

## ANALISIS WAKTU DAN BIAYA PERCEPATAN PROYEK BERDASARKAN WAKTU LEMBUR

Maritza Hayfa Maulidiani Haris<sup>1</sup> dan Henny Wiyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*maritza.325180150@stu.untar.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*hennyw.ft@untar.ac.id*

Masuk: 19-07-2022, revisi: 16-08-2022, diterima untuk diterbitkan: 24-08-2022

### ABSTRACT

*Construction projects in the execution process sometimes do not always go according to plan which can cause delays. Project schedule delays can result to the failure of a project. To overcome delays, project crashing can be carried out. Project crashing is not only seen from the time side, but also from the cost side. Costs incurred may increase due to schedule crashing. This study uses the project crashing method with 3 alternatives, which are, adding overtime by 1 hour, 2 hours, and overtime by 3 hours, as well as comparing the percentage increase in cost and decrease in duration for the three alternatives. The results showed that alternative 1 had a cost increase of 10,94% and a duration decrease of 1,23%, alternative 2 had a cost increase of 25,53% and a duration decrease of 4,76%, and alternative 3 had a cost increase of 32,82% and a duration decrease of 10,11%.*

*Keywords: alternatives; cost increase; duration decrease; overtime; project crashing*

### ABSTRAK

Proyek konstruksi pada proses pelaksanaannya terkadang tidak selalu sesuai perencanaannya sehingga dapat terjadi adanya keterlambatan. Keterlambatan jadwal proyek dapat menyebabkan kegagalan suatu proyek sehingga untuk mengatasi keterlambatan dapat dilakukan percepatan proyek. Percepatan proyek tidak hanya melihat dari sisi waktu, tetapi juga dari sisi biaya. Biaya yang dikeluarkan dapat meningkat akibat percepatan jadwal. Penelitian ini menggunakan metode *project crashing* dengan 3 alternatif yaitu, penambahan waktu lembur dengan 1 jam, penambahan waktu lembur dengan 2 jam, dan terakhir penambahan waktu lembur dengan 3 jam dan membandingkan persentase peningkatan biaya dan penurunan durasi untuk ketiga alternatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alternatif 1 mempunyai peningkatan biaya sebesar 10,94% dan penurunan durasi sebesar 1,23%, alternatif 2 mempunyai peningkatan biaya sebesar 25,53% dan penurunan durasi sebesar 4,76%, serta alternatif 3 mempunyai peningkatan biaya sebesar 32,82% dan penurunan durasi sebesar 10,11%.

Kata kunci: alternatif; percepatan proyek; peningkatan biaya; penurunan durasi; waktu lembur

### 1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi pada proses pelaksanaannya terkadang tidak selalu sesuai perencanaannya sehingga dapat terjadi adanya keterlambatan. Keterlambatan pengerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya, namun harus tetap memperhatikan faktor biaya (Arvianto et al., 2017).

Menurut Priyo et al. (2018) keberhasilan dan kegagalan suatu proyek dipengaruhi oleh waktu serta biaya. Keduanya dijadikan tolak ukur keberhasilan suatu proyek dan terlihat pada waktu penyelesaian yang singkat, biaya minimal, tetapi mutu yang dihasilkan tetap sesuai direncanakan. Untuk percepatan penjadwalan, ada beberapa macam cara, salah satunya adalah *project crashing*.

Menurut Taylor (2013), *project crashing* adalah metode untuk mempercepat durasi proyek dengan mengurangi waktu dari salah satu atau lebih waktu kritis proyek.

*Project crashing* tidak hanya mempercepat durasi penjadwalan proyek tetapi juga meningkatkan biaya yang disebabkan dari *crashing* atau percepatan yang terjadi. Mengingat waktu penyelesaian proyek hanya dapat dipersingkat dengan *crashing*, sehingga tidak semua pekerjaan tidak terkena *crashing*. Namun karena adanya *crashing* pada pekerjaan, jalur kritis dapat berubah sehingga diperlukan *crashing* pada pekerjaan yang sebelumnya non-kritis untuk dapat mengurangkan waktu proyek (Taylor, 2013).

Percepatan proyek telah dilakukan sebelumnya dengan berbagai strategi, seperti penambahan waktu lembur, penambahan tenaga kerja, dan penambahan alat. Penelitian-penelitian sebelumnya lebih mencari waktu dan biaya optimal dengan perbandingan strategi-strategi seperti yang disebut sebelumnya. Hasil penelitian yang didapat adalah penambahan tenaga kerja lebih teroptimasi untuk biaya dan waktu (Priyo & Paridi, 2018). Adapun strategi dimana penambahan alat dan tenaga kerja digabung dan dibandingkan dengan penambahan waktu lembur untuk percepatan proyek, dan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan tenaga kerja dan alat lebih baik dari segi biaya dan waktu (Priyo & Sudiro, 2017), namun terbukti juga penambahan waktu lembur dapat dikombinasikan dengan penambahan tenaga kerja untuk percepatan merupakan strategi yang baik (Reynaldi & Sutandi, 2022).

Penelitian ini merupakan studi kasus percepatan pada proyek konstruksi rumah tinggal 7 lantai di Kawasan Banten dengan 3 alternatif waktu lembur berupa penambahan waktu lembur dengan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam serta perbandingan biaya dan waktu akibat percepatan tersebut. Penelitian ini mempunyai tujuan agar dapat menentukan alternatif percepatan dari ketiga waktu lembur dari segi biaya maupun waktu.

