

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Informasi Proyek

Berikut ini adalah informasi proyek peningkatan dermaga pelabuhan:

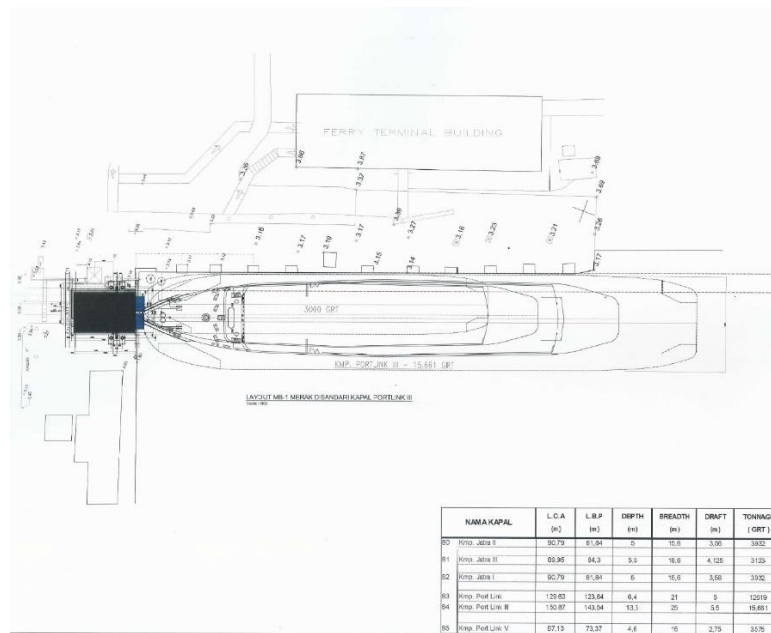
Nama Proyek : Proyek Peningkatan Kapasitas Dermaga Pelabuhan Merak

Lokasi : Jl. Pelabuhan Merak, Tamansari, Kec. Pulomerak, Kota Cilegon

Waktu Penyelesaian : 121 Hari Kalender

4.1.2 Gambar Rencana Proyek

Berikut ini adalah gambar rencana proyek peningkatan kapasitas dermaga pelabuhan merak:



Gambar 4. 1 Denah Rencana Peningkatan Kapasitas Dermaga Pelabuhan

(Sumber: Pengumpulan Data, 2022)

4.1.3 Rancangan Anggaran Biaya Proyek

Tabel 4. 1 Rancangan Anggaran Biaya Proyek Peningkatan Kapasitas Dermaga Pelabuhan Merak

PEKERJAAN PENINGKATAN KAPASITAS DERMAGA I PELABUHAN MERAK				
Kode	Volume	Satuan	Uraian Pekerjaan	Harga Biaya Pekerjaan
I.		I	PEKERJAAN PERSIAPAN	
A	1.00	ls	Mobilisasi dan Demobilisasi	628,505,000
B	4.00	bln	Pengukuran dan Positioning	75,120,000
C	50.00	m2	Direksi Keet	45,788,500
D	100.00	m	Pagar Sementara	10,834,460
E	20.00	m2	Barak Kerja dan Gudang	18,305,400
F	1.00	ls	Keamanan dan Keselamatan Kerja	45,339,000
G	4.00	bln	Penyediaan Air Bersih	11,880,000
H	4.00	bln	Penyediaan Listrik Kerja	32,000,000
I	1.00	ls	Administrasi, As built drawing dan Dokumentasi	33,312,000
J	1.00	ls	Kisdam	26,412,439
				927,496,799
II.		II	PEKERJAAN PEMBONGKARAN	
L	19,749.38	m3	PEMBONGKARAN STRUKTUR BAJA	84,539,178.92
M	396.09	m3	PEMBONGKARAN PONDASI	73,861,029
N	6,499.84	m3	PENGGALIAN TANAH	323,111,050
				481,511,258
III.			PEKERJAAN HOISTING KOLOM	
O	1,652.78	m3	PEKERJAAN PONDASI HOISTING KOLOM	1,501,426,163.64
P	17,897.90	kg	PEKERJAAN STRUKTUR BAJA HOISTING KOLC	1,060,913,978
				2,562,340,142
IV.			PEKERJAAN PONDASI ENGSEL SHOE	
Q.	77.02	ton	PEKERJAAN PONDASI ENGSEL SHOE	2,142,571,983
				2,142,571,983
V.			PEKERJAAN PONDASI PROTEKTOR	
R	1,181.05	m3	PEKERJAAN PONDASI PROTEKTOR	981,833,456.40
S	9.00	bh	PEKERJAAN FENDER PROTEKTOR	498,508,207
				1,480,341,664
VI.			PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH	
T	95.95	m3	PEKERJAAN TANAH	12,866,139.59
U			PEKERJAAN STEEL SHEET PILE	925,542,165
V	27.71	m3	PEKERJAAN BETON BERTULANG K-300	81,910,828
				1,020,319,132
VII.			PEKERJAAN MOORING DOLPHIN (1 BUAH)	
W	18.00	m3	PEKERJAAN GALIAN & BETON BERTULANG	93,617,576.42
X	1.00	bh	PENGADAAN DAN PEMASANGAN BOLLARD 1	70,768,859
Y	1.00	bh	PENGADAAN DAN PEMASANGAN MEJA BOLL	19,209,355
				183,595,790
VIII.			PEKERJAAN KOLAM MB	
Z	207.22	m3	Pekerjaan Pembersihan Lumpur	13,121,139
A1	20.72	m3	Pekerjaan Lantai Kerja K-175	19,950,727
A2	82.89	m3	Pekerjaan Beton Betulang K-300	409,386,442
				442,458,309
IX.			PEKERJAAN MOVABLE BRIDGE	
A3	96,499.20	kg	PEKERJAAN PEMBONGKARAN	413,074,301
X			PEKERJAAN STRUKTUR BAJA	
A4	143,488.05		Pemasangan Struktur Baja	6,893,598,205
XI			PEKERJAAN PENNGECATAN	
A5	901.42	m2	Pengecatan Epoxy	66,342,322
A6	901.42	m2	Pengecatan Finishing Marine Paint	265,907,436
XII			FABRIKASI MB DAN ERECTION	832,074,741
A7	1.00	Ls	Pre - Install MB	66,157,555
A8	141,523.08	kg	Erection	622,069,100
A9	141,523.08	kg	Transportasi ke Site	143,848,086
				8,138,747,247
			Total	17,379,382,322
			Ppn 11%	1,911,732,055.43
			Total Biaya	19,291,114,377

(Sumber: Pengumpulan Data, 2022)

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Analisis Data dengan Metode CPM

Tika Syahdillah Daratu, 2022

OPTIMALISASI PENINGKATAN KAPASITAS DERMAGA PELABUHAN MERAK DENGAN METODE CPM, PERT, DAN TIME COST TRADE OFF OLEH PT. XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

4.2.1.1 Diagram Jaringan Kerja

Diagram jaringan kerja merupakan teknik pengurutan aktivitas kerja yang terdapat lintasan kegiatan serta dapat menentukan jalur kritis sebuah aktivitas. Dalam proyek peningkatan kapasitas dermaga pelabuhan merak ini diagram jaringan kerja diilustrasikan menggunakan perangkat lunak microsoft project yang terdapat pada **lampiran 1**. Dengan diagram jaringan kerja yang telah diilustrasikan menggunakan ms project, maka dapat diidentifikasi bahwa lintasan kritis berwarna merah sedangkan lintasan non kritis berwarna biru.

