

Analisa Waktu Pelaksanaan dan Biaya Menggunakan Metode CPM dan Metode *Crashing* Pada Proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut

Nazilah P. Abas¹, Tampanatu P. F. Sompie^{2*}, Aris Sampe³, Sherley Runtuuwu⁴

^{1,3,4}Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Kota Manado

²Program Studi Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Kota Manado

E-mail: tampanatu.sompie@polimdo.ac.id

Abstrak

Pada masa pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi di lapangan yang dapat mengakibatkan pertambahan waktu pelaksanaan dan pembengkakan biaya pelaksanaan sehingga penyelesaian proyek menjadi terhambat. Maka dari itu diperlukan percepatan penyelesaian proyek, alternatif percepatan dapat berupa penambahan jam lembur, penggunaan alat yang produktif, penambahan jumlah pekerja, penggunaan material yang cepat pemasangannya dan metode konstruksi yang lebih cepat. Pelaksanaan yang mengalami keterlambatan perlu dilakukan percepatan. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini dengan mempersingkat waktu pelaksanaan proyek dengan alternatif penambahan 3 jam kerja (lembur) pada kegiatan-kegiatan kritis yang didapat dari analisa jaringan kerja berupa CPM. Hasil yang didapatkan adalah durasi setelah percepatan yaitu 18 minggu atau 126 hari kerja atau lebih cepat 18,18% dari durasi normal yaitu 22 minggu atau 154 hari kerja, sedangkan biaya upah tenaga kerja setelah percepatan mengalami peningkatan dari biaya normal sebesar Rp. 47.750.000,00 menjadi Rp. 88.737.716,76.

Kata kunci: *critical path method, crashing, jam kerja (lembur)*

Abstract

During the implementation of the construction project, there was a mismatch between the schedule and realization in the field which could result in additional time and cost overruns so that project completion became frequent. Therefore, it is necessary to accelerate project completion, alternative acceleration can be in the form of increasing overtime hours, using productive tools, increasing the number of workers, using faster materials and faster construction methods. Implementation that is delayed needs to be accelerated. The analysis carried out in this study was to shorten the project implementation time with an additional 3 hours of work (overtime) on critical activities obtained from network analysis in the form of CPM. The results obtained are the duration after the acceleration is 18 weeks or 126 working days or 18.18% faster than the normal duration, which is 22 weeks or 154 working days, while the cost of labor wages after the acceleration has increased from the normal cost of Rp. 47,750,000.00 to Rp. 88,737,716.76.

Keywords: *critical path method, crashing, overtime*

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Laboratorium Forensik merupakan proyek milik Puslabfor Bareskrim Polri yang dilaksanakan oleh PT. Adhicon Perkasa dan diawasi oleh PT. Prada Cipta Areco, berlokasi di kawasan Sekolah Polisi Negara Manado, proyek dibangun diatas lahan sekitar 6.000 m² dengan beberapa gedung yang akan dibangun. Sesuai rencana dalam *Master Schedule* Proyek Laboratorium Forensik Polda Sulut diharapkan bisa selesai dalam durasi waktu 52 minggu atau 364 hari namun dalam aktualisasi pelaksanaannya berbagai macam faktor mempengaruhi progres pelaksanaan sehingga mengakibatkan beberapa pekerjaan mundur dari yang direncanakan dan berpengaruh terhadap jadwal pekerjaan lainnya.

Untuk mengoptimalisasi waktu pelaksanaan proyek diperlukan suatu upaya dalam hal meningkatkan efektifitas pelaksanaan, metode yang bisa digunakan yaitu CPM (*Critical Path Methode*) dan Metode *Crashing* karena berkaitan dengan penjadwalan, formulasi dan percepatan. Metode CPM berfokus dengan menentukan lintasan jalur kritis sedangkan Metode *Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis.

Menurut Maulana dan Sutarto (2020); Kartikasari, dkk (2021); Sulisty, dkk (2021); Putri, dkk (2021) dengan penambahan jam kerja (lembur) waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat dari waktu pelaksanaan awal dan biaya menjadi lebih besar dari biaya normal, sedangkan menurut Novianto, dkk (2021) dengan penambahan jam kerja (lembur) dapat mengatasi keterlambatan dengan waktu pelaksanaan proyek dipercepat serta biaya menjadi lebih kecil dari biaya normal. Anggara dan Namara (2021); Sa'adah, dkk (2021) menyatakan bahwa dengan alternatif percepatan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur) didapat hasil analisis dengan kedua alternatif sistem penambahan jam kerja (lembur 3 jam) merupakan alternatif program *crashing* yang lebih efisien dan ekonomis, karena dengan menerapkan sistem tersebut durasi lebih cepat dan anggaran total biaya proyek lebih murah. Menurut Violita (2020) alternatif yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek ialah penambahan tenaga kerja dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur). Sulisty, dkk (2021); Putri, dkk (2021) menyatakan bahwa dengan penambahan tenaga kerja biaya menjadi lebih murah dibanding penambahan jam kerja (lembur) tetapi durasi waktunya lebih lama dengan penambahan tenaga kerja.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan observasi lapangan dan mengumpulkan data-data proyek yang diperoleh dari kontraktor pelaksana dan konsultan pengawas. Kemudian melakukan identifikasi faktor-faktor keterlambatan yang terjadi pada pelaksanaan di proyek. Langkah selanjutnya adalah membuat jaringan kerja untuk menentukan jalur kritis menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan dianalisis menggunakan metode *Crashing* yang hasilnya digunakan sebagai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut Manado berlokasi di Kota Manado, Sulawesi Utara, dengan nilai kontrak Rp. 33.130.000.000,00 dan waktu pelaksanaan

354 hari kerja dengan masa pemeliharaan 6 bulan setelah selesai proyek. Pada pelaksanaan pekerjaan ini terdapat keterlambatan waktu pekerjaan dari alokasi waktu yang direncanakan, sehingga perlu diadakan percepatan agar proyek dapat selesai sesuai durasi normal perencanaan. Pada penelitian ini hanya difokuskan pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi gedung laboratorium dengan durasi 22 minggu atau 154 hari kerja.

Tabel 1. Rincian Anggaran Biaya Pekerjaan Tanah dan Pondasi

NO	PEKERJAAN	HARGA
PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI		
1	PEK. PENGURUGAN LAHAN	Rp 591.608.168,08
2	PEKERJAAN TIANG PANCANG UK. 25x25	Rp 767.602.000,00
3	PEK. PILE CAP TYPE-P1 ; 4 ttk	Rp 4.501.510,05
4	PEK. PILE CAP TYPE-P2 ; 16 ttk	Rp 31.582.566,56
5	PEK. PILE CAP TYPE-P3 ; 4 ttk	Rp 11.672.020,25
6	PEK. PILE CAP TYPE-P4 ; 8 ttK	Rp 29.415.723,92
7	PEK. PONDASI TURAP	Rp 401.143.149,61
8	PENGERJAAN TIE BEAM TB1 30 X 50	Rp 228.309.725,60
9	PENGERJAAN TB2 20 X 30	Rp 54.109.753,00
TOTAL		Rp 2.119.944.617,06

Tabel 2. Daftar Harga Upah Pekerja

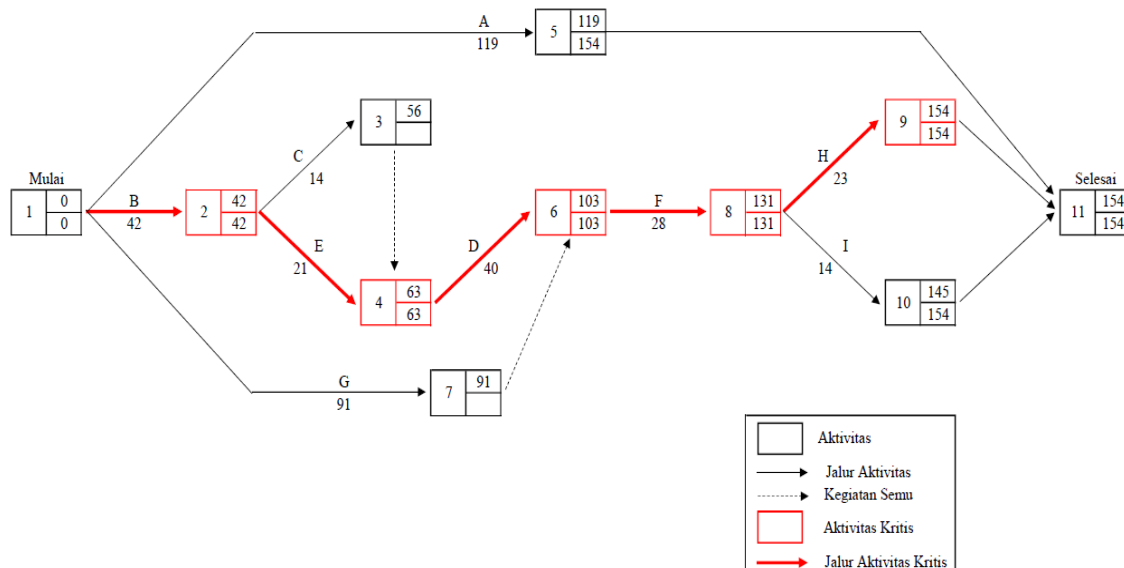
Jenis Upah	Harga
Mandor	Rp 175.000
Tukang batu	Rp 125.000
Tukang besi	Rp 125.000
Tukang gali	Rp 125.000
Pekerja	Rp 100.000

Penentuan Jalur Kritis

Dalam menentukan jalur kritis pekerjaan diperlukan penjadwalan jaringan kerja yang menjelaskan ketergantungan antar pekerjaan satu dengan yang lainnya yaitu menentukan pekerjaan terdahulu dan pekerjaan selanjutnya berdasarkan logika pekerjaan beserta durasi pekerjaan masing-masing. Dari tabel 3 dapat dilihat seluruh aktivitas yang akan dibuat diagram jalur kritisnya dengan aktifitas pendahulu serta durasi pekerjaan yang telah ditentukan terlebih dahulu sesuai dengan perencanaan awal proyek. Berikut adalah desain bagan aktivitas jalur kritis

Tabel 3. Aktivitas Pekerjaan

Kode	Jenis Pekerjaan	Pendahulu	Durasi (Hari)
PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI			
A	Pek. Pengurugan Lahan	-	119
B	Pekerjaan Tiang Pancang Uk. 25x25	-	42
C	Pek. Pile Cap Type-P1 ; 4 Ttk	B	14
D	Pek. Pile Cap Type-P2 ; 16 Ttk	E	40
E	Pek. Pile Cap Type-P3 ; 4 Ttk	B	21
F	Pek. Pile Cap Type-P4 ; 8 Ttk	D	28
G	Pek. Pondasi Turap	-	91
H	Pengerjaan Tie Beam Tb1 30 X 50	F	23
I	Pengerjaan Tb2 20 X 30	F	14



Gambar 1. Aktivitas Jalur Kritis

Dari desain jalur kritis yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.