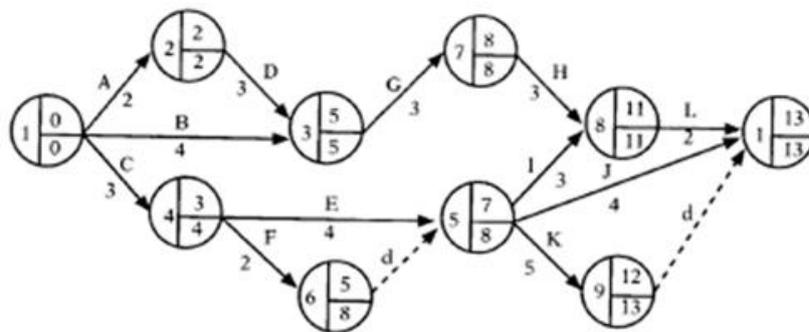
**Manajemen proyek**

Menurut Project Management Institute (2017), manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keahlian, dan metode untuk memenuhi syarat-syarat dari proyek. Tujuan dari manajemen proyek adalah untuk memprediksi atau melihat risiko-risiko yang akan terjadi, sehingga dapat merencanakan, mengorganisir, dan mengontrol pekerjaan hingga selesai meskipun adanya risiko-risiko dalam pekerjaan (Lock, 2003).

**Critical Path Method (CPM)**

Penjadwalan proyek sudah dikembangkan dari awal dekade 1950-an. Pada awalnya mereka ingin mengembangkan suatu sistem yang dapat membantu perencanaan, penjadwalan, dan pelaporan untuk perusahaan. Pada tahun 1956, Morgan R. Walker dan James E. Kelley Jr. menemukan metode *critical path method*, dan tidak lama kemudian di tahun yang sama metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dan dekade berikutnya diperkenalkan metode *Precedence Diagramming Method* (PDM). Tiga metode inilah yang sering dipakai oleh praktisi di lapangan sehari-hari.

*Critical path method* (CPM) adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Widiasanti & Lenggogeni, 2013). Ilustrasi daripada *critical path method* (CPM) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jalur kritis dari metode *Critical Path Method* (CPM) (Widiasanti & Lenggogeni, 2013)

**Project crashing**

*Project crashing* adalah metode untuk memperpendek durasi proyek dengan mengurangkan waktu salah satu pekerjaan kritis dari proyek menjadi kurang dari waktu biasa dengan kenaikan biaya yang minimal (Soeharto, 1999; Taylor, 2013).

Menurut Soeharto, tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang minimal. Adapun hubungan antara waktu dan biaya dimana garis umumnya dianggap sebagai garis lurus dan diadakan perhitungan per segmen yang terdiri dari beberapa garis lurus. Seandainya diketahui bentuk kurva waktu-biaya suatu kegiatan, artinya dengan mengetahui berapa *slope* atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari (Soeharto,1999).

### Penentuan penjadwalan dengan *critical path method*

Penentuan berikutnya adalah untuk mencari jalur kritis dengan menggunakan metode *critical path method*. Dalam penentuan ini, akan didapatkan *early start*, *early finish*, *late start*, *late finish*, dan *total float*. Penentuan dapat dilihat dengan perumusan (10) hingga (14).

$$EF = ES + D \quad (10)$$

$$EF(i - j) = ES(i - j) + D(i - j) \quad (11)$$

$$LS = LF - D \quad (12)$$

$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (13)$$

$$TF = L(j) - E(i) - D(i - j) \quad (14)$$

Keterangan:

- ES : *Earliest Start Time*
- EF : *Earliest Finish Time*
- LS : *Latest Allowable Start Time*
- LF : *Latest Allowable Finish Time*
- TF : *Total Float*
- D : Kurun Waktu
- i : Kegiatan i
- j : Kegiatan j

### Penentuan biaya dan durasi *crashing*

Penentuan biaya dan durasi *crashing* dimulai dengan perhitungan produktivitas sumber daya dan berikutnya dengan penentuan upah lembur. Selanjutnya adalah penentuan biaya lembur dan diakhiri dengan penentuan biaya *crashing*. Perumusan penentuan produktivitas harian, produktivitas per jam, dan produktivitas harian setelah *crashing* dapat dilihat pada persamaan (1) hingga (3) serta untuk menentukan koefisien penurunan produktivitas akibat lembur didapat dari mengkorelasikan jam lembur sebagaimana pada Tabel 1.

$$P_h = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

$$P_{tj} = \frac{P_h}{\text{Jam kerja per hari}} \quad (2)$$

$$P_{hc} = (\text{Jam Kerja per hari} \times P_{tj}) + (a \times b \times P_{tj}) \quad (3)$$

Keterangan

- $P_h$  : Produktivitas per hari
- $P_{hc}$  : Produktivitas per hari sesudah *crash*
- $P_{tj}$  : Produktivitas per jam
- a : Lama Lembur
- b : Koefisien Penurunan Produktivitas akibat lembur

Tabel 1. Koefisien penurunan produktivitas (Soeharto, 1997)

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0.1	90
2 jam	0.2	80
3 jam	0.3	70
4 jam	0.4	60

Penentuan berikutnya adalah penentuan upah harian, upah per jam, biaya lembur, dan biaya *crashing*. Untuk penentuan-penentuan tersebut dapat dilihat dari perumusan (4) hingga (7).