4.2.1.2 Hubungan Antar Kegiatan

Hubungan antar kegiatan dibutuhkan untuk mengetahui kegiatan sebelumnya dengan kegiatan berikutnya. Kegiatan sebelumnya atau pendahulu lebih dikenal dengan (Predecessor). Berikut adalah urutan kegiatan yang sesuai dengan jadwal pelaksanaan pada proyek peningkatan kapasitas dermaga pelabuhan merak.

Tabel 4. 2 Hubungan Antar Kegiatan Proyek Peningkatan Kapasitas Dermaga Pelabuhan Merak

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Start	Finish	Predecessors
I	Pekerjaan Persiapan	121	Mon 1/17/22	Tue 5/17/22	
A	Mobilisasi	7	Mon 1/17/22	Sun 1/23/22	-
B	Demobilisasi	2	Mon 5/16/22	Tue 5/17/22	C,G,H,I,J,A9
C	Pengukuran dan Positioning	121	Mon 1/17/22	Tue 5/17/22	A
D	Direksi Keet	7	Mon 1/24/22	Sun 1/30/22	A
E	Pagar Sementara	7	Mon 1/31/22	Sun 2/6/22	D
F	Barak kerja dan Gudang	7	Mon 2/7/22	Sun 2/13/22	E
G	Keamanan dan Keselamatan Kerja	121	Mon 1/17/22	Tue 5/17/22	C
H	Penyediaan air Bersih	121	Mon 1/17/22	Tue 5/17/22	C
I	Penyediaan Listrik Kerja	121	Mon 1/17/22	Tue 5/17/22	C
J	Administrasi, As built drawing dan Dokumentasi	121	Mon 1/17/22	Tue 5/17/22	C
K	Kisdam	21	Mon 2/21/22	Sun 3/13/22	O

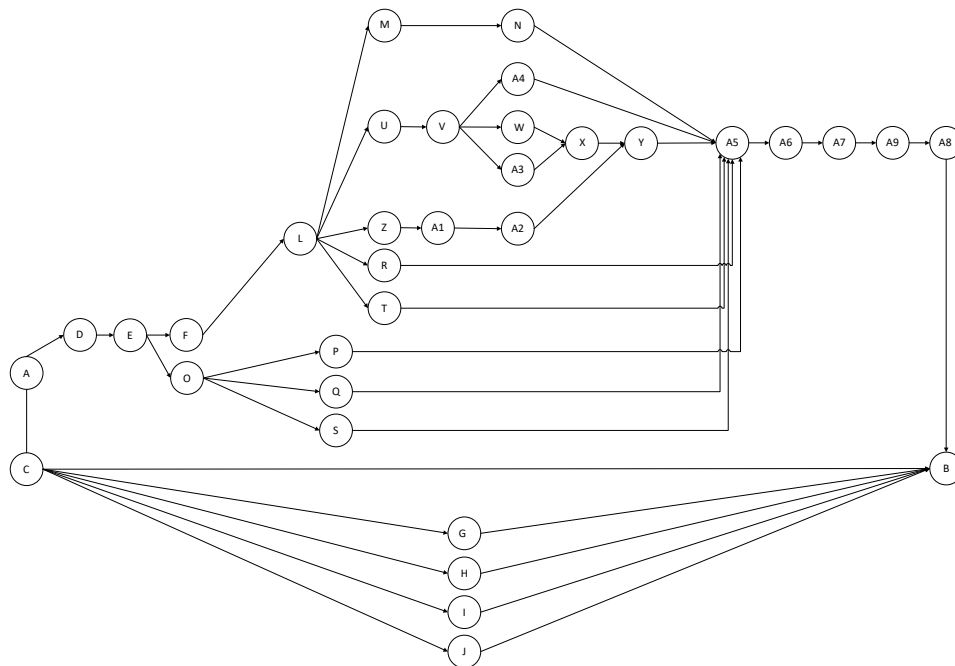
(Sumber : Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.2 Hubungan Antar Kegiatan Proyek Peningkatan Kapasitas Dermaga Pelabuhan Merak (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Start	Finish	Predecessors
II	Pekerjaan Pembongkaran	42	Mon 2/28/22	Sun 4/10/22	
L	Pembongkaran Struktur Baja	14	Mon 2/28/22	Sun 3/13/22	K
M	Pembongkaran Pondasi	21	Mon 3/7/22	Sun 3/27/22	L
N	Penggalian Tanah	21	Mon 3/21/22	Sun 4/10/22	M
III	Pekerjaan Hoisting Kolom	63	Mon 2/7/22	Sun 4/10/22	
O	Pekerjaan Pondasi Hoisting Kolom	56	Mon 2/7/22	Sun 4/3/22	F
P	Pekerjaan Struktur Baja Hoisting Kolom	14	Mon 3/28/22	Sun 4/10/22	O
IV	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	Mon 2/21/22	Sun 4/10/22	
Q	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	Mon 2/21/22	Sun 4/10/22	O
V	Pekerjaan Pondasi Protektor	63	Mon 2/21/22	Sun 4/24/22	
R	Pekerjaan Pondasi Protektor	49	Mon 2/28/22	Sun 4/17/22	L
S	Pekerjaan Fender Protektor	63	Mon 2/21/22	Sun 4/24/22	O
VI	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah	35	Mon 2/28/22	Sun/ 4/3/22	
T	Pekerjaan Tanah	21	Mon 3/14/22	Sun 4/3/22	L
U	Pekerjaan Steel Sheet Pile	14	Mon 2/28/22	Sun 3/13/22	L
V	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	14	Mon 3/7/22	Sun 3/20/22	U
VII	Pekerjaan Moring Dolphin (1 Buah)	14	Mon 3/21/22	Sun 4/3/22	
W	Pekerjaan Galian & Beton Bertulang	7	Mon 3/21/22	Sun 3/27/22	V
X	Pengadaan Dan Pemasangan Bollard 100 Ton	7	Mon 3/28/22	Sun 4/3/22	W,A3
Y	Pengadaan Dan Pemasangan Meja Bollard	7	Mon 3/28/22	Sun 4/3/22	X,A2
VIII	Pekerjaan Kolam MB	28	Mon 2/28/22	Sun 3/27/22	
Z	Pekerjaan Pembersihan Lumpur	14	Mon 2/28/22	Sun 3/13/22	L
A1	Pekerjaan Lantai Kerja K-175	7	Mon 3/14/22	Sun 3/20/22	Z
A2	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	7	Mon 3/21/22	Sun 3/27/22	A1
IX	Pekerjaan Moovable Bridge	7	Mon 3/14/22	Sun 3/20/22	
A3	Pekerjaan Pembongkaran	7	Mon 3/14/22	Sun 3/20/22	A1
X	Pekerjaan Stuktur Baja	28	Mon 3/7/22	Sun 4/3/22	
A4	Pemasangan Struktur Baja	28	Mon 3/7/22	Sun 4/3/22	V
XI	Pekerjaan Pengecatan	28	Mon 4/4/22	Sun 5/1/22	
A5	Pengecatan Epoxy	14	Mon 4/4/22	Sun 4/17/22	N,O,P,A4,Y,T,Q
A6	Pengecatan Finishing Marine Paint	14	Mon 4/18/22	Sun 5/1/22	R,S,A5
XII	FABRIKASI MB DAN ERECTION	40	Mon 4/18/22	Tue 5/17/22	
A7	Pre - Install MB	7	Mon 4/18/22	Sun 4/24/22	A6
A8	Erection	9	Mon 5/9/22	Tue 5/17/22	A9,A6
A9	Transportasi ke Site	7	Mon 4/25/22	Sun 5/1/22	A7