Jalur kritis pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi adalah :

$$\begin{aligned}
 &= B+E+D+F+H \\
 &= 42+21+40+28+23 \\
 &= 154
 \end{aligned}$$

Total waktu normal pekerjaan struktur tanah dan pondasi adalah 154 hari.

Tabel 4. Rekapitulasi Aktivitas Kritis

Kode	Jenis Pekerjaan	Aktivitas Pendahulu	Durasi (Hari)	ES	EF	LS	LF	TF
B	Pekerjaan Tiang Pancang Uk. 25x25	-	42	0	42	0	10	0
E	Pek. Pile Cap Type-P3 ; 4 Ttk	B	21	42	63	42	63	0
D	Pek. Pile Cap Type-P2 ; 16 Ttk	E	40	63	103	63	103	0
F	Pek. Pile Cap Type-P4 ; 8 Ttk	D	28	103	131	103	131	0
H	Pengerjaan Tie Beam Tb1 30 X 50	F	23	131	154	131	154	0

Percepatan Proyek

Berdasarkan aktivitas pekerjaan kritis yang didapatkan, selanjutnya akan dilakukan percepatan dengan penambahan 3 jam kerja (lembur), pekerjaan yang akan dipercepat (*Crashing*) dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Aktivitas Pekerjaan yang akan di *Crashing*

No	ITEM PEKERJAAN	Volume		Durasi (Hari)	Harga
D	PEK. PILE CAP TYPE-P2 ; 16 ttk.			40	Rp 31.582.567
	Galian Tanah	15,40	m3	7	Rp 1.242.151,96
	Pasir Urug 10 cm	1,86	m3	5	Rp 595.543,42
	Lantai Kerja 5 cm	0,93	m3	5	Rp 929.989,63
	Beton K-300	8,40	m3	6	Rp 10.301.125,04
	Pembesian	960,28	kg	12	Rp 12.139.169,77
	Bekisting Batako	41,44	m2	5	Rp 6.374.586,74
E	PEK. PILE CAP TYPE-P3 ; 4 ttk.			21	Rp 11.672.020
	Galian Tanah	4,74	m3	4	Rp 381.872,95
	Pasir Urug 10 cm	0,65	m3	2	Rp 208.167,45
	Lantai Kerja 5 cm	0,32	m3	2	Rp 325.070,46
	Beton K-300	3,65	m3	4	Rp 4.471.178,80
	Pembesian	333,30	kg	5	Rp 4.213.374,59
	Bekisting Batako	13,47	m2	4	Rp 2.072.356,00
F	PEK. PILE CAP TYPE-P4 ; 8 ttk.			28	Rp 29.415.724
	Galian Tanah	15,10	m3	5	Rp 1.217.832,72
	Pasir Urug 10 cm	1,62	m3	3	Rp 521.100,49
	Lantai Kerja 5 cm	0,81	m3	3	Rp 813.740,93
	Beton K-300	9,60	m3	5	Rp 11.772.714,33
	Pembesian	812,13	kg	7	Rp 10.266.323,87
	Bekisting Batako	31,36	m2	5	Rp 4.824.011,58
H	PEKERJAAN TIE BEAM TB1 30 X 50			23	Rp 228.309.726

	Galian Tanah	109,40	m3	5	Rp 8.821.328,63
	Pasir Urug 10 cm	17,37	m3	3	Rp 5.571.988,94
	Lantai Kerja 5 cm	5,21	m3	3	Rp 5.220.669,18
	Beton K-300	52,10	m3	5	Rp 63.885.370,10
	Pembesian	7.229,23	kg	4	Rp 91.386.286,38
	Bekisting Batako	347,30	m2	3	Rp 53.424.082,37
Total					Rp 300.980.036

a. Analisa Kenutuhan Tenaga Kerja

Perhitungan kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2, sebagai berikut

Volume pekerjaan = 15,40 m³

- Koefisien tenaga kerja

Mandor = 0,050

Tukang gali = 0,300

Pekerja = 0,250

(Nilai koefisien diperoleh dari AHS biaya proyek)

- Upah

Mandor = Rp. 175.000,00

Tukang gali = Rp. 125.000,00

Pekerja = Rp. 100.000,00

(Harga upah pekerja diperoleh dari daftar harga upah proyek)

- Kebutuhan Tenaga Kerja

- Mandor = volume x koefisien

= 15,40 x 0,050

= 0,77 ≈ 1 orang

- Tukang Gali = volume x koefisien

= 15,40 x 0,300

= 4,62 ≈ 5 orang

- Pekerja = volume x koefisien

= 15,40 x 0,250

= 3,85 ≈ 4 orang

- Upah Tenaga Kerja

- Mandor = jumlah pekerja x upah

= 1 x Rp. 175.000,00

= Rp. 175.000,00

- Tukang Gali = jumlah pekerja x upah

= 5 x Rp. 125.000,00

= Rp. 625.000,00

- Pekerja = jumlah pekerja x upah

= 4 x Rp. 100.000,00

= Rp. 400.000,00

Tabel 6. Kebutuhan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Volume Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Upah Tenaga Kerja
Mandor	15,4	1	Rp 175.000,00
Tukang Gali		5	Rp 625.000,00
Pekerja		4	Rp 400.000,00
Jumlah			Rp 1.200.000,00

b. Analisa Produktivitas Tenaga Kerja

Berikut adalah perhitungan produktivitas pada pekerjaan galian tanah struktur tanah & pondasi P2, dengan rumus :

$$\text{Produktivitas tenaga kerja} = \frac{V}{T \times n}$$

Dimana :

V = Volume pekerjaan

T = Durasi pekerjaan

n = Jumlah tenaga kerja yang digunakan

- Mandor = $\frac{15,40}{7 \times 1} = 2,2$ m³/hari/orang
- Tukang gali = $\frac{15,40}{7 \times 5} = 0,44$ m³/hari/orang
- Pekerja = $\frac{15,40}{7 \times 4} = 0,55$ m³/hari/orang

c. Analisa Penambahan Jam Kerja (lembur)

Penurunan Produktivitas

Untuk menentukan nilai produktivitas penambahan jam kerja lembur yaitu menggunakan rumus :

$$\text{Penurunan produktivitas} = \frac{1}{\text{Indeks produktivitas}}$$

Indeks produktivitas diperoleh dari Gambar 2.8 menurut Soeharto, sehingga dapat dihitung nilai penurunan produktivitas per jam sebagai berikut :

$$\text{Penurunan produktivitas jam ke 1} = \frac{1}{1,1} = 0,909$$

$$\text{Penurunan produktivitas jam ke 2} = \frac{1}{1,2} = 0,833$$

$$\text{Penurunan produktivitas jam ke 3} = \frac{1}{1,3} = 0,769$$

Maka dapat dihitung produktivitas per jamnya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produktivitas per jam} = \frac{\text{kapasitas kerja per hari}}{\text{durasi jam kerja normal}}$$

Durasi kerja normal = 7 jam

Durasi kerja lembur = 3 jam

Total jam kerja = 10 jam

Berikut perhitungan produktivitas tenaga kerja setelah ditambah 3 jam kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2

- Mandor
 - Produktivitas per jam normal = $2,2/7 = 0,314$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 1 = $0,909 \times 0,314 = 0,286$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 2 = $0,833 \times 0,314 = 0,262$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 3 = $0,769 \times 0,314 = 0,242$ m³/jam/orang
 - Produktivitas 3 jam lembur = $0,286 + 0,262 + 0,242 = 0,789$ m³/hari/orang
 - Produktivitas 7 jam normal = $0,314 \times 7 = 2,2$ m³/hari/orang
 - Produktivitas 10 jam kerja = $0,787 + 2,2 = 2,989$ m³/hari/orang
- Tukang gali
 - Produktivitas per jam normal = $0,44/7 = 0,063$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 1 = $0,909 \times 0,063 = 0,057$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 2 = $0,833 \times 0,063 = 0,052$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 3 = $0,769 \times 0,063 = 0,048$ m³/jam/orang
 - Produktivitas 3 jam lembur = $0,057 + 0,052 + 0,048 = 0,158$ m³/hari/orang
 - Produktivitas 7 jam normal = $0,063 \times 7 = 0,44$ m³/hari/orang
 - Produktivitas 10 jam kerja = $0,158 + 0,44 = 0,598$ m³/hari/orang
- Pekerja
 - Produktivitas per jam normal = $0,55/7 = 0,079$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 1 = $0,909 \times 0,079 = 0,071$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 2 = $0,833 \times 0,079 = 0,065$ m³/jam/orang
 - Produktivitas lembur jam ke 3 = $0,769 \times 0,079 = 0,060$ m³/jam/orang
 - Produktivitas 3 jam lembur = $0,071 + 0,065 + 0,060 = 0,197$ m³/hari/orang
 - Produktivitas 7 jam normal = $0,079 \times 7 = 0,55$ m³/hari/orang
 - Produktivitas 10 jam kerja = $0,197 + 0,55 = 0,747$ m³/hari/orang