$$U_h = P_h \times H \quad (4)$$

$$U_{tj} = P_{tj} \times H \quad (5)$$

$$C_l = 1.5 \times U_{tj} + 2 \times n \times U_{tj} \quad (6)$$

$$C_c = (\text{Biaya Normal}) + (C_l \times \text{Durasi Normal}) \quad (7)$$

Keterangan

- $P_h$  : Produktivitas per hari
- $U_h$  : Upah Lembur per hari
- $U_{tj}$  : Upah Lembur per jam
- $H$  : Harga Satuan Pekerjaan
- $P_{tj}$  : Produktivitas per jam
- $n$  : Jumlah Penambahan Jam Kerja
- $C_l$  : Biaya Lembur
- $C_c$  : Biaya *Crashing*

Penentuan selanjutnya adalah penentuan tambahan biaya *crashing* dan durasi *crashing* dapat dilihat pada perumusan (8) dan (9).

$$\text{Tambahan Biaya Crashing} = C_c - \text{Biaya Normal} \quad (8)$$

$$C_d = \frac{\text{volume}}{P_{hc}} \quad (9)$$

Keterangan

- $C_c$  : Biaya *Crashing*
- $C_d$  : *Crash Duration* atau Durasi *Crashing*
- Volume : Volume Pekerjaan
- $P_{hc}$  : Produktivitas per hari sesudah *crashing*

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini berupa studi kasus yang dilakukan di proyek konstruksi rumah tinggal 7 lantai di Kawasan Banten dan dilakukan percepatan berupa penambahan jam waktu lembur dengan 3 alternatif yaitu penambahan waktu lembur dengan 1 jam, 2 jam, dan dengan 3 jam, serta perbandingan biaya dan waktu akibat percepatan. Pengumpulan data dilakukan ke proyek langsung dan secara wawancara dengan pihak kontraktor pada proyek. Data disajikan sebagaimana pada Tabel 2.

Analisis pada penelitian ada tiga tahap dimana ada penentuan biaya dan durasi *crashing*, penentuan jadwal *crashing* dengan metode *critical path method*, dan penentuan hubungan waktu dan biaya serta perbandingan persentase peningkatan biaya dan waktu pada tiga alternatif. Tiga alternatif yang dilakukan adalah dengan penambahan jam

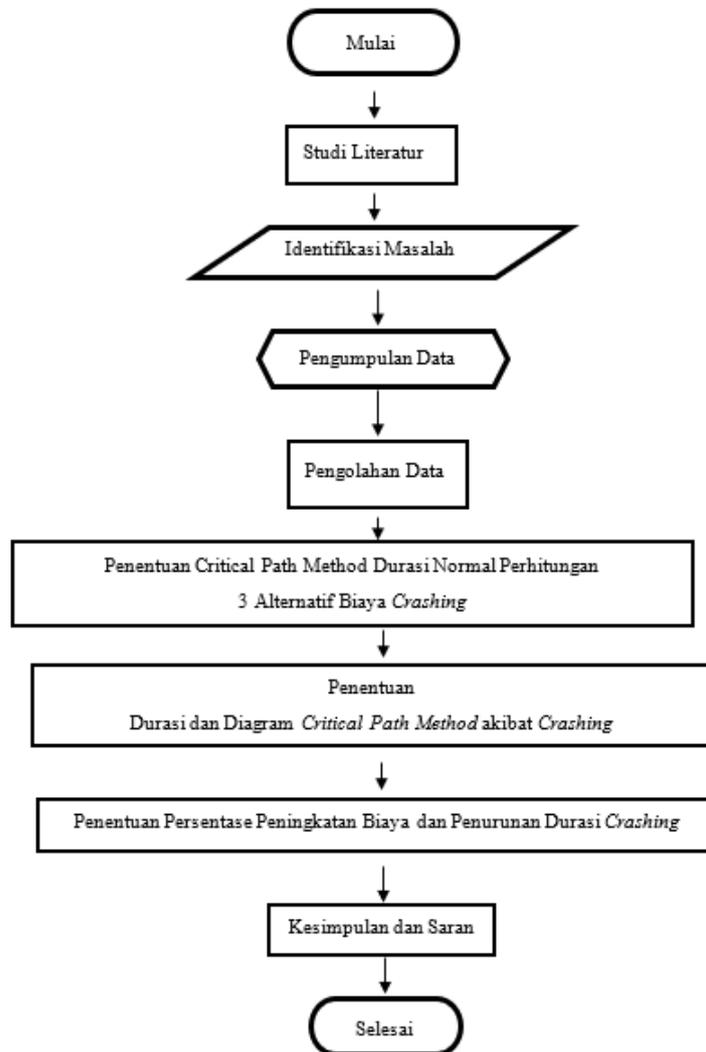
lembur. Alternatif 1 menggunakan penambahan jam lembur 1 jam, alternatif 2 menggunakan penambahan jam lembur 2 jam, dan alternatif 3 menggunakan penambahan jam lembur 3 jam. Prosedur analisis pada penelitian ini merujuk pada diagram alir sebagaimana pada Gambar 2.