(Sumber: Pengumpulan Data, 2022)

Berikut ini dapat dilihat pula diagram hubungan kerja pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Gambar Hubungan Kerja
(Sumber: Pengumpulan Data, 2022)

4.2.1.3 Perhitungan Maju

Langkah pertama dalam metode CPM yaitu dengan melakukan perhitungan maju untuk mengidentifikasi lintasan kritis dengan rumus perhitungan $EF = ES + \text{durasi}$. Berikut hasil perhitungan maju terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 3 Perhitungan Maju

KODE	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (EF-ES)	KEGIATAN PENDAHULUAN	ES	EF
I	Pekerjaan Persiapan				
A	Mobilisasi	7	-	0	7
B	Demobilisasi	2	C,G,H,I,J,A9	119	121
C	Pengukuran dan Positioning	121	A	0	121
D	Direksi Keet	7	A	7	14
E	Pagar Sementara	7	D	14	21
F	Barak kerja dan Gudang	7	E	21	28
G	Keamanan dan Keselamatan Kerja	121	C	0	121
H	Penyediaan air Bersih	121	C	0	121
I	Penyediaan Listrik Kerja	121	C	0	121

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.3 Perhitungan Maju (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (EF-ES)	KEGIATAN PENDAHULUAN	ES	EF
J	Administrasi, As built drawing dan Dokumentasi	121	C	0	121
K	Kisdam	21	O	35	56
II	Pekerjaan Pembongkaran				
L	Pembongkaran Struktur Baja	14	K	42	56
M	Pembongkaran Pondasi	21	L	49	70
N	Penggalian Tanah	21	M	63	84
III	Pekerjaan Hoisting Kolom				
O	Pekerjaan Pondasi Hoisting Kolom	56	F	21	77
P	Pekerjaan Struktur Baja Hoisting Kolom	14	O	70	84
IV	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe				
Q	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	O	35	84
V	Pekerjaan Pondasi Protektor				
R	Pekerjaan Pondasi Protektor	49	L	42	91
S	Pekerjaan Fender Protektor	63	O	35	98
VI	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah				
T	Pekerjaan Tanah	21	L	56	77
U	Pekerjaan Steel Sheet Pile	14	L	42	56
V	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	14	U	49	63
VII	Pekerjaan Moring Dolphin (1 Buah)				
W	Pekerjaan Galian & Beton Bertulang	7	V	63	70
X	Pengadaan Dan Pemasangan Bollard 100 Ton	7	W,A3	70	77
Y	Pengadaan Dan Pemasangan Meja Bollard	7	X,A2	70	77
VIII	Pekerjaan Kolam MB				
Z	Pekerjaan Pembersihan Lumpur	14	L	42	56
A1	Pekerjaan Lantai Kerja K-175	7	Z	56	63
A2	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	7	A1	63	70
IX	Pekerjaan Moovable Bridge				
A3	Pekerjaan Pembongkaran	7	A1	56	63
X	Pekerjaan Stuktur Baja				
A4	Pemasangan Struktur Baja	28	V	49	77
XI	Pekerjaan Pengecatan				
A5	Pengecatan Epoxy	14	N,O,P,A4,Y,T,Q	77	91

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (EF-ES)	KEGIATAN PENDAHULUAN	ES	EF
A6	Pengecatan Finishing Marine Paint	14	R,S,A5	91	105
XII	FABRIKASI MB DAN ERECTION				
A7	Pre - Install MB	7	A6	91	98
A8	Erection	9	A9,A6	112	121
A9	Transportasi ke Site	7	A7	98	105

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

4.2.1.4 Perhitungan Mundur

Setelah melakukan perhitungan maju, untuk menentukan kegiatan kritis juga dilakukan perhitungan mundur dengan rumus perhitungan $LS = LF - \text{durasi}$. Berikut hasil perhitungan mundur terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 4 Perhitungan Mundur

KODE	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (LF-LS)	KEGIATAN PENDAHULUAN	LS	LF
I	Pekerjaan Persiapan				
A	Mobilisasi	7	-	0	7
B	Demobilisasi	2	C,G,H,I,J,A9	119	121
C	Pengukuran dan Positioning	121	A	0	121
D	Direksi Keet	7	A	7	14
E	Pagar Sementara	7	D	14	21
F	Barak kerja dan Gudang	7	E	21	28
G	Keamanan dan Keselamatan Kerja	121	C	0	121
H	Penyediaan air Bersih	121	C	0	121
I	Penyediaan Listrik Kerja	121	C	0	121
J	Administrasi, As built drawing dan Dokumentasi	121	C	0	121
K	Kisdam	21	O	35	56
II	Pekerjaan Pembongkaran				
L	Pembongkaran Struktur Baja	14	K	42	56
M	Pembongkaran Pondasi	21	L	49	70
N	Penggalian Tanah	21	M	63	84