Menentukan *Crash Duration*

$$\text{Durasi setelah Crashing} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas kerja 10 jam} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

Berikut perhitungan durasi pekerjaan setelah ditambahkan 3 jam kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2 :

Mandor	= $\frac{15,40}{2,989 \times 1} = 5,152$	}	5 Hari
Tukang gali	= $\frac{15,40}{0,598 \times 5} = 5,152$		
Pekerja	= $\frac{15,40}{0,747 \times 4} = 5,152$		

Menentukan Biaya Tambahan dan Upah Total Tenaga Kerja

Setelah mendapatkan durasi pekerjaan setelah crashing, maka dapat dihitung berapa biaya tambahan akibat penambahan jam kerja dengan menggunakan rumus yang berdasarkan ketentuan yang tertulis dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang upah jam kerja lembur. Rumus tersebut ialah sebagai berikut :

- Upah jam lembur ke 1 = $1,5 \times 1/173 \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$
- Upah jam lembur ke 2 dan seterusnya = $2 \times 1/173 \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$

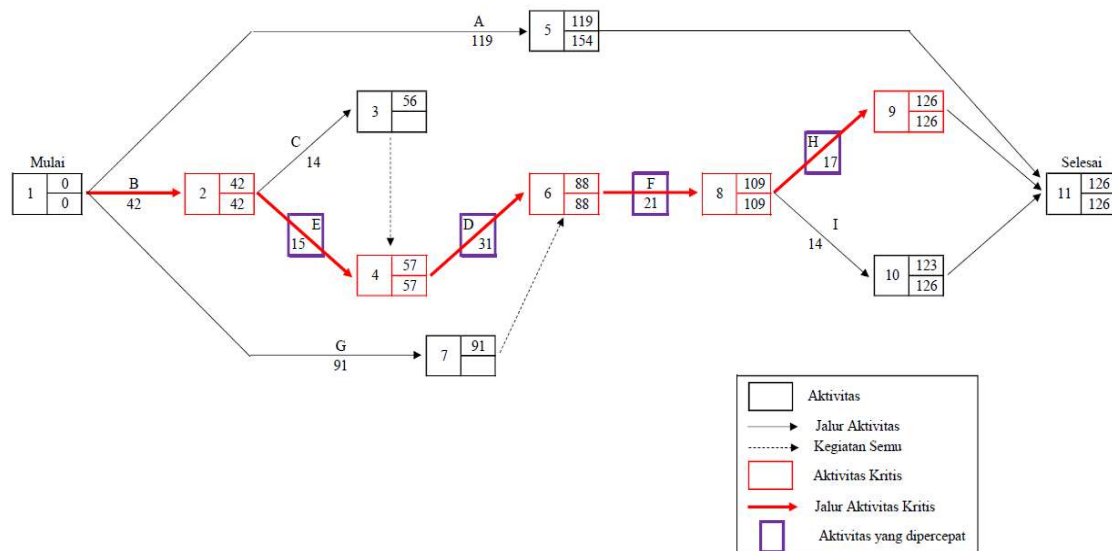
Berikut perhitungan biaya tambahan dan upah total tenaga kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2

- Upah Normal
 - Mandor = Rp. 175.000,00
 - Tukang gali = Rp. 125.000,00
 - Pekerja = Rp. 100.000,00
- Upah lembur jam ke 1
 - Mandor = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 175.000,00} \times 27 = \text{Rp. 40.968,21}$
 - Tukang gali = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 125.000,00} \times 27 = \text{Rp. 29.263,01}$
 - Pekerja = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 100.000,00} \times 27 = \text{Rp. 23.410,40}$
- Upah lembur jam ke 2
 - Mandor = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 175.000,00} \times 27 = \text{Rp. 54.624,28}$
 - Tukang gali = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 125.000,00} \times 27 = \text{Rp. 39.017,34}$
 - Pekerja = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 100.000,00} \times 27 = \text{Rp. 31.213,87}$
- Upah lembur jam ke 3
 - Mandor = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 175.000,00} \times 27 = \text{Rp. 54.624,28}$
 - Tukang gali = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 125.000,00} \times 27 = \text{Rp. 39.017,34}$
 - Pekerja = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 100.000,00} \times 27 = \text{Rp. 31.213,87}$
- Upah tenaga kerja (oh)
(Upah normal + upah jam ke 1 + upah jam ke 2 + upah jam ke 3)
 - Mandor = Rp. 325.216,76
 - Tukang gali = Rp. 232.297,69
 - Pekerja = Rp. 185.838,15
- Total upah tenaga kerja
(Total *cost* per hari x jumlah tenaga kerja)
 - Mandor = Rp. 325.216,74 x 1 = Rp. 325.216,74
 - Tukang gali = Rp. 232.297,68 x 5 = Rp. 1.161.488,40
 - Pekerja = Rp. 185.837,16 x 4 = Rp. 743.348,64
 - Total upah pekerjaan = Rp. 2.230.053,78

Berdasarkan perhitungan durasi setelah penambahan 3 jam kerja lembur maka didapatkan durasi keseluruhan menjadi 126 hari kerja. Berikut adalah diagram jaringan kerja setelah dilakukan crashing dengan penambahan jam lembur selama 3 jam.

Tabel 7. Durasi Setelah *Crashing*

No	Kode	Jenis Pekerjaan	Aktivitas Pendahulu	Durasi (Hari)
PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI				
1	A	Pek. Pengurugan Lahan	-	119
2	B	Pekerjaan Tiang Pancang Uk. 25x25	-	42
3	C	Pek. Pile Cap Type-P1 ; 4 Ttk	B	14
4	D	Pek. Pile Cap Type-P2 ; 16 Ttk	E	31
5	E	Pek. Pile Cap Type-P3 ; 4 Ttk	B	15
6	F	Pek. Pile Cap Type-P4 ; 8 Ttk	D	21
7	G	Pek. Pondasi Turap	-	91
8	H	Pengerjaan Tie Beam Tb1 30 X 50	F	17
9	I	Pengerjaan Tb2 20 X 30	F	14



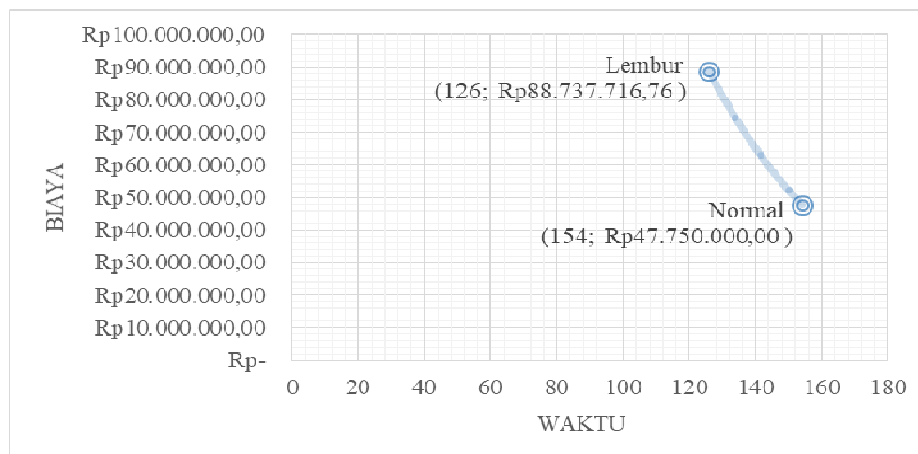
Gambar 2. Jalur Kritis setelah *Crashing*

Penelitian pada proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut ini hanya berfokus pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi yang di rencanakan selesai dalam kurun waktu 154 hari kerja dengan upah tenaga kerja sebesar Rp 47.750.000,00. Hasil dari proses percepatan pada pekerjaan bangunan menunjukkan bahwa durasi percepatan dengan alternatif penambahan 3 jam kerja (lembur) durasi percepatan proyek sebesar 126 hari kerja atau 18,18%. Upah tenaga kerja yang diperoleh yaitu Rp 88.737.716,76.

Tabel 8. Rekapitulasi Perbandingan Biaya dan Durasi

Uraian	Durasi (Hari)	Upah Tenaga Kerja	Selisih
Pekerjaan Normal	154	Rp 47.750.000,00	
Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)	126	Rp 88.737.716,76	Rp 40.987.716,76

Berikut adalah kurva perbandingan antara waktu dan biaya pada kondisi normal dan lembur berdasarkan hubungan waktu dan biaya normal dan setelah di *Crashing*. Pada gambar 3 diperlihatkan hubungan antara biaya dan waktu. Apabila waktu dipersingkat, maka biaya yang dibutuhkan juga akan meningkat dari biaya normal. Hal ini terjadi karena peningkatan pengeluaran biaya langsung, seperti gaji tenaga kerja maupun upah lembur.



Gambar 3. Perbandingan Waktu dan Biaya Pada Kondisi Normal dan Lembur

4. KESIMPULAN

Pada proyek yang ditinjau ini mengalami keterlambatan pelaksanaan akibat dari lamanya mobilisasi alat pancang dan terjadinya kerusakan pada alat tersebut sehingga pekerjaan tertunda, juga faktor cuaca yang mengakibatkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan. Hasil analisa jalur kritis pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi didapat jalur pekerjaan kritis yaitu B-E-D-F-H dengan total waktu pelaksanaan 154 hari kerja. Dari hasil analisa percepatan (*crashing*) dengan penambahan 3 jam kerja (lembur) dari 5 pekerjaan kritis terdapat 4 pekerjaan yang dipercepat, didapatkan total upah tenaga kerja dalam kondisi normal Rp 47.750.000,00 dengan waktu pelaksanaan 154 hari kerja, hasil penambahan 3 jam kerja (lembur) diperoleh upah tenaga kerja Rp 88.737.716,76 dengan waktu pelaksanaan 126 hari kerja atau lebih cepat 18,18% dari durasi normal. Apabila waktu dipersingkat maka biaya yang dibutuhkan juga meningkat dari biaya normal.