Tabel 2. Data penjadwalan, biaya, dan volume

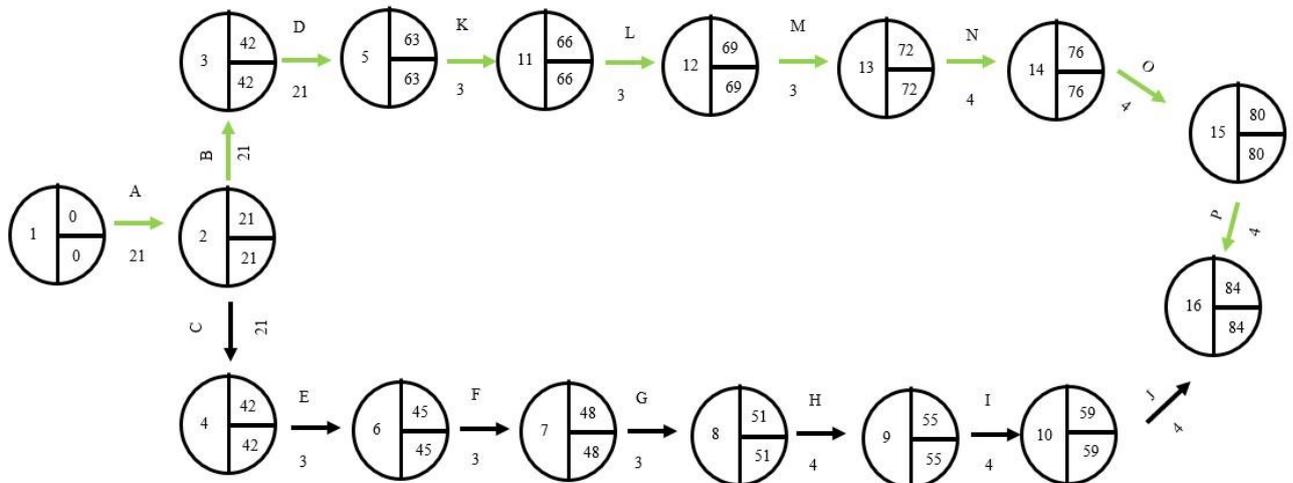
Kode	Pekerjaan	Pre.	Durasi Normal (Hari)	Biaya Normal	Volume
A	Galian Basement Tower B	-	21	Rp. 326.664.342,00	7.458,09
B	Galian Basement Tower A	A	21	Rp. 326.664.342,00	7.458,09
C	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower B	A	21	Rp. 67.457.700,00	153,00
D	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower A	B	21	Rp. 67.457.700,00	153,00
E	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower B	C	3	Rp. 556.287.550,00	593,50
F	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower B	E	3	Rp. 851.446.080,00	59.128,20
G	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower B	F	3	Rp. 137.243.250,00	842,50
H	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower B	G	4	Rp. 2.596.776,00	2,73
I	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	H	4	Rp. 9.062.378,50	629,33
J	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	I	4	Rp. 4.375.489,50	22,07
K	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower A	D	3	Rp. 556.287.550,00	22,07
L	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower A	K	3	Rp. 851.446.080,00	593,50
M	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower A	L	3	Rp. 137.243.250,00	59.128,20
N	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower A	M	4	Rp. 2.596.776,00	842,50
O	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	N	4	Rp. 9.062.378,50	2,73
P	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	O	4	Rp. 4.375.489,50	629,33

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini akan mempercepat pekerjaan dengan 3 alternatif penambahan jam lembur yaitu: alternatif 1 dengan penambahan jam lembur 1 jam, alternatif 2 dengan penambahan 2 jam lembur, dan alternatif 3 dengan penambahan 3 jam lembur. Sebelum menentukan biaya dan durasi *crashing* pada ketiga alternatif, dilakukan penjadwalan dari data dengan metode *critical path method* untuk mencari jalur kritis. Jalur kritis untuk pekerjaan lantai semi basement dan fondasi didapat pada jalur A-B-D-K-L-M-N-O-P. Diagram *Critical Path Method* untuk durasi normal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.



Gambar 3. Diagram *critical path method* untuk durasi normal

### Penentuan biaya dan durasi *crashing*

Penentuan biaya *crashing* menggunakan data dari Rencana Anggaran Biaya (RAB). Penelitian ini akan dilakukan percepatan atau *crashing* dengan 3 alternatif yaitu dengan penambahan jam lembur 1 jam, penambahan jam lembur 2 jam, dan jam lembur 3 jam. Penentuan untuk ketiga alternatif dapat dilihat pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 3. Penentuan durasi *crashing*, biaya *crashing*, dan tambahan biaya *crashing* alternatif 1

Kode	Pekerjaan	Durasi <i>Crashing</i> (Hari)	Biaya <i>Crashing</i>	Tambahan Biaya <i>Crashing</i>	Ket.
A	Galian Basement Tower B	20,74	Rp. 387.913.906,13	Rp. 61.249.564,13	Kritis
B	Galian Basement Tower A	20,74	Rp. 387.913.906,13	Rp. 61.249.564,13	Kritis
C	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower B	20,74	Rp. 80.106.018,75	Rp. 12.648.318,75	
D	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower A	20,74	Rp. 80.106.018,75	Rp. 12.648.318,75	Kritis
E	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower B	2,96	Rp. 660.591.465,63	Rp. 104.303.915,63	
F	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower B	2,96	Rp. 1.011.092.220,00	Rp. 159.646.140,00	
G	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower B	2,96	Rp. 162.976.359,38	Rp. 25.733.109,38	
H	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower B	3,95	Rp. 3.083.671,50	Rp. 486.895,50	
I	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	3,95	Rp. 10.761.574,46	Rp. 1.699.195,97	
J	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	3,95	Rp. 5.195.893,78	Rp. 820.404,28	
K	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower A	2,96	Rp. 660.591.465,63	Rp. 104.303.915,63	Kritis
L	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower A	2,96	Rp. 1.011.092.220,00	Rp. 159.646.140,00	Kritis
M	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower A	2,96	Rp. 162.976.359,38	Rp. 25.733.109,38	Kritis
N	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower A	3,95	Rp. 3.083.671,50	Rp. 486.895,50	Kritis
O	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	3,95	Rp. 10.761.574,46	Rp. 1.699.195,97	Kritis
P	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	3,95	Rp. 5.195.893,78	Rp. 820.404,28	Kritis