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.4 Perhitungan Mundur (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (LF-LS)	KEGIATAN PENDAHULUAN	LS	LF
III	Pekerjaan Hoisting Kolom				
O	Pekerjaan Pondasi Hoisting Kolom	56	F	21	77
P	Pekerjaan Struktur Baja Hoisting Kolom	14	O	70	84
IV	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe				
Q	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	O	35	84
V	Pekerjaan Pondasi Protektor				
R	Pekerjaan Pondasi Protektor	49	L	42	91
S	Pekerjaan Fender Protektor	63	O	35	98
VI	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah				
T	Pekerjaan Tanah	21	L	56	77
U	Pekerjaan Steel Sheet Pile	14	L	86	100
V	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	15	U	93	108
VII	Pekerjaan Moring Dolphin (1 Buah)				
W	Pekerjaan Galian & Beton Bertulang	8	V	107	115
X	Pengadaan Dan Pemasangan Bollard 100 Ton	7	W,A3	114	121
Y	Pengadaan Dan Pemasangan Meja Bollard	7	X,A2	70	77
VIII	Pekerjaan Kolam MB				
Z	Pekerjaan Pembersihan Lumpur	14	L	42	56
A1	Pekerjaan Lantai Kerja K-175	7	Z	56	63
A2	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	7	A1	63	70
IX	Pekerjaan Moovable Bridge				
A3	Pekerjaan Pembongkaran	8	A1	107	115
X	Pekerjaan Stuktur Baja				
A4	Pemasangan Struktur Baja	28	V	49	77

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.4 Perhitungan Mundur (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (LF-LS)	KEGIATAN PENDAHULUAN	LS	LF
XI	Pekerjaan Pengecatan				
A5	Pengecatan Epoxy	14	N,O,P,A4,Y,T,Q	77	91
A6	Pengecatan Finishing Marine Paint	14	R,S,A5	91	105
XII	FABRIKASI MB DAN ERECTION				
A7	Pre - Install MB	7	A6	91	98
A8	Erection	9	A9,A6	112	121
A9	Transportasi ke Site	7	A7	98	105

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

4.2.1.5 Perhitungan Slack

Setelah melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur selanjutnya dilakukan perhitungan *slack*. *Slack* merupakan selisih antara waktu selesai paling akhir dan waktu selesai paling awal atau dapat dirumuskan yaitu $LS-ES$ atau $LF-EF$. Jika sebuah kegiatan memiliki nilai $slack = 0$, maka kegiatan tersebut merupakan lintasan kritis. Berikut ini merupakan tabel perhitungan nilai *slack*:

Tabel 4.5 Perhitungan Slack

KODE	Waktu (Hari)	Predecessors	ES	EF	LS	LF	LS-ES	LF-EF	Slack
I									
A	7	-	0	7	0	7	0	0	Kritis
B	2	C,G,H,I,J,A9	119	121	119	121	0	0	Kritis
C	121	A	0	121	0	121	0	0	Kritis
D	7	A	7	14	7	14	0	0	Kritis
E	7	D	14	21	14	21	0	0	Kritis
F	7	E	21	28	21	28	0	0	Kritis
G	121	C	0	121	0	121	0	0	Kritis
H	121	C	0	121	0	121	0	0	Kritis
I	121	C	0	121	0	121	0	0	Kritis
J	121	C	0	121	0	121	0	0	Kritis
K	21	O	35	56	35	56	0	0	Kritis

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.5 Perhitungan *Slack* (lanjutan)

KODE	Waktu (Hari)	Predecessors	ES	EF	LS	LF	LS-ES	LF-EF	Slack
II									
L	14	K	42	56	42	56	0	0	Kritis
M	21	L	49	70	49	70	0	0	Kritis
N	21	M	63	84	63	84	0	0	Kritis
III									
O	56	F	21	77	21	77	0	0	Kritis
P	14	O	70	84	70	84	0	0	Kritis
IV									
Q	49	O	35	84	35	84	0	0	Kritis
V									
R	49	L	42	91	42	91	0	0	Kritis
S	63	O	35	98	35	98	0	0	Kritis
VI									
T	21	L	56	77	56	77	0	0	Kritis
U	14	L	42	56	86	100	44	44	Tidak Kritis
V	14	U	49	63	93	108	44	45	Tidak Kritis
VII									
W	7	V	63	70	107	115	44	45	Tidak Kritis
X	7	W,A3	70	77	114	121	44	44	Tidak Kritis
Y	7	X,A2	70	77	70	77	0	0	Kritis
VIII									
Z	14	L	42	56	42	56	0	0	Kritis
A1	7	Z	56	63	56	63	0	0	Kritis
A2	7	A1	63	70	63	70	0	0	Kritis
IX	7								
A3	7	A1	56	63	107	115	51	52	Tidak Kritis
X									
A4	28	V	49	77	49	77	0	0	Kritis
XI									
A5	14	N,O,P,A4,Y,T,Q	77	91	77	91	0	0	Kritis

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.5 Perhitungan *Slack* (lanjutan)

KODE	Waktu (Hari)	Predecessors	ES	EF	LS	LF	LS-ES	LF-EF	Slack
A6	14	R,S,A5	91	105	91	105	0	0	Kritis
XII									
A7	7	A6	91	98	91	98	0	0	Kritis
A8	9	A9,A6	112	121	112	121	0	0	Kritis
A9	7	A7	98	105	98	105	0	0	Kritis

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Hasil dari perhitungan slack pada tabel di atas menunjukkan lintasan kritis terdapat pada kegiatan dengan kode A, B, C, G, H, I, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, Y, Z, A1, A2, A4, A5, A6, A7, A8, dan A9.

