husen, "Manajemen proyek," *Yogyakarta: Andi Offset*, 2009.
- [2] B. Sofyan, "Dasar-dasar Network Planning (Dasar-dasar Perencanaan Jaringan Kerja)," *Rineka Cipta, Jakarta*, 1997.
- [3] I. Suharto, "Manajemen Proyek," *Penerbit Erlangga, Jakarta*, 1995.
- [4] S. Anggriawan, "Analisa Network Planning Reparasi Km Tonasa Line Viii Dengan Metode Cpm Untuk Mengantisipasi Keterlambatan Penyelesaian Reparasi (Studi Kasus di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya)," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 03, 2015.
- [5] Ayudya Putri Taruna Simadani, "enyusunan Kegiatan Proyek Reparasi Kapal KM Selaras Mas Dengan Metode Jalur Kritis (CPM)," *Project Report. [s.n.], [s.l.]. (Unpublished)*, 2021.
- [6] L. K. Padaga, I. Rochani, and Y. Mulyadi, "Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, pp. G1–G6, 2018.
- [7] Y. T. Andhani and I. P. Mulyatno, "Reschedule Reparasi Kapal KN. KUMBA 470 DWT Dengan Critical Path Method Di Galangan Semarang," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 231–238, 2020.
- [8] E. R. Anggraeni, "Analisis percepatan proyek menggunakan metode crashing dengan penambahan tenaga kerja dan shift

kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta),” 2016.

- [9] A. bin M. S. A. Muhammad, “Analisa Perhitungan Pekerjaan Reparasi Kapal Dengan Metode Critical Path Method (CPM): cpm,” *SPECTA Journal of Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 84–91, 2020.
- [10] F. M. Azhari, A. I. Candra, D. A. Karisma, A. Yamin, and F. Rahmawaty, “Accelerate the Implementation Time of Kadiri University Clinic Constructions Projects Using Critical Path Method (CPM),” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, 2021, p. 10001.
- [11] A. Tresnadi, S. Suparno, S. Sutrisno, and W. Kusdiana, “Time Acceleration Analysis and Optimal Cost of Hospital Hospital Development Project on Ship Building Using Critical Path Method (Case Study: Pt. Pal Indonesia (Persero)),” *JOURNAL ASRO*, vol. 12, no. 01, pp. 137–145, 2021.