Tabel 4. Penentuan durasi *crashing*, biaya *crashing*, dan tambahan biaya *crashing* alternatif 2

Kode	Pekerjaan	Durasi <i>Crashing</i> (Hari)	Biaya <i>Crashing</i>	Tambahan Biaya <i>Crashing</i>	Ket.
A	Galian Basement Tower B	20	Rp.469.579.991,63	Rp.142.915.649,63	Kritis
B	Galian Basement Tower A	20	Rp. 469.579.991,63	Rp. 142.915.649,63	Kritis
C	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower B	20	Rp. 96.970.443,75	Rp. 29.512.743,75	
D	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower A	20	Rp. 96.970.443,75	Rp. 29.512.743,75	Kritis
E	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower B	20	Rp. 799.663.353,13	Rp. 243.375.803,13	
F	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower B	20	Rp. 1.223.953.740,00	Rp. 372.507.660,00	
G	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower B	2,86	Rp. 197.287.171,88	Rp. 60.043.921,88	
H	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower B	2,86	Rp. 3.732.865,50	Rp. 1.136.089,50	
I	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	3,95	Rp. 13.027.169,09	Rp.3.964.790,59	
J	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	2,86	Rp. 6.289.766,16	Rp. 243.375.803,13	
K	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower A	3,81	Rp. 799.663.353,13	Rp. 372.507.660,00	Kritis
L	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower A	3,81	Rp. 1.223.953.740,00	Rp. 60.043.921,88	Kritis
M	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower A	3,81	Rp. 197.287.171,88	Rp. 1.136.089,50	Kritis
N	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower A	2,86	Rp. 3.732.865,50	Rp. 3.964.790,59	Kritis
O	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	3,81	Rp. 13.027.169,09	Rp. 1.914.276,66	Kritis
P	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	3,81	Rp. 6.289.766,16	Rp. 3.964.790,59	Kritis

Tabel 5. Penentuan durasi *crashing*, biaya *crashing*, dan tambahan biaya *crashing* alternatif 3

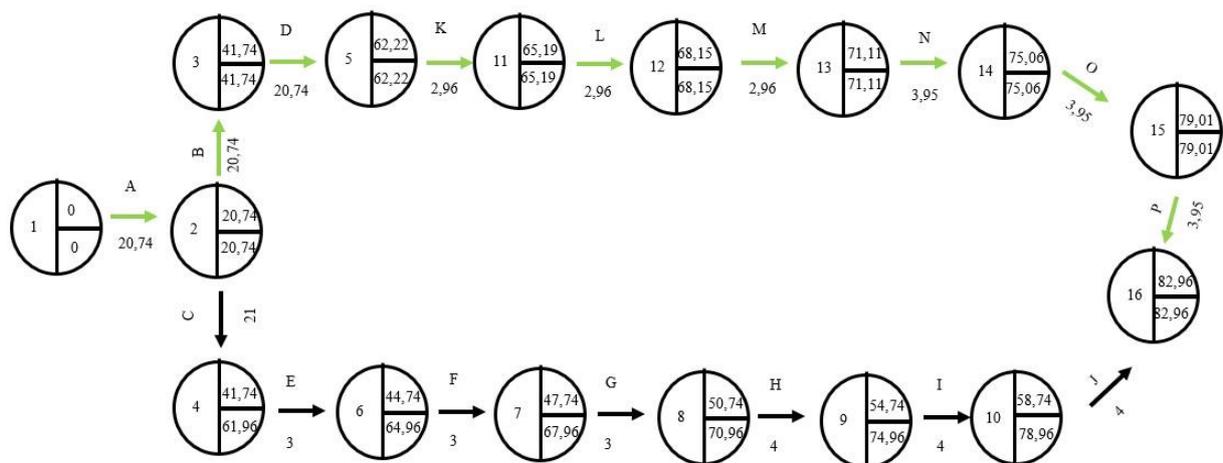
Kode	Pekerjaan	Durasi <i>Crashing</i> (Hari)	Biaya <i>Crashing</i>	Tambahan Biaya <i>Crashing</i>	Ket.
A	Galian Basement Tower B	18,88	Rp. 510.413.034,38	Rp. 183.748.692,38	Kritis
B	Galian Basement Tower A	18,88	Rp. 510.413.034,38	Rp. 183.748.692,38	Kritis
C	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower B	18,88	Rp. 105.402.656,25	Rp. 37.944.956,25	
D	Potong Kepala Tiang <i>Bored Pile</i> Tower A	18,88	Rp. 105.402.656,25	Rp. 37.944.956,25	Kritis
E	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower B	2,70	Rp. 869.199.296,88	Rp. 556.287.550,00	
F	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower B	2,70	Rp. 1.330.384.500,00	Rp. 851.446.080,00	
G	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower B	2,70	Rp. 214.442.578,13	Rp. 137.243.250,00	