4.2.2 Analisis Data dengan Metode PERT

Metode PERT digunakan untuk mengetahui peluang keberhasilan penyelesaian proyek dengan menggunakan tiga perkiraan waktu, yaitu waktu optimis (a), waktu optimal (m), dan waktu pesimis (b). Berikut ini merupakan tabel perhitungan PERT:

Tabel 4. 6 Perhitungan PERT

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu Optimis (a)	Waktu Normal (m)	Waktu Pesimis (b)	Perkiraan Waktu Aktivitas $(a+4m+b)/6$ (te)	Varians $((b-a)/6)^2$ (V)
I	Pekerjaan Persiapan					
A	Mobilisasi	6	7	7	6.833	0.028
B	Demobilisasi	2	2	3	2.167	0.028
C	Pengukuran dan Positioning	119	121	123	121	0.444
D	Direksi Keet	6	7	8	7	0.111
E	Pagar Sementara	6	7	8	7	0.111
F	Barak kerja dan Gudang	6	7	8	7	0.111
G	Keamanan dan Keselamatan Kerja	119	121	122	120.833	0.250

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.6 Perhitungan PERT (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu Optimis (a)	Waktu Normal (m)	Waktu Pesimis (b)	Perkiraan Waktu Aktivitas $(a+4m+b)/6$ (te)	Varians $((b-a)/6)^2$ (V)
H	Penyediaan air Bersih	119	121	122	120.833	0.250
I	Penyediaan Listrik Kerja	119	121	122	120.833	0.250
J	Administrasi, As built drawing dan Dokumentasi	119	121	122	120.833	0.250
K	Kisdam	20	21	22	21	0.111
II	Pekerjaan Pembongkaran					
L	Pembongkaran Struktur Baja	14	14	16	14.333	0.111
M	Pembongkaran Pondasi	20	21	22	21	0.111
N	Penggalian Tanah	20	21	22	21	0.111
III	Pekerjaan Hoisting Kolom					
O	Pekerjaan Pondasi Hoisting Kolom	55	56	58	56.167	0.250
P	Pekerjaan Struktur Baja Hoisting Kolom	13	14	16	14.167	0.250
IV	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe					
Q	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	49	50	49.167	0.028
V	Pekerjaan Pondasi Protektor					
R	Pekerjaan Pondasi Protektor	49	49	50	49.167	0.028
S	Pekerjaan Fender Protektor	62	63	63	62.833	0.028
VI	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah					
T	Pekerjaan Tanah	21	21	23	21.333	0.111

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.6 Perhitungan PERT (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu Optimis (a)	Waktu Normal (m)	Waktu Pesimis (b)	Perkiraan Waktu Aktivitas $(a+4m+b)/6$ (te)	Varians $((b-a)/6)^2$ (V)
U	Pekerjaan Steel Sheet Pile	13	14	14	13.833	0.028
V	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	14	14	16	14.333	0.111
VII	Pekerjaan Moring Dolphin (1 Buah)					
W	Pekerjaan Galian & Beton Bertulang	7	7	8	7.167	0.028
X	Pengadaan Dan Pemasangan Bollard 100 Ton	6	7	7	6.833	0.028
Y	Pengadaan Dan Pemasangan Meja Bollard	6	7	7	6.833	0.028
VIII	Pekerjaan Kolam MB					
Z	Pekerjaan Pembersihan Lumpur	14	14	15	14.167	0.028
A1	Pekerjaan Lantai Kerja K-175	6	7	7	6.833	0.028
A2	Pekerjaan Beton Bertulang K-300	7	7	8	7.167	0.028
IX	Pekerjaan Moovable Bridge					
A3	Pekerjaan Pembongkaran	14	14	16	14.333	0.111
X	Pekerjaan Stuktur Baja					
A4	Pemasangan Struktur Baja	28	28	30	28.333	0.111
XI	Pekerjaan Pengecatan					
A5	Pengecatan Epoxy	13	14	15	14	0.111
A6	Pengecatan Finishing Marine Paint	13	14	15	14	0.111

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.6 Perhitungan PERT (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu Optimis (a)	Waktu Normal (m)	Waktu Pesimis (b)	Perkiraan Waktu Aktivitas (a+4m+b)/6 (te)	Varians ((b-a)/6) ² (V)
XII	FABRIKASI MB DAN ERECTION					
A7	Pre - Install MB	7	7	8	7.167	0.028
A8	Erection	6	7	8	7	0.111
A9	Transportasi ke Site	6	7	8	7	0.111
						3.972

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Contoh perhitungan perkiraan waktu aktivitas (Te) dan varian (V) pada Aktivitas A.

- Perkiraan waktu aktivitas (Te)

$$Te = \frac{\text{Waktu Optimis} + 4(\text{Waktu Normal}) + \text{Waktu Pesimis}}{6} \dots\dots\dots(1)$$

$$Te = \frac{6 + 4 \cdot 7 + 8}{6} = 6,833$$

- Varians Aktivitas (V)

$$V = \left[\frac{(\text{waktu pesimis} - \text{waktu optimis})}{6} \right]^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$V = \left[\frac{(8-6)}{6} \right]^2 = 0,028$$

Adapun rumus perhitungan untuk mengetahui probabilitas penyelesaian proyek (z) adalah sebagai berikut:

- $\sum \text{Varians} = 3,972$

- $Sd = \sqrt{\sum \text{Varians}} \dots\dots\dots (4)$
 $= \sqrt{3,972} = 1,993$

- $Z = \frac{T(d) - TE}{\text{Standart Deviasi}} \dots\dots\dots (5)$
 $= \frac{121 - 119,5}{1,993} = \frac{1,5}{1,993} = 0,752$

Dari hasil perhitungan probabilitas penyelesaian proyek (z) didapatkan hasil senilai 0,752. Jika merujuk pada tabel z distribusi normal, maka didapatkan peluang sebesar 0,7734 yang artinya dapat disimpulkan bahwa

probabilitas tingkat keberhasilan proyek peningkatan kapasitas dermaga pelabuhan merak sebesar 77,34% untuk dapat selesai tepat waktu.

4.2.3 Analisis Data dengan Metode Crashing

4.2.3.1 Perhitungan Crash Duration dengan alternatif 1 jam kerja lembur

Berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP 102/MEN/VI/2004 pasal 3 yaitu waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 jam dalam 1 hari dan 14 jam dalam 1 minggu (Pratama et al., 2019). Maka dari itu, dalam penambahan jam kerja lembur perlu mempertimbangkan produktivitas pekerja. Untuk produktivitas penambahan jam kerja lembur 1 jam diasumsikan senilai 90%, dengan kemungkinan terjadinya penurunan produktivitas adalah kapasitas pekerja, cuaca yang tidak stabil, dan sumber penerangan pada malam hari (Pratama et al., 2019).