5. SARAN

Metode percepatan yang digunakan dalam penelitian ini hanya menggunakan penambahan jam kerja (lembur). Hasil yang diperoleh akan lebih baik apabila ditambahkan dengan alternatif yang lainya seperti penambahan tenaga kerja, shift kerja, penambahan material/peralatan dan lainnya. Agar dapat lebih banyak perbandingan dan dapat mengetahui metode *crashing* yang lebih efektif dari segi waktu dan biaya.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Adhicon Perkasa selaku pelaksana proyek dan PT. Prada Cipta Areco selaku pengawas proyek yang sudah memberikan bantuan selama pengambilan data pada penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, E. R., dan Namara, I. (2021). Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode Crashing Pada Pembangunan Tower 7 Proyek Apartement Tokyo Riverside. *Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri. Vol. 1, No. 1.*
- Badri, S. (1991). Dasar-Dasar Network Planning (Dasar-Dasar Pelaksanaan Jaringan Kerja). Edisi Kedua. Penerbit PT Rineka Cipta Jakarta.
- Kartikasari, D., Sampurno, S. W., dan Agustyawan, P. E. (2021). Mengurangi Durasi Penyelesaian Proyek dengan Menggunakan Metode Crashing pada Pembangunan Gedung Kecamatan Lamongan. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil. Vol. 4, No. 1.*
- Maulana, A. B. A., dan Sutarto, A. (2020). Analisis Percepatan Waktu Dan Rencana Anggaran Biaya Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil.*
- Novianto, R., Suparno., Sutrisno., dan Abdul, R. (2021). Application Of Network Analysis Crashing Method In Evaluating The Schedule Of Naval Base Facility Development Project. *International Journal of ASRO. Vol. 12, No. 1. 153-159*
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur
- Putri, D. A., Muhtar., dan Gunasti, A. (2021). Penerapan Metode CPM dan Crashing pada Proyek Gedung Training Center Universitas Jember (*Application of the CPM and Crashing Method in the Jember University Training Center Building Project*). *Jurnal Smart Teknologi. Vol. 2, No. 2. 151-158.*
- Sa'adah, N., Iqrammah, E., dan Rijanto, T. (2021). Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), Vol. 3, No. 2.*
- Soeharto, I. (1999). Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1 Konsep, Studi Kelayakan, dan Jaringan Kerja. Edisi Kedua. Penerbit ERLANGGA, Jakarta.
- Sulistyo, A. B., Ilpan., Khadijah A. 2021. (*Redesign Road Project Using Critical Chain Project Management Method and Crashing Method*) Perencanaan Ulang Proyek Jalan Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management* Dan Metode *Crashing*. *Jurnal Optimasi Sistem Industri, Vol. 14, No. 2.*
- Syaifuddin, D. (2011). Riset Operasi (Aplikasi Quantitative Analysis for Management). Penerbit Percetakan CV Citra Malang.
- Violita, B. (2020). Analisa Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja Atau Durasi Kerja (Studi Kasus: Pembangunan Aula Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman). Skripsi.



[Home](#) / [About the Journal](#)

Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi

Politeknik sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi yang mengedepankan penelitian-penelitian praktis, telah menghasilkan banyak konsep keilmuan maupun teknologi baru yang mampu meningkatkan daya saing bangsa, untuk percepatan dan perluasan pembangunan ekonomi nasional. Untuk mendorong pengembangan penelitian dan publikasi ilmiah sekaligus implementasi Kampus Merdeka Belajar maka Politeknik Negeri Manado telah melaksanakan Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi (SemNas PTUV) tahun 2022 yang diselenggarakan pada tanggal **29 Juli 2022**, dengan Tema **“Penguatan Peran Perguruan Tinggi Vokasi dan DUDI Melalui Pengembangan Produk Teknologi Inovatif Berbasis Pemberdayaan Keilmuan Riset Terapan”**.

Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi direncanakan Terbit 1 kali dalam 1 tahun saat pelaksanaan Seminar Nasional PTUV Politeknik Negeri Manado.



Dewan Redaksi

STEERING COMMITTEE :

Dra. Maryke Alelo, MBA

Dr. Tineke Saroinsong, SST., M.T.

Susi Marentek, S.E., MSA.

Selvie Kalele, S.E., M.Si.

PENANGGUNG JAWAB PROSIDING ILMIAH :

Dr. Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc.

KETUA REDAKSI :

Dr. Steve W.M Supit, ST., M.Eng

REDAKTUR :

Marike Kondo, SST., MT

Christopel Simanjuntak, ST M.Eng

Anritsu Polii, SST., MT

Dr. Betsi Rooroh

Stieven Netanel Rumokoy, ST MT

Herry S. Langi, SST., MT

Arief Perdana Kumaat, SE., MM

Raymond Walintukan

MITRA BESTARI :

Prof. Dr. Adrianus Amheka, ST., M.Eng (Politeknik Negeri Kupang)

Prof. Dr. Ir. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc (Politeknik Negeri Manado)

Dr. Tineke Saroinsong, SST., M.Eng (Politeknik Negeri Manado)

Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng (Politeknik Negeri Manado)

Prof. Dr.Dra. Bet El S.Lagareense, MM.Tour (Politeknik Negeri Manado)

Dr. Hedy D. Rumambi, SE., MM. (Politeknik Negeri Manado)



[Home](#) / [Archives](#) / Vol 1 No 1 (2022): Juli 2022

Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado Tahun 2022

Published: 2022-07-31

Articles

Perancangan Monitoring Cairan Infus Dengan Arduino Nano Berbasis Android

Yoice Rita Putung, Donald Noya, Ventje F Aror, Josephin Sundah

1-13



PDF

Pengelolaan Sampah di Kampus Politeknik Negeri Manado

Teddy Takaendengan, Franky R Tombokan

14-24



PDF

Rancangan Jalur Evakuasi Kebencanaan Di Sekolah Dasar Kristen Victory Kota Manado

Tampanatu P. F. Sompie, Triana D. Ratnasari, Adilla L.P Sutrisno, Revanka H.P Watti, Ralgjie E. Makangiras, Rama Mokolintad

25-34

 PDF

Perancangan Sistem Kontrol Penerangan Ruangan Dengan Gerakan Tangan Berbasis Node MCU ESP8266

Tony Wungkana; Nikita Sajangbati, Toban T Pairunan, Benny A.P Loegimin

35-43

 PDF

Rancang Bangun Sistem Peralatan Listrik Dengan Aplikasi Android Voice Kontroler

Tracy Marsela Kereh; Sukandar Sawidin, Yohanis S. Rompon, Deitje Pongoh

43-55

 PDF

Penerapan Android Aplikasi Pada Sistem Pemesanan Makanan Khas Padang Di Kota Manado

Ronny Evert Katuuk; Ali Ramschie, Fanny Doringin, Johan Makal

56-65

 PDF

Implementasi Pemasaran Digital Sebagai Sarana Pengembangan Bisnis UMKM Untuk Meningkatkan Penjualan Produk Unggulan Daerah

Silvira P. Moningka, Arief P. Kumaat, Melky K. E. Paendong

66-72

 PDF

Strategi Pemasaran Digital Untuk Peningkatan Brand Awareness Produk Unggulan Daerah Minuman Berbahan Dasar Nira Aren

Virginia C. N. Mamuaja, Arief P. Kumaat, Precylia R. Raming

73-80

 PDF

Tracking Hutan Mangrove Di Pesisir Pantai Sulawesi Utara Berbasis Citra Satelit

Ayu Chantika Haribulan, Marson J Budiman

81-90

 PDF

Cara Mengembangkan Promosi Usaha Kuliner Tradisional Melalui Media Sosial Di Kelurahan Titiwungen Selatan

Romana O. C. Pessak, Adelaida Joroh

91-98

 PDF

Tingkat Partisipasi Masyarakat Dalam Menunjang Desa Wisata Kayuuwi Kecamatan Kawangkoan Barat, Kabupaten Minahasa

Telly Hetty Isye Kondo; Jeannlly A Solang, Vesty L Sambeka, Mercy A Lumare, Deby Christine Sendow, Altje E Tuwaidan

99-109

 PDF

Robot Layanan Publik di Politeknik Negeri Manado

Feyhrel Feyen Makahekung, Rivaldi Musa, Ruth Natasia Chingyi Rares, Marson James Budiman

110-116

 PDF

Sistem Monitoring Pengolahan Limbah di Rumah Sakit Berbasis IOT

Jessica Morenly Panigoro, Dhea Intan Pandjaitan, Marson James Biduman

117-123

Perancangan RESTful API Sistem Terintegrasi P3M POLIMDO

Maksy Sendiang, Anthoineta Waroh, Mauren Langie

124-131

 PDF

Pembuatan Aplikasi Pengelolaan Nilai Dan Kategorisasi Hasil Akhir Yang Bersifat Fleksibel Terhadap Lingkungan Aplikasinya

Eliezer Mangoting Rongre, Ottopianus Mellolo, Herry Setiawan Langi, Jusuf Luther Mapadang

132-142

 PDF

Pengembangan Sistem Pencarian Buku di Perpustakaan Politeknik Negeri Manado

Stephy Beatrix Walukow, Fitria Claudya Lahinta, Herry Setiawan Langi, Sonnie Marsabessy, Toban Tiku Pairunan, Sintya Paula Junaedy, Oldi Malfri Lambonan