Tabel 5 (lanjutan). Penentuan durasi *crashing*, biaya *crashing*, dan tambahan biaya *crashing* alternatif 3

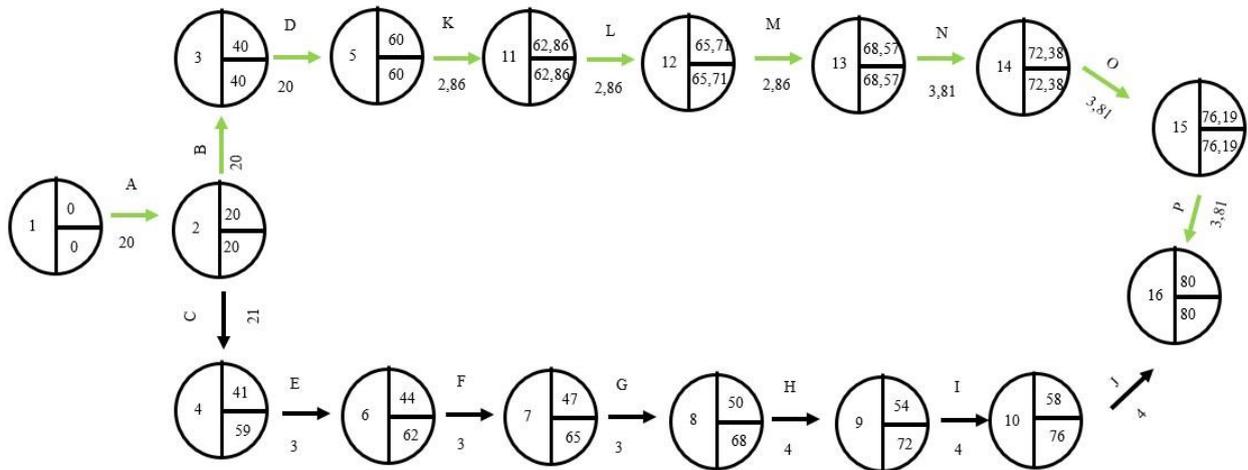
Kode	Pekerjaan	Durasi <i>Crashing</i> (Hari)	Biaya <i>Crashing</i>	Tambahan Biaya <i>Crashing</i>	Ket.
H	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower B	3,60	Rp. 4.057.462,50	Rp. 1.460.686,50	
I	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	3,60	Rp. 14.159.966,40	Rp. 5.097.587,90	
J	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower B	3,60	Rp. 6.836.702,34	Rp. 2.461.212,84	
K	Pekerjaan Beton <i>Pile Cap</i> Tower A	2,70	Rp. 869.199.296,88	Rp. 312.911.746,88	Kritis
L	Pekerjaan Besi <i>Pile Cap</i> Tower A	2,70	Rp. 1.330.384.500,00	Rp. 478.938.420,00	Kritis
M	Pekerjaan Bekisting Batako <i>Pile Cap</i> Tower A	2,70	Rp. 214.442.578,13	Rp. 77.199.328,13	Kritis
N	Pekerjaan Beton Tangga Lantai Semi Basement Tower A	3,60	Rp. 4.057.462,50	Rp. 1.460.686,50	Kritis
O	Pekerjaan Besi Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	3,60	Rp. 14.159.966,40	Rp. 5.097.587,90	Kritis
P	Pekerjaan Bekisting Tangga Plat Lantai Semi Basement Tower A	3,60	Rp. 615.303,21	Rp. 2.461.212,84	Kritis

**Penentuan *crashing***

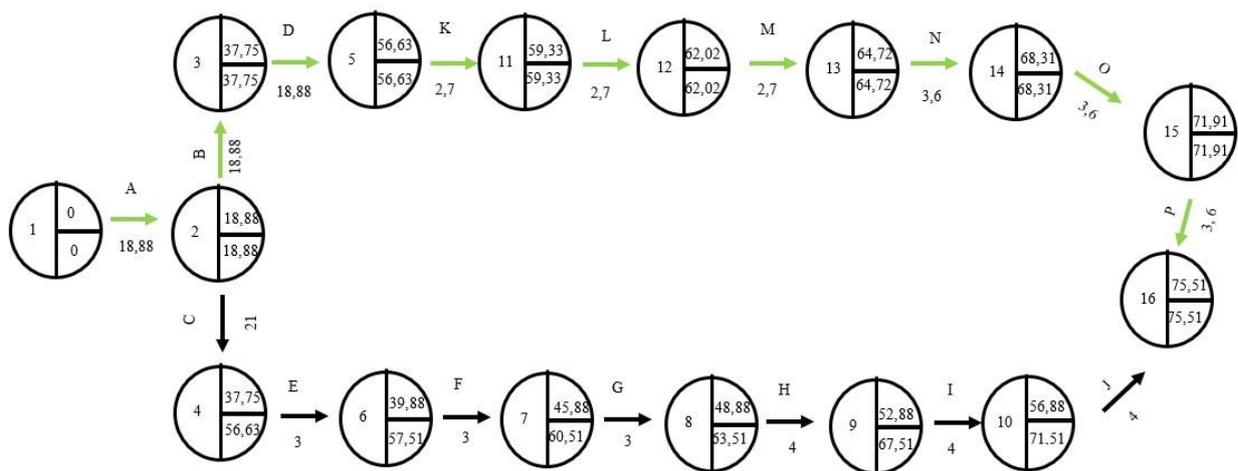
Setelah menentukan biaya dan durasi *crashing*, dilakukan penentuan penjadwalan *crashing* dengan menggunakan metode *critical path method*. Untuk penentuan *crashing*, pertama dilakukan penentuan pekerjaan yang akan di *crash* atau dipercepat, dilihat dari jalur kritis penjadwalan dan biaya tambahan biaya *crashing*. Pekerjaan yang dipilih adalah pekerjaan yang berada di jalur kritis dan memiliki tambahan biaya *crashing* terendah. Setelah itu, memasukkan durasi *crashing* dari pekerjaan tersebut ke dalam penjadwalan dan menghitung durasi pekerjaan total. Langkah sebelumnya dilakukan sebanyak mungkin hingga mendapatkan durasi *crashing* maksimal untuk setiap alternatif. Namun adanya catatan bahwa perlu mempertimbangkan biaya *crashing* yang diperlukan. Hasil dari penentuan *crashing* dengan metode *critical path method* dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6.