Berikut merupakan hasil perhitungan crash duration pekerjaan sisa 30% dengan penambahan 1 jam kerja lembur:

Tabel 4. 7 Perhitungan Crash Duration dengan alternatif 1 jam kerja lembur

JAM KERJA LEMBUR									
KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Volume	Produktivitas/hari	Produktivitas / jam	Produktivitas jam lembur	Produktivitas harian percepatan	Durasi Percepatan (hari)	Selisih Percepatan
II	Pekerjaan Pembongkaran								
N	Penggalian Tanah	21	6499.84	309.52	44.22	39.79	349.31	19	2

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.7 Perhitungan *Crash Duration* dengan alternatif 1 jam kerja lembur (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Volume	Produktivitas/hari	Produktivitas / jam	Produktivitas jam lembur	Produktivitas harian percepatan	Durasi Percepatan (hari)	Selisih Percepatan
III	Pekerjaan Hoisting Kolom								
O	Pekerjaan Pondasi Hoisting Kolom	56	1652.78	29.51	4.22	3.79	33.31	50	6
P	Pekerjaan Struktur Baja Hoisting Kolom	14	54,410	3886.40	555.20	499.68	4386.08	12	2
IV	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe								
Q	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	2266.46	46.25	6.61	5.95	52.20	43	6
V	Pekerjaan Pondasi Protektor								
R	Pekerjaan Pondasi Protektor	49	1181.05	24.10	3.44	3.10	27.20	43	6
S	Pekerjaan Fender Protektor	63	9	0.14	0.02	0.02	0.16	56	7
VI	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah								
T	Pekerjaan Tanah	21	95.95	4.57	0.65	0.59	5.16	19	2
Y	Pengadaan Dan Pemasangan Meja Bollard	7	1	0.14	0.02	0.02	0.16	6	1
VIII	Pekerjaan Kolam MB								
A4	Pemasangan Struktur Baja	28	143488	5124.57	732.08	658.87	5783.45	25	3
XI	Pekerjaan Pengecatan								
A5	Pengecatan Epoxy	14	901.42	64.39	9.20	8.28	72.67	12	2
A6	Pengecatan Finishing Marine Paint	14	901.42	64.39	9.20	8.28	72.67	12	2

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.7 Perhitungan *Crash Duration* dengan alternatif 1 jam kerja lembur (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Volume	Produktivitas/hari	Produktivitas / jam	Produktivitas jam lembur	Produktivitas harian percepatan	Durasi Percepatan (hari)	Selisih Percepatan
XII	FABRIKASI MB DAN ERECTION								
A7	Pre - Install MB	7	1	0.14	0.02	0.02	0.16	6	1
A8	Erection	9	141523	15724.79	2246.40	2021.76	17746.54	8	1
A9	Transportasi ke Site	7	141523	20217.58	2888.23	2599.40	22816.99	6	1
								Total <i>Crash Duration</i>	15

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Contoh perhitungan *crash duration* penambahan 1 jam kerja lembur pada kode N yaitu aktivitas Penggalian tanah :

a. Volume pekerjaan = 6.499,64 m³

b. Durasi normal = 21 hari

c. Produktivitas/hari = $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$
 $= \frac{6.499,64}{21}$
 $= 309,52 \text{ m}^3/\text{hari}$

d. Produktivitas/jam = $\frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Normal}}$
 $= \frac{309,52}{7 \text{ jam}}$
 $= 44,22 \text{ /jam}$

e. Produktivitas jam lembur = Penambahan jam lembur × Produktivitas/Jam
 × koefisien produktivitas pekerja jam lembur
 $= 1 \text{ jam} \times \text{produktivitas/jam normal} \times 0,9$
 $= 1 \times 44,22 \times 0,90$
 $= 39,79 \text{ /hari}$

f. Produktivitas harian percepatan = Produktivitas/hari + Produktivitas jam lembur
 $= 309,52 + 39,79$

$$= 349,31/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{g. Durasi Percepatan} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Setelah Crashing}} \\ &= \frac{6499,64}{349,31} \\ &= 18,60 \approx 19 \text{ hari} \end{aligned}$$

Hasil dari *crash duration* pada kode N pekerjaan penggalian tanah menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut dapat dipercepat dari durasi normal 21 hari menjadi 19 hari dengan menggunakan penambahan 1 jam kerja lembur.

4.2.3.2 Perhitungan Crash Duration dengan alternatif 2 jam kerja lembur

Untuk produktivitas penambahan jam kerja lembur 2 jam diasumsikan senilai 80%, dengan kemungkinan terjadinya penurunan produktivitas adalah kapasitas pekerja, cuaca yang tidak stabil, dan sumber penerangan pada malam hari (Pratama et al., 2019). Berikut merupakan hasil perhitungan crash duration pekerjaan sisa 30% dengan penambahan 2 jam kerja lembur:

Tabel 4. 8 Perhitungan Crash Duration dengan alternatif 2 jam kerja lembur

JAM KERJA LEMBUR									
KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Volume	Produktivitas/hari	Produktivitas / jam	Produktivitas jam lembur	Produktivitas harian percepatan	Durasi Percepatan (hari)	Selisih Percepatan
II	Pekerjaan Pembongkaran								
N	Penggalian Tanah	21	6499.84	309.52	44.217	70.75	380.26	17	4
III	Pekerjaan Hoisting Kolom								
O	Pekerjaan Pondasi Hoisting Kolom	56	1652.78	29.51	4.216	6.75	36.26	46	10

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tabel 4.8 Perhitungan *Crash Duration* dengan alternatif 2 jam kerja lembur (lanjutan)

KODE	URAIAN PEKERJAAN	Waktu (Hari)	Volume	Produktivitas/hari	Produktivitas / jam	Produktivitas jam lembur	Produktivitas harian percepatan	Durasi Percepatan (hari)	Selisih Percepatan
IV	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe								
Q	Pekerjaan Pondasi Engsel Shoe	49	2266.46	46.25	6.608	10.57	56.83	40	9
V	Pekerjaan Pondasi Protektor								
R	Pekerjaan Pondasi Protektor	49	1181.05	24.10	3.443	5.51	29.61	40	9
S	Pekerjaan Fender Protektor	63	9	0.14	0.020	0.03	0.18	51	12
VI	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah								
T	Pekerjaan Tanah	21	95.95	4.57	0.653	1.04	5.61	17	4
Y	Pengadaan Dan Pemasangan Meja Bollard	7	1	0.14	0.020	0.03	0.18	6	1
VIII	Pekerjaan Kolam MB								
A4	Pemasangan Struktur Baja	28	143488.1	5124.57	732.082	1171.33	6295.90	23	5
XI	Pekerjaan Pengecatan								
A5	Pengecatan Epoxy	14	901.42	64.39	9.198	14.72	79.10	11	3
A6	Pengecatan Finishing Marine Paint	14	901.42	64.39	9.198	14.72	79.10	11	3
XII	FABRIKASI MB DAN ERECTION								
A7	Pre - Install MB	7	1	0.14	0.020	0.03	0.18	6	1
A8	Erection	9	141523.1	15724.79	2246.398	3594.24	19319.02	7	2
A9	Transportasi ke Site	7	141523.1	20217.58	2888.226	4621.16	24838.74	6	1
								Total Crash Duration	36