143-151

 PDF

Rancang Bangun Sistem Pembelajaran Laboratorium Virtual Berbasis IoT (Internet Of Thing) di Laboratorium Konversi Energi, Distribusi dan Proteksi Politeknik Negeri Manado

Deitje Sofie Pongoh, Marson James Budiman, Julianus Gesuri Daud, Ventje A. M. Lumentut, Tony Kurtis Timpua

152-169

 PDF

Kaji Eksperimen Alat Angkat Bantu Kerja (Sistem Pneumatik) Untuk Lepas/Pasang Roda Kendaraan

Johannes Munintja Mawa, Adriyan Warokka, Franklin Bawano

177-185



PDF

Pemodelan Sistem Terintegrasi Lembaga Sertifikasi Profesi Politeknik Negeri Manado Untuk Pengembangan WEB Dengan Metode Rapid Application Development (RAD)

Diane Tangian, Edwin Lumunon, Dimas Ero Permana

186-191



PDF

Analisa Waktu Pelaksanaan dan Biaya Menggunakan Metode CPM dan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut

Nazilah P Abas, Tampanatu P. F. Sompie, Aris Sampe, Sherley Runtuuwu

192-203



PDF

Analisis Deskripsi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kunjungan Wisatawan Pada Objek Wisata Tetetana Tomohon

Deisy Andih, Radjab Djamali, Fonny Sangari, Margaretha Warokka

204-214



PDF

Analisis Potensi dan Pengembangan Objek Wisata Alam Pulau Paniki di Desa Kulu Kec. Wori Kab. Minahasa Utara

Margaretha N Warokka, Sicilia Selvy Panelewen

215-224



PDF

Pemanfaatan Media Sosial untuk Mempromosikan Produk Minyak Kelapa BUMDes Iwekahalesan di Kabupaten Minahasa Tenggara

Yola Ningsi Samual, Nancy Henrietta Jessamine Mandey, Maya Munaiseche, Sulastri Eksan, Grace Pontoh

225-235

 PDF

Strategi Branding di Era Global: Studi Kasus Produk Scarlett dan Ms Glow

Wingston Markus J. Longdong, Delfie Genape, Arief P. Kumaat

236-242

 PDF

Aspek Perpajakan Pada Pajak Penghasilan Bumdes Sinar Usaha Desa Budo, Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara

Heidy Pesik, Johanes H Tene, Mawar Domits

243-251

 PDF

Perancangan Media Promosi Produk Gula Semut di Desa Koreng Kabupaten Minahasa Selatan

Enjela Patricia Kaligis; Mikke R Marentek

252-261

 PDF

DESAIN LAPORAN KEUANGAN UMKM BERDASARKAN SAK EMKM PADA USAHA KERIPIK IKAN BERKAT MANADO

Kiet Tumiwa, Novy Johan Kasenda, Selvie Nangoy, Jeane Christine Lasut

262-272

 PDF

Pengaruh Bahan Tambah Serabut Kelapa dan Bahan Substitusi Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton

Andrito Ekel, Rilya Rumbayan, Merci Freki Hosang

273-280

 PDF

Perencanaan Waktu dan Penjadwalan Pelaksanaan Proyek Pembangunan Rusun TNI di Minahasa Utara

Estrellita V. Y. Waney, Shella M Ruitan

290-295

 PDF

Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Jembatan Kalasey Dengan Tes PDA Pada Jalan Manado Outer Ringroad III STA 9+799

Prillita Junia Njeli Warouw, Jeanely Rangkang, Enteng J Saerang

296-306

 PDF

Analisis Pengendalian Biaya Dan Waktu Pada Proyek Pembangunan Manado Outer Ring Road III Tahap 1

Delfini Maria Mona, Sudenroy Mentang, Novriana Amelia Pangemanan

307-317

 PDF

Desain Laporan Keuangan Berdasarkan SAK EMKM Pada "Gerai Pangan Kita" Manado

Carmenita K. I Lelemboto, Erika F Lambonan, Ivoletti M Walukow, Jerry Sonny Lintong, Revleen M. Kaparang

318-325

 PDF

Penentuan Harga Pokok Produk Tanaman Holtikultura Dalam Menentukan Harga Jual Produk

Treesje A.C Langi, Loula L.L Walangitan, Anita Ludia Wauran, Anneke M. Kaunang

326-333

 PDF

Pengaruh Substitusi Abu Terbang PLTU Amurang Terhadap Campuran Roller Compacted Concrete

Rifaldi Ollii, Fery Sondakh, Teddy Takaendengan

334-344

 PDF

Desain Aplikasi Akuntansi UMKM Berdasarkan SAK EMKM Berbasis Microsoft Excel (Studi Kasus Pada UMKM Mawaddah Cosmetics Manado)

Opa Mustopa, Shane Anneke Pangemanan, Ruhiyat Ruhiyat

345-350

 PDF

Kuat Tekan Beton Berdasarkan Metode Curing Time di Lapangan pada Rigid Pavement

Aqmal Fathahilla Uno, Carter David Ernest Kandou, Rilya Rumbayan

351-361

 PDF

Analisis Pengaruh Capital Adequacy Ratio (CAR), Non Performing Loan (NPL), dan Loan To Deposit Ratio (LDR) Terhadap Firm Value Perusahaan Perbankan Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia

Raymond F Rombot, Andreas Randy Wangarry, Antonius Tandil, Maykel Tampenawas4

 PDF

Analisa Waktu Pelaksanaan dan Biaya Menggunakan Metode CPM dan Metode Crashing

by Nazilah P. Abas , Tampanatu P. F. Sompie Aris Sampe,sherley Runtunuwu

Submission date: 27-Oct-2022 12:16AM (UTC+1100)

Submission ID: 1935889861

File name: ng_Pada_Proyek_Pembangunan_Laboratorium_Forensik_Polda_Sulut.pdf (1.4M)

Word count: 3806

Character count: 19402

Analisa Waktu Pelaksanaan dan Biaya Menggunakan Metode CPM dan Metode *Crashing* Pada Proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut

Nazilah P. Abas¹, Tampanatu P. F. Sompie^{2*}, Aris Sampe³, Sherley Runtuuwu⁴

^{1,3,4}Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri
Manado, Kota Manado

²Program Studi Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Kota
Manado

E-mail: tampanatu.sompie@polimdo.ac.id

Abstrak

Pada masa pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi di lapangan yang dapat mengakibatkan penambahan waktu pelaksanaan dan pembengkakan biaya pelaksanaan sehingga penyelesaian proyek menjadi terhambat. Maka dari itu diperlukan percepatan penyelesaian proyek, alternatif percepatan dapat berupa penambahan jam lembur, penggunaan alat yang produktif, penambahan jumlah pekerja, penggunaan material yang cepat pemasangannya dan metode konstruksi yang lebih cepat. Pelaksanaan yang mengalami keterlambatan perlu dilakukan percepatan. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini dengan mempersingkat waktu pelaksanaan proyek dengan alternatif penambahan 3 jam kerja (lembur) pada kegiatan-kegiatan kritis yang didapat dari analisis jaringan kerja berupa CPM. Hasil yang didapatkan adalah durasi setelah percepatan yaitu 18 minggu atau 126 hari kerja atau lebih cepat 18,18% dari durasi normal yaitu 22 minggu atau 154 hari kerja, sedangkan biaya upah tenaga kerja setelah percepatan mengalami peningkatan dari biaya normal sebesar Rp. 47.750.000,00 menjadi Rp. 88.737.716,76.

Kata kunci: critical path method, crashing, jam kerja (lembur)

Abstract

During the implementation of the construction project, there was a mismatch between the schedule and realization in the field which could result in additional time and cost overruns so that project completion became frequent. Therefore, it is necessary to accelerate project completion, alternative acceleration can be in the form of increasing overtime hours, using productive tools, increasing the number of workers, using faster materials and faster construction methods. Implementation that is delayed needs to be accelerated. The analysis carried out in this study was to shorten the project implementation time with an additional 3 hours of work (overtime) on critical activities obtained from network analysis in the form of CPM. The results obtained are the duration after the acceleration is 18 weeks or 126 working days or 18.18% faster than the normal duration, which is 22 weeks or 154 working days, while the cost of labor wages after the acceleration has increased from the normal cost of Rp. 47,750,000.00 to Rp. 88,737,716.76.

Keywords: critical path method, crashing, overtime

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Laboratorium Forensik merupakan proyek milik Puslabfor Bareskrim Polri yang dilaksanakan oleh PT. Adhicon Perkasa dan diawasi oleh PT. Prada Cipta Areco, berlokasi di kawasan Sekolah Polisi Negara Manado, proyek dibangun diatas lahan sekitar 6.000 m² dengan beberapa gedung yang akan dibangun. Sesuai rencana dalam *Master Schedule* Proyek Laboratorium Forensik Polda Sulut diharapkan bisa selesai dalam durasi waktu 52 minggu atau 364 hari namun dalam aktualisasi pelaksanaannya berbagai macam faktor mempengaruhi progres pelaksanaan sehingga mengakibatkan beberapa pekerjaan mundur dari yang direncanakan dan berpengaruh terhadap jadwal pekerjaan lainnya.

Untuk mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek diperlukan suatu upaya dalam hal meningkatkan efektifitas pelaksanaan, metode yang bisa digunakan yaitu CPM (*Critical Path Methode*) dan Metode *Crashing* karena berkaitan dengan penjadwalan, formulasi dan percepatan. Metode CPM berfokus dengan menentukan lintasan jalur kritis sedangkan Metode *Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis.