Gambar 4. Penentuan *crashing* alternatif 1



Gambar 5. Penentuan *crashing* alternatif 2



Gambar 6. Penentuan *crashing* alternatif 3. Hubungan waktu dengan biaya

### Hubungan waktu dengan biaya

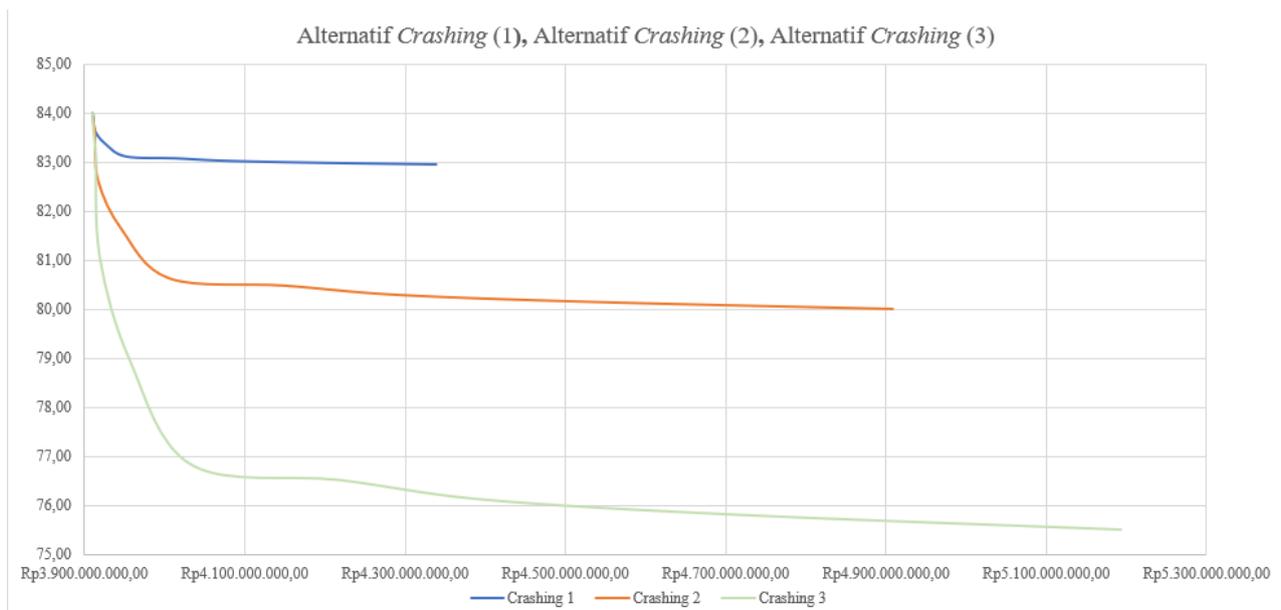
Waktu dan biaya saling berpengaruh dan terlihat setelah percepatan atau *crashing*. Pada penelitian ini, *crashing* dilakukan 3 alternatif, yaitu penambahan 1 jam lembur, 2 jam lembur, dan 3 jam lembur. Pada Tabel 6 dan Gambar 7 merupakan hubungan waktu dengan biaya, dan menunjukkan bahwa seiring waktu total durasi pekerjaan mempersempit, biaya yang perlu dikeluarkan semakin tinggi.

Tabel 6. Hubungan waktu dengan biaya 3 alternatif penambahan waktu lembur

Pekerjaan	Setelah <i>Crashing</i> (1)		Setelah <i>Crashing</i> (2)		Setelah <i>Crashing</i> (3)	
	Waktu Proyek	Total Biaya	Waktu Proyek	Total Biaya	Waktu Proyek	Total Biaya
Normal	84	Rp.3.910.267.131,99	84	Rp.3.910.267.131,99	84	Rp.3.910.267.131,99
N	83,95	Rp.3.910.754.027,49	83,81	Rp.3.911.403.221,49	83,60	Rp.3.911.727.818,49
N, P	83,90	Rp.3.911.574.431,77	83,62	Rp.3.913.317.498,15	83,19	Rp.3.914.189.031,34
N, P, O	83,64	Rp.3.913.273.627,74	82,62	Rp.3.917.282.288,74	81,07	Rp.3.919.286.619,24
N, P, O, D	83,38	Rp.3.925.921.946,49	81,62	Rp.3.946.795.032,49	78,94	Rp.3.957.231.575,49