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Tika Syahdillah Daratu, 2022

OPTIMALISASI PENINGKATAN KAPASITAS DERMAGA PELABUHAN MERAK DENGAN METODE CPM, PERT, DAN TIME COST TRADE OFF OLEH PT. XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

Contoh perhitungan *crash duration* penambahan 2 jam kerja lembur pada kode N yaitu aktivitas Penggalian tanah :

a. Volume pekerjaan = 6.499,64 m³

b. Durasi normal = 21 hari

$$\begin{aligned} \text{c. Produktivitas/hari} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \\ &= \frac{6.499,64}{21} \\ &= 309,52 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Produktivitas/jam} &= \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Normal}} \\ &= \frac{309,52}{7 \text{ jam}} \\ &= 44,22 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Produktivitas jam lembur} &= \text{Penambahan jam lembur} \times \text{Produktivitas/Jam} \\ &\quad \times \text{koefisien produktivitas pekerja jam lembur} \\ &= 1 \text{ jam} \times \text{produktivitas/jam normal} \times 0,8 \\ &= 1 \times 44,22 \times 0,8 \\ &= 70,74 \text{ /hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Produktivitas harian percepatan} &= \text{Produktivitas/hari} + \text{Produktivitas} \\ &\quad \text{jam lembur} \\ &= 309,52 + 70,74 \\ &= 380,263 \text{ /hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. Durasi Percepatan} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Setelah Crashing}} \\ &= \frac{6499,64}{349,31} \\ &= 17,09 \approx 17 \text{ hari} \end{aligned}$$

Hasil dari *crash duration* pada kode N pekerjaan penggalian tanah menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut dapat dipercepat dari durasi normal 21 hari menjadi 17 hari dengan menggunakan penambahan 2 jam kerja lembur.

4.2.3.3 Perhitungan Crash Cost dengan penambahan 1 jam kerja lembur

Berikut ini merupakan perhitungan dari *crash cost* dengan penambahan 1 jam kerja lembur :

Tabel 4. 9 Perhitungan *Crash Cost* dengan penambahan 1 jam kerja lembur

COST SLOPE JAM KERJA LEMBUR								
KODE	Waktu (Hari)	Durasi Percepatan (hari)	Volume	Upah Normal/hari	Upah Lembur/hari	Total Upah/hari	Upah Percepatan	Upah Normal
N	21	19	6499.84	Rp 1.538,624.05	Rp 288,492.01	Rp 1,827,116.06	Rp 33,998,235.51	Rp 32,311,105.02
O	56	50	1652.78	Rp 2,681,118.15	Rp 502,709.65	Rp 3,183,827.80	Rp 157,982,341.59	Rp 150,142,616.36
P	14	12	54.410	Rp 7,577,956.99	Rp 1,420,866.93	Rp 8,998,823.92	Rp 111,630,980.28	Rp 106,091,397.80
Q	49	43	2266.46	Rp 4,372,595.88	Rp 819,861.73	Rp 5,192,457.61	Rp 225,444,678.54	Rp 214,257,198.25
R	49	43	1181.05	Rp 2,003,741.75	Rp 375,701.58	Rp 2,379,443.33	Rp 103,310,007.67	Rp 98,183,345.64
S	63	56	9	Rp 791,282.87	Rp 148,365.54	Rp 939,648.41	Rp 52,453,790.78	Rp 49,850,820.72
T	21	19	95.95	Rp 61,267.33	Rp 11,487.62	Rp 72,754.96	Rp 1,353,794.75	Rp 1,286,613.96
Y	7	6	1	Rp 274,419.36	Rp 51,453.63	Rp 325,872.99	Rp 2,021,237.51	Rp 1,920,935.50
A4	28	25	143488.1	Rp 24,619,993.59	Rp 4,616,248.80	Rp 29,236,242.39	Rp 725,354,874.37	Rp 689,359,820.45
A5	14	12	901.42	Rp 473,873.73	Rp 88,851.32	Rp 562,725.05	Rp 6,980,639.88	Rp 6,634,232.19
A6	14	12	901.42	Rp 1,899,338.83	Rp 356,126.03	Rp 2,255,464.86	Rp 27,979,184.30	Rp 26,590,743.57
A7	7	6	1	Rp 945,107.93	Rp 177,207.74	Rp 1,122,315.67	Rp 6,733,894.01	Rp 6,615,755.51
A8	9	8	141523.1	Rp 6,911,878.89	Rp 1,295,977.29	Rp 8,207,856.18	Rp 65,662,849.44	Rp 62,206,910.00
A9	7	6	141523.1	Rp 2,054,972.65	Rp 385,307.37	Rp 2,440,280.03	Rp 14,641,680.15	Rp 14,384,808.57

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Contoh perhitungan *crash cost* pada kode N pekerjaan penggalian tanah:

- a. Upah normal/hari = Rp 1.538.634,05
- b. Upah lembur/hari = Rp 288.492,01
- c. *Cost* upah/hari = a + b
= Rp 1.538.634,05 + Rp 288.492,01
= Rp 1.827.116,06
- d. *Crash duration* = 19 hari
- e. *Crash cost* = d x c
= 19 hari x Rp 1.827.116,06
= Rp 33.998.235,51
- f. Durasi normal = 21 hari
- g. Normal *cost* = f x a
= 21 hari x Rp 1.538.634,05
= Rp 32.311.105,02

Hasil dari *crash cost* pada kode N menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut mengalami penambahan biaya dari Rp 32.311.105,02 menjadi Rp 33.998.235,51 bila dipercepat dengan penambahan 1 jam kerja lembur.