Menurut Maulana dan Sutarto (2020); Kartikasari, dkk (2021); Sulisty, dkk (2021); Putri, dkk (2021) dengan penambahan jam kerja (lembur) waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat dari waktu pelaksanaan awal dan biaya menjadi lebih besar dari biaya normal, sedangkan menurut Novianto, dkk (2021) dengan penambahan jam kerja (lembur) dapat mengatasi keterlambatan dengan waktu pelaksanaan proyek dipercepat serta biaya menjadi lebih kecil dari biaya normal. Anggara dan Namara (2021); Sa'adah, dkk (2021) menyatakan bahwa dengan alternatif percepatan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur) didapat hasil analisis dengan kedua alternatif sistem penambahan jam kerja (lembur 3 jam) merupakan alternatif program *crashing* yang lebih efisien dan ekonomis, karena dengan menerapkan sistem tersebut durasi lebih cepat dan anggaran total biaya proyek lebih murah. Menurut Violita (2020) alternatif yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek ialah penambahan tenaga kerja dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur). Sulisty, dkk (2021); Putri, dkk (2021) menyatakan bahwa dengan penambahan tenaga kerja biaya menjadi lebih murah dibanding penambahan jam kerja (lembur) tetapi durasi waktunya lebih lama dengan penambahan tenaga kerja.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan observasi lapangan dan mengumpulkan data-data proyek yang diperoleh dari kontraktor pelaksana dan konsultan pengawas. Kemudian melakukan identifikasi faktor-faktor keterlambatan yang terjadi pada pelaksanaan proyek. Langkah selanjutnya adalah membuat jaringan kerja untuk menentukan jalur kritis menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan dianalisis menggunakan metode *Crashing* yang hasilnya digunakan sebagai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut Manado berlokasi di Kota Manado, Sulawesi Utara, dengan nilai kontrak Rp. 33.130.000.000,00 dan waktu pelaksanaan

354 hari kerja dengan masa pemeliharaan 6 bulan setelah selesai proyek. Pada pelaksanaan pekerjaan ini terdapat keterlambatan waktu pekerjaan dari alokasi waktu yang direncanakan, sehingga perlu diadakan percepatan agar proyek dapat selesai sesuai durasi normal perencanaan. Pada penelitian ini hanya difokuskan pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi gedung laboratorium dengan durasi 22 minggu atau 154 hari kerja.

Tabel 1. Rincian Anggaran Biaya Pekerjaan Tanah dan Pondasi

NO	PEKERJAAN	HARGA
PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI		
1	PEK. PENGURUGAN LAHAN	Rp 591.608.168,08
2	PEKERJAAN TIANG PANCANG UK. 25x25	Rp 767.602.000,00
3	PEK. PILE CAP TYPE-P1 ; 4 ttk	Rp 4.501.510,05
4	PEK. PILE CAP TYPE-P2 ; 16 ttk	Rp 31.582.566,56
5	PEK. PILE CAP TYPE-P3 ; 4 ttk	Rp 11.672.020,25
6	PEK. PILE CAP TYPE-P4 ; 8 ttK	Rp 29.415.723,92
7	PEK. PONDASI TURAP	Rp 401.143.149,61
8	PENGERJAAN TIE BEAM TB1 30 X 50	Rp 228.309.725,60
9	PENGERJAAN TB2 20 X 30	Rp 54.109.753,00
TOTAL		Rp 2.119.944.617,06

Tabel 2. Daftar Harga Upah Pekerja

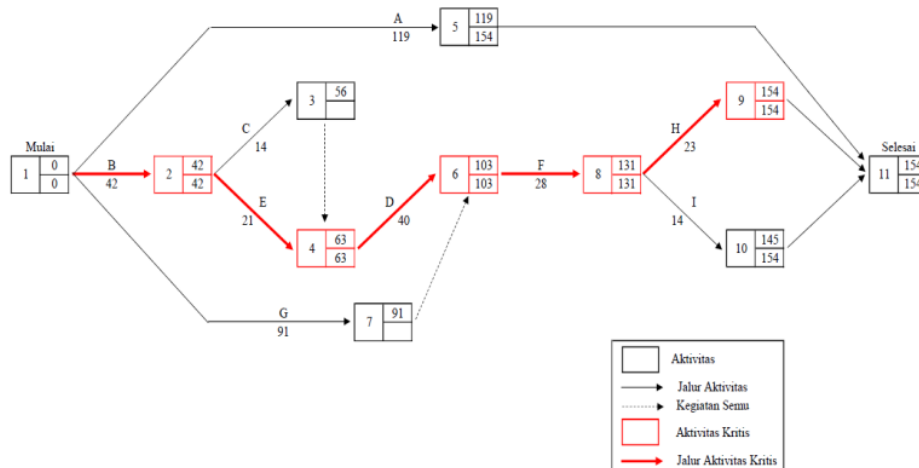
Jenis Upah	Harga
Mandor	Rp 175.000
Tukang batu	Rp 125.000
Tukang besi	Rp 125.000
Tukang gali	Rp 125.000
Pekerja	Rp 100.000

Penentuan Jalur Kritis

Dalam menentukan jalur kritis pekerjaan diperlukan penjadwalan jaringan kerja yang menjelaskan ketergantungan antar pekerjaan satu dengan yang lainnya yaitu menentukan pekerjaan terdahulu dan pekerjaan selanjutnya berdasarkan logika pekerjaan beserta durasi pekerjaan masing-masing. Dari tabel 3 dapat dilihat seluruh aktivitas yang akan dibuat diagram jalur kritisnya dengan aktifitas pendahulu serta durasi pekerjaan yang telah ditentukan terlebih dahulu sesuai dengan perencanaan awal proyek. Berikut adalah desain bagan aktivitas jalur kritis

Tabel 3. Aktivitas Pekerjaan

Kode	Jenis Pekerjaan	Pendahulu	Durasi (Hari)
PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI			
A	Pek. Pengurugan Lahan	-	119
B	Pekerjaan Tiang Pancang Uk. 25x25	-	42
C	Pek. Pile Cap Type-P1 ; 4 Ttk	B	14
D	Pek. Pile Cap Type-P2 ; 16 Ttk	E	40
E	Pek. Pile Cap Type-P3 ; 4 Ttk	B	21
F	Pek. Pile Cap Type-P4 ; 8 Ttk	D	28
G	Pek. Pondasi Turap	-	91
H	Pengerjaan Tie Beam Tb1 30 X 50	F	23
I	Pengerjaan Tb2 20 X 30	F	14



Gambar 1. Aktivitas Jalur Kritis

Dari desain jalur kritis yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.

Jalur kritis pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi adalah :

$$\begin{aligned}
 &= B+E+D+F+H \\
 &= 42+21+40+28+23 \\
 &= 154
 \end{aligned}$$

Total waktu normal pekerjaan struktur tanah dan pondasi adalah 154 hari.

Tabel 4. Rekapitulasi Aktivitas Kritis

Kode	Jenis Pekerjaan	Aktivitas Pendahulu	Durasi (Hari)	ES	EF	LS	LF	TF
B	Pekerjaan Tiang Pancang Uk. 25x25	-	42	0	42	0	10	0
E	Pek. Pile Cap Type-P3 ; 4 Ttk	B	21	42	63	42	63	0
D	Pek. Pile Cap Type-P2 ; 16 Ttk	E	40	63	103	63	103	0
F	Pek. Pile Cap Type-P4 ; 8 Ttk	D	28	103	131	103	131	0
H	Pengerjaan Tie Beam Tb1 30 X 50	F	23	131	154	131	154	0

Percepatan Proyek

Berdasarkan aktivitas pekerjaan kritis yang didapatkan, selanjutnya akan dilakukan percepatan dengan penambahan 3 jam kerja (lembur), pekerjaan yang akan dipercepat (*Crashing*) dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Aktivitas Pekerjaan yang akan di *Crashing*

No	ITEM PEKERJAAN	Volume		Durasi (Hari)	Harga
D	PEK. PILE CAP TYPE-P2 ; 16 ttk.			40	Rp 31.582.567
	Galian Tanah	15,40	m3	7	Rp 1.242.151,96
	Pasir Urug 10 cm	1,86	m3	5	Rp 595.543,42
	Lantai Kerja 5 cm	0,93	m3	5	Rp 929.989,63
	Beton K-300	8,40	m3	6	Rp 10.301.125,04
	Pembesian	960,28	kg	12	Rp 12.139.169,77
	Bekisting Batako	41,44	m2	5	Rp 6.374.586,74
E	PEK. PILE CAP TYPE-P3 ; 4 ttk.			21	Rp 11.672.020
	Galian Tanah	4,74	m3	4	Rp 381.872,95
	Pasir Urug 10 cm	0,65	m3	2	Rp 208.167,45
	Lantai Kerja 5 cm	0,32	m3	2	Rp 325.070,46
	Beton K-300	3,65	m3	4	Rp 4.471.178,80
	Pembesian	333,30	kg	5	Rp 4.213.374,59
	Bekisting Batako	13,47	m2	4	Rp 2.072.356,00
F	PEK. PILE CAP TYPE-P4 ; 8 ttk.			28	Rp 29.415.724
	Galian Tanah	15,10	m3	5	Rp 1.217.832,72
	Pasir Urug 10 cm	1,62	m3	3	Rp 521.100,49
	Lantai Kerja 5 cm	0,81	m3	3	Rp 813.740,93
	Beton K-300	9,60	m3	5	Rp 11.772.714,33
	Pembesian	812,13	kg	7	Rp 10.266.323,87
	Bekisting Batako	31,36	m2	5	Rp 4.824.011,58
H	PEKERJAAN TIE BEAM TB1 30 X 50			23	Rp 228.309.726