Tabel 6 (lanjutan). Hubungan waktu dengan biaya 3 alternatif penambahan waktu lembur

Pekerjaan <i>Crashing</i>	Setelah <i>Crashing</i> (1)		Setelah <i>Crashing</i> (2)		Setelah <i>Crashing</i> (3)	
	Waktu Proyek	Total Biaya	Waktu Proyek	Total Biaya	Waktu Proyek	Total Biaya
N, P, O, D, M	83,12	Rp 3.951.655.055,87	80,62	Rp.4.006.838.954,37	76,82	Rp.4.034.430.903,61
N, P, O, D, M, A	83,09	Rp4.012.904.619,99	80,48	Rp.4.149.754.603,99	76,52	Rp.4.218.179.595,99
N, P, O, D, M, A, B	83,04	Rp 4.074.154.184,12	80,29	Rp.4.292.670.253,62	76,11	Rp.4.401.928.288,36
N, P, O, D, M, A, B, K	83	Rp4.178.458.099,74	80,14	Rp.4.536.046.056,74	75,81	Rp.4.714.840.035,24
N, P, O, D, M, A, B, K, L	82,96	Rp 4.338.104.239,74	80	Rp.4.908.553.716,74	75,51	Rp.5.193.778.455,24



Gambar 7. Hubungan waktu dengan biaya pada 3 alternatif penambahan jam lembur

Persentase peningkatan biaya lembur dan penurunan durasi didapat dengan perbandingan selisih total biaya dan biaya normal untuk peningkatan biaya lembur serta untuk penurunan durasi didapat dengan perbandingan selisih durasi normal dengan durasi *crashing*. Hasil pada persentase peningkatan biaya lembur dan penurunan durasi dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Persentase peningkatan biaya lembur

Peningkatan Biaya Lembur (%)		
Setelah <i>Crashing</i> (1)	Setelah <i>Crashing</i> (2)	Setelah <i>Crashing</i> (3)
10,94	25,53	32,82

Tabel 8. Persentase penurunan durasi

Penurunan Durasi (%)		
Setelah <i>Crashing</i> (1)	Setelah <i>Crashing</i> (2)	Setelah <i>Crashing</i> (3)
1,23	4,76	10,11

Tabel 7 dan Tabel 8 menunjukkan bahwa proyek lebih penurunan durasi *crashing* tertinggi adalah dengan percepatan alternatif 3 yaitu penambahan 3 jam lembur dengan persentase 10,94% dan untuk peningkatan biaya termasuk tertinggi di antara alternatif dengan persentase 32,82%. Sebaliknya untuk alternatif 1, termasuk terendah untuk peningkatan biaya dan penurunan durasi.

Dari Tabel 7 bisa dilihat selisih antara alternatif 1 dan 2 sebesar 14,59% dan selisih antara 2 dan 3 sebesar 7,29%, dan dari Tabel 8, alternatif 1 mempunyai penurunan durasi sebesar 1,23%, alternatif 2 mempunyai penurunan durasi sebesar 4,76%, dan alternatif 3 mempunyai penurunan durasi sebesar 10,11%.

Jika dilihat dari persentase peningkatan biaya lembur, tentunya alternatif 1 adalah pilihan terbaik karena merupakan terendah diantara alternatif yang ada, tetapi jika dilihat dari persentase penurunan durasi, alternatif 3 merupakan pilihan terbaik karena merupakan penurunan durasi terbesar dari 3 alternatif yang ada.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alternatif 1 memiliki peningkatan biaya sebesar 10.94% dan penurunan durasi sebesar 1.23%, Alternatif 2 memiliki peningkatan biaya sebesar 25.53 % dan penurunan durasi sebesar 4.76%, dan Alternatif 3 memiliki peningkatan biaya sebesar 32.82% dan penurunan durasi sebesar 10.11%.
2. Berdasarkan grafik hubungan waktu dengan biaya pada 3 alternatif waktu, terlihat bahwa semakin proyek dipercepat maka biaya yang perlu dikeluarkan juga semakin besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arvianto, R., Handayani, F. S., & Setiono. (2017). Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*.
- Fardila, D., & Adwayah, N. R. (2021). Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 17(1), 35-46. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i1.39499>
- Larson, E. W., & Gray, C. F. (2018). *Project Management The Managerial Process (7<sup>th</sup> ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Lock, D. (2003). *Project Management (8<sup>th</sup> ed.)*. Burlington: Gower.
- Priyo, M., & Paridi, M. R. (2018). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (GOR). *Semesta Teknika*, 21(1), 72-84. <https://doi.org/10.18196/st.211213>
- Priyo, M., & Sudiro, S. (2017). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I.Yogyakarta. *Semesta Teknika*, 20(2), 172-186.
- Project Management Institution. (2017). *Project Management Body of Knowledge (6<sup>th</sup> ed.)*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institution, Inc.
- Reynaldi, C., & Sutandi, A. (2022). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off- Studi Kasus Apartemen Collins Boulevard. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(2), 497-506. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i2.16450>
- Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Yogyakarta: Erlangga.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (2<sup>nd</sup> ed.)*. Jakarta: Erlangga.
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.