4.2.3.4 Perhitungan Crash Cost dengan penambahan 2 jam kerja lembur

Berikut ini merupakan perhitungan dari *crash cost* dengan penambahan 2 jam kerja lembur :

Tabel 4. 10 Perhitungan Crash Cost dengan penambahan 2 jam kerja lembur

COST SLOPE JAM KERJA LEMBUR								
KODE	Waktu (Hari)	Durasi Percepatan (hari)	Volume	Upah Normal/hari	Upah Lembur/hari	Total Upah/hari	Upah Percepatan	Upah Normal
N	21	17	6499.84	Rp 1,538,624.05	Rp 673,148.02	Rp 2,211,772.07	Rp 37,600,125.19	Rp 32,311,105.02
O	56	46	1652.78	Rp 2,681,118.15	Rp 1,172,989.19	Rp 3,854,107.34	Rp 177,288,937.63	Rp 150,142,616.36
P	14	11	54,410	Rp 7,577,956.99	Rp 3,315,356.18	Rp 10,893,313.17	Rp 119,826,444.84	Rp 106,091,397.80
Q	49	40	2266.46	Rp 4,372,595.88	Rp 1,913,010.70	Rp 6,285,606.58	Rp 251,424,263.26	Rp 214,257,198.25
R	49	40	1181.05	Rp 2,003,741.75	Rp 876,637.01	Rp 2,880,378.76	Rp 115,215,150.50	Rp 98,183,345.64
S	63	51	9	Rp 791,282.87	Rp 346,186.25	Rp 1,137,469.12	Rp 58,010,925.30	Rp 49,850,820.72
T	21	17	95.95	Rp 61,267.33	Rp 26,804.46	Rp 88,071.79	Rp 1,497,220.41	Rp 1,286,613.96
Y	7	6	1	Rp 274,419.36	Rp 120,058.47	Rp 394,477.83	Rp 2,446,761.20	Rp 1,920,935.50
A4	28	23	143488.1	Rp 24,619,993.59	Rp 10,771,247.19	Rp 35,391,240.78	Rp 813,998,537.99	Rp 689,359,820.45
A5	14	11	901.42	Rp 473,873.73	Rp 207,319.76	Rp 681,193.48	Rp 7,493,128.32	Rp 6,634,232.19
A6	14	11	901.42	Rp 1,899,338.83	Rp 830,960.74	Rp 2,730,299.56	Rp 30,033,295.19	Rp 26,590,743.57
A7	7	6	1	Rp 945,107.93	Rp 413,484.72	Rp 1,358,592.65	Rp 8,151,555.90	Rp 6,615,755.51
A8	9	7	141523.1	Rp 6,911,878.89	Rp 3,023,947.01	Rp 9,935,825.90	Rp 69,550,781.32	Rp 62,206,910.00
A9	7	6	141523.1	Rp 2,054,972.65	Rp 899,050.54	Rp 2,954,023.19	Rp 17,724,139.13	Rp 14,384,808.57

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Contoh perhitungan *crash cost* pada kode N pekerjaan penggalian tanah:

- a. Upah normal/hari = Rp 1.538.634,05
- b. Upah lembur/hari = Rp 673.148,02
- c. *Cost* upah/hari = a + b
= Rp 1.538.634,05 + Rp 673.148,02
= Rp 221.772,07
- d. *Crash duration* = 17 hari
- e. *Crash cost* = d x c
= 17 hari x Rp 221.772,07
= Rp 37.600.125,09
- f. Durasi normal = 21 hari
- g. Normal *cost* = f x a
= 21 hari x Rp 1.538.634,05
= Rp 32.311.105,02

Hasil dari *crash cost* pada kode N menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut mengalami penambahan biaya dari Rp

32.311.105,02 menjadi Rp 37.600.125,09 bila dipercepat dengan penambahan 2 jam kerja lembur.

4.2.3.5 Perhitungan Cost Slope untuk Penambahan 1 Jam Kerja Lembur

Dalam metode pertukaran waktu dan biaya, hasil perhitungan *cost slope* dibutuhkan untuk dijadikan perbandingan dalam memilih pekerjaan yang akan dipercepat. Berikut perhitungan *cost slope* untuk penambahan 1 jam kerja lembur di lintasan kritis:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\text{Crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal time} - \text{crash time}} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.535.548.188 - \text{Rp } 1.459.836.303}{49 - 15} \\ &= \text{Rp } 2,226,820.15 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *slope* untuk penambahan 1 jam kerja lembur dalam sehari akan mengalami penambahan biaya sebesar Rp 2.226.820.15 dipekerjaan yg di *crash*.

4.2.3.6 Perhitungan Cost Slope untuk Penambahan 2 Jam Kerja Lembur

Berikut perhitungan *cost slope* untuk penambahan 2 jam kerja lembur di lintasan kritis:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\text{Crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal time} - \text{crash time}} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.710.261.266,07 - \text{Rp } 1.459.836.303,05}{49 - 25} \\ &= \text{Rp } 10,434,373.44 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *slope* untuk penambahan 2 jam kerja lembur dalam sehari akan mengalami penambahan biaya sebesar Rp 10.434.373.44 dipekerjaan yg di *crash*.

4.2.4 Analisis Time Cost Trade Off

Analisis percepatan waktu dan biaya dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara waktu dan biaya jika dilakukan penambahan 1 jam kerja lembur dan 2 jam kerja lembur. Adapun variabel yang dibandingkan adalah total biaya. Hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 11 Perbandingan Waktu dan Biaya

	Kegiatan	Waktu (hari)	Biaya
1	Normal	49	Rp14.598.363.036
2	Alternatif 1 jam Kerja Lembur	34	Rp14.674.074.921
3	Alternatif 2 jam Kerja Lembur	24	Rp14.848.787.998

Berdasarkan perbandingan tabel diatas dapat diketahui bahwa untuk alternatif penambahan 1 jam kerja lembur memangkas waktu yang cukup singkat yaitu hanya sebesar 15 hari, sedangkan untuk alternatif penambahan 2 jam kerja lembur memangkas waktu yang relatif sedikit lebih banyak yaitu 25 hari dengan selisih biaya yang dikeluarkan tidak terlalu jauh. Maka, alternatif yang disarankan yaitu penambahan 2 jam kerja lembur dengan biaya yang dikeluarkan sangat optimum dan waktu yang dipangkas cukup efisien.

4.2.5 Perbandingan Kurva S

Setelah melakukan analisis *time cost trade off*, dapat diperoleh perbandingan kurva s antara perencanaan dengan kurva s *crashing* dengan menggunakan pertukaran waktu dan biaya. Berikut dapat dilihat kurva s perencana (**Lampiran**) dan dapat dilihat juga pada kurva s *crashing* (**Lampiran**). Dapat dilihat perbedaan yang cukup signifikan antara kurva s perencana yang berwarna biru terhadap kurva s *crashing* yang berwarna merah sehingga dapat dikatakan bahwa pertukaran waktu dan biaya pada proyek peningkatan kapasitas dermaga pelabuhan merak berpengaruh terhadap biaya proyek dan waktu penyelesaian proyek.