Galian Tanah	109,40	m3	5	Rp 8.821.328,63
Pasir Urug 10 cm	17,37	m3	3	Rp 5.571.988,94
Lantai Kerja 5 cm	5,21	m3	3	Rp 5.220.669,18
Beton K-300	52,10	m3	5	Rp 63.885.370,10
Pembesian	7.229,23	kg	4	Rp 91.386.286,38
Bekisting Batako	347,30	m2	3	Rp 53.424.082,37
Total				Rp 300.980.036

a. Analisa Kenutuhan Tenaga Kerja

Perhitungan kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2, sebagai berikut

Volume pekerjaan = 15,40 m³

• Koefisien tenaga kerja

Mandor = 0,050

Tukang gali = 0,300

Pekerja = 0,250

(Nilai koefisien diperoleh dari AHS biaya proyek)

• Upah

Mandor = Rp. 175.000,00

Tukang gali = Rp. 125.000,00

Pekerja = Rp. 100.000,00

(Harga upah pekerja diperoleh dari daftar harga upah proyek)

• Kebutuhan Tenaga Kerja

- Mandor = volume x koefisien
 = 15,40 x 0,050
 = 0,77 ≈ 1 orang
- Tukang Gali = volume x koefisien
 = 15,40 x 0,300
 = 4,62 ≈ 5 orang
- Pekerja = volume x koefisien
 = 15,40 x 0,250
 = 3,85 ≈ 4 orang

• Upah Tenaga Kerja

- Mandor = jumlah pekerja x upah
 = 1 x Rp. 175.000,00
 = Rp. 175.000,00
- Tukang Gali = jumlah pekerja x upah
 = 5 x Rp. 125.000,00
 = Rp. 625.000,00
- Pekerja = jumlah pekerja x upah
 = 4 x Rp. 100.000,00
 = Rp. 400.000,00

Tabel 6. Kebutuhan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Volume Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Upah Tenaga Kerja
Mandor	15,4	1	Rp 175.000,00
Tukang Gali		5	Rp 625.000,00
Pekerja		4	Rp 400.000,00
Jumlah			Rp 1.200.000,00

b. Analisa Produktivitas Tenaga Kerja

Berikut adalah perhitungan produktivitas pada pekerjaan galian tanah struktur tanah & pondasi P2, dengan rumus :

$$\text{Produktivitas tenaga kerja} = \frac{V}{T \times n}$$

Dimana :

V = Volume pekerjaan

T = Durasi pekerjaan

n = Jumlah tenaga kerja yang digunakan

- Mandor $= \frac{15,40}{7 \times 1} = 2,2$ m3/hari/orang
- Tukang gali $= \frac{15,40}{7 \times 5} = 0,44$ m3/hari/orang
- Pekerja $= \frac{15,40}{7 \times 4} = 0,55$ m3/hari/orang

c. Analisa Penambahan Jam Kerja (lembur)

Penurunan Produktivitas

Untuk menentukan nilai produktivitas penambahan jam kerja lembur yaitu menggunakan rumus :

$$\text{Penurunan produktivitas} = \frac{1}{\text{Indeks produktivitas}}$$

Indeks produktivitas diperoleh dari Gambar 2.8 menurut Soeharto, sehingga dapat dihitung nilai penurunan produktivitas per jam sebagai berikut :

$$\text{Penurunan produktivitas jam ke 1} = \frac{1}{1,1} = 0,909$$

$$\text{Penurunan produktivitas jam ke 2} = \frac{1}{1,2} = 0,833$$

$$\text{Penurunan produktivitas jam ke 3} = \frac{1}{1,3} = 0,769$$

Maka dapat dihitung produktivitas per jamnya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produktivitas per jam} = \frac{\text{kapasitas kerja per hari}}{\text{durasi jam kerja normal}}$$

Durasi kerja normal = 7 jam

Durasi kerja lembur = 3 jam

Total jam kerja = 10 jam

Berikut perhitungan produktivitas tenaga kerja setelah ditambah 3 jam kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2

- Mandor
 - Produktivitas per jam normal = $2,2/7 = 0,314 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 1 = $0,909 \times 0,314 = 0,286 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 2 = $0,833 \times 0,314 = 0,262 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 3 = $0,769 \times 0,314 = 0,242 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas 3 jam lembur = $0,286 + 0,262 + 0,242 = 0,789 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
 - Produktivitas 7 jam normal = $0,314 \times 7 = 2,2 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
 - Produktivitas 10 jam kerja = $0,787 + 2,2 = 2,989 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
- Tukang gali
 - Produktivitas per jam normal = $0,44/7 = 0,063 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 1 = $0,909 \times 0,063 = 0,057 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 2 = $0,833 \times 0,063 = 0,052 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 3 = $0,769 \times 0,063 = 0,048 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas 3 jam lembur = $0,057 + 0,052 + 0,048 = 0,158 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
 - Produktivitas 7 jam normal = $0,063 \times 7 = 0,44 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
 - Produktivitas 10 jam kerja = $0,158 + 0,44 = 0,598 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
- Pekerja
 - Produktivitas per jam normal = $0,55/7 = 0,079 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 1 = $0,909 \times 0,079 = 0,071 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 2 = $0,833 \times 0,079 = 0,065 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas lembur jam ke 3 = $0,769 \times 0,079 = 0,060 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$
 - Produktivitas 3 jam lembur = $0,071 + 0,065 + 0,060 = 0,197 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
 - Produktivitas 7 jam normal = $0,079 \times 7 = 0,55 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$
 - Produktivitas 10 jam kerja = $0,197 + 0,55 = 0,747 \text{ m}^3/\text{hari/orang}$

Menentukan Crash Duration

$$\text{Durasi setelah Crashing} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas kerja 10 jam} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

Berikut perhitungan durasi pekerjaan setelah ditambahkan 3 jam kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2 :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Mandor} = \frac{15,40}{2,989 \times 1} = 5,152 \\ \text{Tukang gali} = \frac{15,40}{0,598 \times 5} = 5,152 \\ \text{Pekerja} = \frac{15,40}{0,747 \times 4} = 5,152 \end{array} \right\} 5 \text{ Hari}$$

Menentukan Biaya Tambahan dan Upah Total Tenaga Kerja

Setelah mendapatkan durasi pekerjaan setelah crashing, maka dapat dihitung berapa biaya tambahan akibat penambahan jam kerja dengan menggunakan rumus yang berdasarkan ketentuan yang tertulis dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang upah jam kerja lembur. Rumus tersebut ialah sebagai berikut :

- Upah jam lembur ke 1 $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$
- Upah jam lembur ke 2 dan seterusnya $= 2 \times \frac{1}{173} \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$

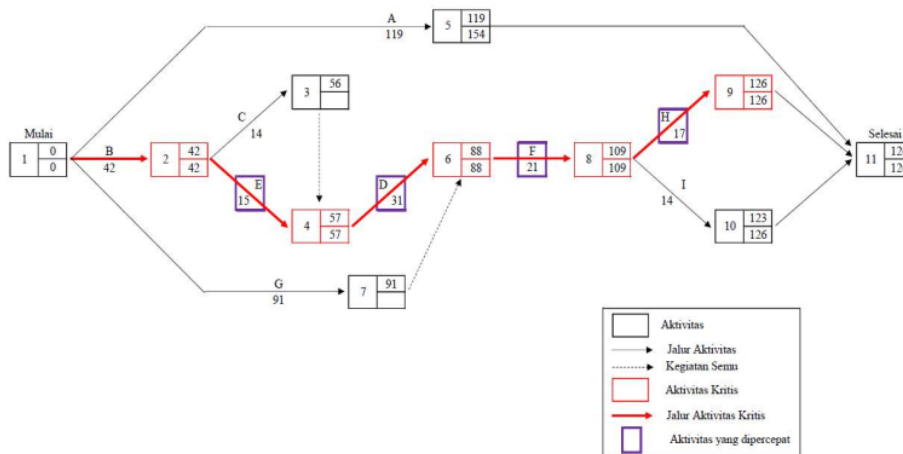
Berikut perhitungan biaya tambahan dan upah total tenaga kerja pada pekerjaan galian tanah pondasi P2

- Upah Normal
 - Mandor = Rp. 175.000,00
 - Tukang gali = Rp. 125.000,00
 - Pekerja = Rp. 100.000,00
- Upah lembur jam ke 1
 - Mandor = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 175.000,00} \times 27 = \text{Rp. 40.968,21}$
 - Tukang gali = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 125.000,00} \times 27 = \text{Rp. 29.263,01}$
 - Pekerja = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 100.000,00} \times 27 = \text{Rp. 23.410,40}$
- Upah lembur jam ke 2
 - Mandor = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 175.000,00} \times 27 = \text{Rp. 54.624,28}$
 - Tukang gali = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 125.000,00} \times 27 = \text{Rp. 39.017,34}$
 - Pekerja = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 100.000,00} \times 27 = \text{Rp. 31.213,87}$
- Upah lembur jam ke 3
 - Mandor = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 175.000,00} \times 27 = \text{Rp. 54.624,28}$
 - Tukang gali = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 125.000,00} \times 27 = \text{Rp. 39.017,34}$
 - Pekerja = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{Rp. 100.000,00} \times 27 = \text{Rp. 31.213,87}$
- Upah tenaga kerja (ohor)
 - (Upah normal + upah jam ke 1 + upah jam ke 2 + upah jam ke 3)
 - Mandor = Rp. 325.216,76
 - Tukang gali = Rp. 232.297,69
 - Pekerja = Rp. 185.838,15
- Total upah tenaga kerja
 - (Total cost per hari x jumlah tenaga kerja)
 - Mandor = Rp. 325.216,74 x 1 = Rp. 325.216,74
 - Tukang gali = Rp. 232.297,68 x 5 = Rp. 1.161.488,40
 - Pekerja = Rp. 185.837,16 x 4 = Rp. 743.348,64
 - Total upah pekerjaan = Rp. 2.230.053,78

Berdasarkan perhitungan durasi setelah penambahan 3 jam kerja lembur maka didapatkan durasi keseluruhan menjadi 126 hari kerja. Berikut adalah diagram jaringan kerja setelah dilakukan crashing dengan penambahan jam lembur selama 3 jam.

Tabel 7. Durasi Setelah *Crashing*

No	Kode	Jenis Pekerjaan	Aktivitas Pendahulu	Durasi (Hari)
PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI				
1	A	Pek. Pengurugan Lahan	-	119
2	B	Pekerjaan Tiang Pancang Uk. 25x25	-	42
3	C	Pek. Pile Cap Type-P1 ; 4 Ttk	B	14
4	D	Pek. Pile Cap Type-P2 ; 16 Ttk	E	31
5	E	Pek. Pile Cap Type-P3 ; 4 Ttk	B	15
6	F	Pek. Pile Cap Type-P4 ; 8 Ttk	D	21
7	G	Pek. Pondasi Turap	-	91
8	H	Pengerjaan Tie Beam Tb1 30 X 50	F	17
9	I	Pengerjaan Tb2 20 X 30	F	14



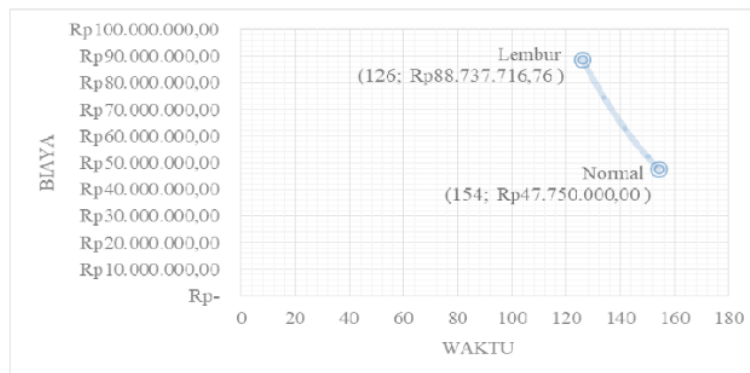
Gambar 2. Jalur Kritis setelah *Crashing*

Penelitian pada proyek Pembangunan Laboratorium Forensik Polda Sulut ini hanya berfokus pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi yang di rencanakan selesai dalam kurun waktu 154 hari kerja dengan upah tenaga kerja sebesar Rp 47.750.000,00. Hasil dari proses percepatan pada pekerjaan bangunan menunjukkan bahwa durasi percepatan dengan alternatif penambahan 3 jam kerja (lembur) durasi percepatan proyek sebesar 126 hari kerja atau 18,18%. Upah tenaga kerja yang diperoleh yaitu Rp 88.737.716,76.

Tabel 8. Rekapitulasi Perbandingan Biaya dan Durasi

Uraian	Durasi (Hari)	Upah Tenaga Kerja	Selisih
Pekerjaan Normal	154	Rp 47.750.000,00	
Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)	126	Rp 88.737.716,76	Rp 40.987.716,76

Berikut adalah kurva perbandingan antara waktu dan biaya pada kondisi normal dan lembur berdasarkan hubungan waktu dan biaya normal dan setelah di *Crashing*. Pada gambar 3 diperlihatkan hubungan antara biaya dan waktu. Apabila waktu dipersingkat, maka biaya yang dibutuhkan juga akan meningkat dari biaya normal. Hal ini terjadi karena peningkatan pengeluaran biaya langsung, seperti gaji tenaga kerja maupun upah lembur.



Gambar 3. Perbandingan Waktu dan Biaya Pada Kondisi Normal dan Lembur

4. KESIMPULAN

Pada proyek yang ditinjau ini mengalami keterlambatan pelaksanaan akibat dari lamanya mobilisasi alat pancang dan terjadinya kerusakan pada alat tersebut sehingga pekerjaan tertunda. Juga faktor cuaca yang mengakibatkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan. Hasil analisa jalur kritis pada pekerjaan struktur tanah dan pondasi didapat jalur pekerjaan kritis yaitu B-E-D-F-H dengan total waktu pelaksanaan 154 hari kerja. Dari hasil analisa percepatan (*crashing*) dengan penambahan 3 jam kerja (lembur) dari 5 pekerjaan kritis terdapat 4 pekerjaan yang dipercepat, didapatkan total upah tenaga kerja dalam kondisi normal Rp 47.750.000,00 dengan waktu pelaksanaan 154 hari kerja, hasil penambahan 3 jam kerja (lembur) diperoleh upah tenaga kerja Rp 88.737.716,76 dengan waktu pelaksanaan 126 hari kerja atau lebih cepat 18,18% dari durasi normal. Apabila waktu dipersingkat maka biaya yang dibutuhkan juga meningkat dari biaya normal.

5. SARAN

Metode percepatan yang digunakan dalam penelitian ini hanya menggunakan penambahan jam kerja (lembur). Hasil yang diperoleh akan lebih baik apabila ditambahkan dengan alternatif yang lainya seperti penambahan tenaga kerja, shift kerja, penambahan material/peralatan dan lainnya. Agar dapat lebih banyak perbandingan dan dapat mengetahui metode *crashing* yang lebih efektif dari segi waktu dan biaya.

17

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Adhicon Perkasa selaku pelaksana proyek dan PT. Prada Cipta Areco selaku pengawas proyek yang sudah memberikan bantuan selama pengambilan data pada penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, E. R., dan Namara, I. (2021). Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode Crashing Pada Pembangunan Tower 7 Proyek Apartement Tokyo Riverside. *Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri. Vol. 1, No. 1.*
- Badri, S. (1991). Dasar-Dasar Network Planning (Dasar-Dasar Pelaksanaan Jaringan Kerja). Edisi Kedua. Penerbit PT Rineka Cipta Jakarta.
- Kartikasari, D., Sampurno, S. W., dan Agustyawan, P. E. (2021). Mengurangi Durasi Penyelesaian Proyek dengan Menggunakan Metode Crashing pada Pembangunan Gedung Kecamatan Lamongan. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil. Vol. 4, No. 1.*
- Maulana, A. B. A., dan Sutarto, A. (2020). Analisis Percepatan Waktu Dan Rencana Anggaran Biaya Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil.*
- Novianto, R., Suparno., Sutrisno., dan Abdul, R. (2021). Application Of Network Analysis Crashing Method In Evaluating The Schedule Of Naval Base Facility Development Project. *International Journal of ASRO. Vol. 12, No. 1. 153-159*
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur
- Putri, D. A., Muhtar., dan Gunasti, A. (2021). Penerapan Metode CPM dan Crashing pada Proyek Gedung Training Center Universitas Jember (*Application of the CPM and Crashing Method in the Jember University Training Center Building Project*). *Jurnal Smart Teknologi. Vol. 2, No. 2. 151-158.*
- Sa'adah, N., Iqrammah, E., dan Rijanto, T. (2021). Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), Vol. 3, No. 2.*
- Soeharto, I. (1999). Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1 Konsep, Studi Kelayakan, dan Jaringan Kerja. Edisi Kedua. Penerbit ERLANGGA, Jakarta.
- Sulistyo, A. B., Ilpan., Khadijah A. 2021. (*Redesign Road Project Using Critical Chain Project Management Method and Crashing Method*) Perencanaan Ulang Proyek Jalan Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management* Dan Metode *Crashing*. *Jurnal Optimasi Sistem Industri, Vol. 14, No. 2.*
- Syaifuddin, D. (2011). Riset Operasi (Aplikasi Quantitative Analysis for Management). Penerbit Percetakan CV Citra Malang.
- Violita, B. (2020). Analisa Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja Atau Durasi Kerja (Studi Kasus: Pembangunan Aula Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman). Skripsi.

Analisa Waktu Pelaksanaan dan Biaya Menggunakan Metode CPM dan Metode Crashing

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	polimdo.ac.id Internet Source	3%
2	Jenriley Miracle Paulus, Steve Supit, Hellen Mantiri. "Karakteristik Mekanik Campuran Panel Dinding Berbahan Dasar Metakaolin dan Serat Bambu", Jurnal Teknik Sipil Terapan, 2022 Publication	2%
3	repository.its.ac.id Internet Source	2%
4	repository.mercubuana.ac.id Internet Source	2%
5	prosiding.uika-bogor.ac.id Internet Source	1%
6	idoc.pub Internet Source	1%
7	Submitted to Universitas Sam Ratulangi Student Paper	1%

8	Rilya Rumbayan, Sudarno Sudarno. Jurnal Teknik Sipil Terapan (JTST), 2020 Publication	<1 %
9	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	<1 %
10	Budhi Setiawan, Ridwan Usman. "OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE CPM DI PROYEK LRT PULOMAS", JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri, 2020 Publication	<1 %
11	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
12	jurnal.polimdo.ac.id Internet Source	<1 %
13	D J A Fatkhurrahman, R U Latief, S Burhanuddin. "The Analysis of Delayed Duration Caused by Unpredictable Factors in Pammukkulu Dam", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021 Publication	<1 %
14	ejournal.akprind.ac.id Internet Source	<1 %
15	kineruku.com Internet Source	<1 %

16

Internet Source

<1 %

17

www.researchgate.net

Internet Source

<1 %

18

docplayer.info

Internet Source

<1 %

19

hdl.handle.net

Internet Source

<1 %

20

jurnal.uisu.ac.id

Internet Source

<1 %

21

jurnal.umj.ac.id

Internet Source

<1 %

22

www.mastimon.com

Internet Source

<1 %

23

Muhammad Nur Sahid, Gotot Slamet Mulyono, Aziz Singgih Jati Nuryanto, Jaji Abdurrosyid. "Evaluasi Pengendalian Waktu dan Produktivitas Tenaga Kerja Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Parkir Menggunakan Metode Jaringan Kerja Critical Path Methode (CPM) (Studi Kasus : Gedung Parkir Balai Kota Semarang)", *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 2020

Publication

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On