

ANALISIS PERHITUNGAN BIAYA DAN WAKTU PEKERJAAN *REDESIGN* PONDASI PADA TOWER 2 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

COST AND TIME CALCULATION ANALYSIS
 OF FOUNDATION REDESIGN WORK ON TOWER 2
 SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA

Prayuda Ihza Mahendra¹, Hanie Teki Tjendani²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
 Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
 Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

¹E-mail: prayudaihza12@gmail.com

²E-mail:hanie@untag-sby.ac.id

Abstract

At the beginning of the planning for the construction of Tower ITS 2, the foundation was determined using a pilecap combination of piles with a depth of 20 m, but after carrying out soil tests it was discovered that at a depth of 12 m the hard ground had already been found. This change in the length of the spun pile resulted in the need to adjust the number of spun pile points to a greater number in order to provide stability against soil shifts. Changes in the number of piling points will of course also have an impact on the dimensions of the planned pile cap, where in the initial plan using a pile cap foundation changes to a raft foundation. Because the Raft Foundation is a local foundation, this foundation can be used on less stable soil to distribute the load evenly to the ground below. The raft foundation work took 189 days. Therefore, to shorten the time to complete the work, the researchers analyzed using the Crashing Method. Method of accelerating work completion by determining the critical path and analyzing additional labor and working hours. From these two methods, the most efficient completion time was obtained, namely 181 days with the option of increasing labor by 25% and reducing costs by up to 0.17%.

Keywords: *Pile cap; Raft Foundation; Estimate time and cost;*

Abstrak

Pada awal perencanaan pembangunan Tower ITS 2 penentuan pondasi menggunakan *pilecap* kombinasi pancang dengan kedalaman 20 m, tetapi setelah melakukan tes tanah diketahui bahwa pada kedalaman 12 m sudah menemui titik tanah kerasnya. Perubahan panjang *spunpile* ini mengakibatkan perlu adanya penyesuaian jumlah titik *spunpile* menjadi lebih banyak demi memenuhi stabilitas terhadap pergeseran tanah. Perubahan jumlah titik pancang tentu juga akan berdampak pada dimensi *pilecap* rencana, dimana pada rencana awal menggunakan pondasi *pilecap* berubah menjadi pondasi rakit atau *raft foundation*. Karena *Raft Foundation* adalah pondasi setempat pondasi ini dapat digunakan pada tanah yang kurang stabil untuk pendistribusian beban dapat merata ke tanah bawahnya. Pekerjaan Pondasi rakit tersebut membutuhkan durasi selama 189 hari. Maka dari itu untuk mempersingkat waktu penyelesaian pekerjaan maka peneliti menganalisis menggunakan Metode *Crashing*. Metode percepatan penyelesaian pekerjaan dengan menentukan lintasan kritis dan dianalisis penambahan tenaga kerja dan jam kerja. Dari kedua cara tersebut didapatkan waktu penyelesaian terefisien yaitu 181 hari dengan opsi penambahan tenaga kerja sebesar 25% dan pengurangan biaya hingga 0,17% .

Kata kunci *Raft Foundation; Metode Crashing; Estimasi waktu dan biaya*

Pendahuluan

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Namun pada kenyataannya di lapangan, suatu proyek tidak selalu berjalan sesuai dengan jadwal yang telah dibuat. Ada banyak faktor yang mengakibatkan hal tersebut terjadi, salah contoh turunnya hujan. Proses perencanaan kegiatan-kegiatan proyek merupakan masalah yang sangat penting. Perencanaan kegiatan merupakan dasar agar proyek bisa berjalan dan dilaksanakan serta dapat selesai dengan waktu yang optimal (Gunasti, Rofiqi and Priyono, 2019). *Crashing Project* Produktivitas harian percepatan diperoleh dari jumlah produktivitas harian normal dengan produktivitas pekerjaan saat jam lembur per hari. Penambahan jam kerja lembur sesuai Peraturan yang berlaku dilakukan selama 3 jam per hari, sedangkan produktivitas pekerja jam lembur diasumsikan mengalami penurunan, dan hanya diperhitungkan sebesar 80% dari produktivitas jam kerja regular..

Waktu, biaya dan kualitas produksi, perusahaan harus bisa seefisien mungkin dalam penggunaan waktu di setiap kegiatan atau aktivitas, sehingga biaya tidak melebihi dari rencana semula dan tidak mengurangi mutu. Karena cepat dan efektifnya pembangunan suatu proyek sangat diperlukan (Apriliani and Cahyono, 2022). Oleh karena itu optimasi perlu dilakukan menggunakan metode yang baik karena optimasi yang dilakukan dengan biaya yang terbatas. Terdapat beberapa metode untuk percepatan penjadwalan, salah satunya adalah yang digunakan untuk mengoptimalisasi biaya dan waktu dalam studi ini yaitu *crashing program*. Metode *crashing program* dilakukan dengan mempercepat durasi pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur kritis dan memiliki *cost slope* yang paling rendah kemudian dilakukan perhitungan biaya yang dibutuhkan setelah dilakukan percepatan waktu perencanaan agar mencapai titik optimal.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian masalah pada lapangan yang bertujuan untuk mempelajari secara cermat latar belakang keadaan dan interaksi suatu objek. Sedangkan pendekatan penelitiannya yang bertujuan untuk menganalisa. Berikut langkah penelitian :

Langkah Penelitian

1. Mengumpulkan data data proyek
2. Membuat urutan aktivitas item pekerjaan
3. Menentukan Lintasan Kritis dengan analisis logika ketergantungan tiap item pekerjaan menggunakan *Microsoft Project*
4. Menganalisis Percepatan waktu (*Metode Crashing*) pada aktivitas aktivitas item pekerjaan di Lintasan Kritis
5. Menghitung biaya *Crash Cost* akibat percepatan waktu pekerjaan di Lintasan Kritis
6. Menganalisis perbandingan Metode *Crashing* dengan penambahan waktu dan Metode *Crashing* dengan penambahan pekerja
7. Menghitung total waktu dan biaya normal dan total waktu dan biaya setelah *Crash Program*.

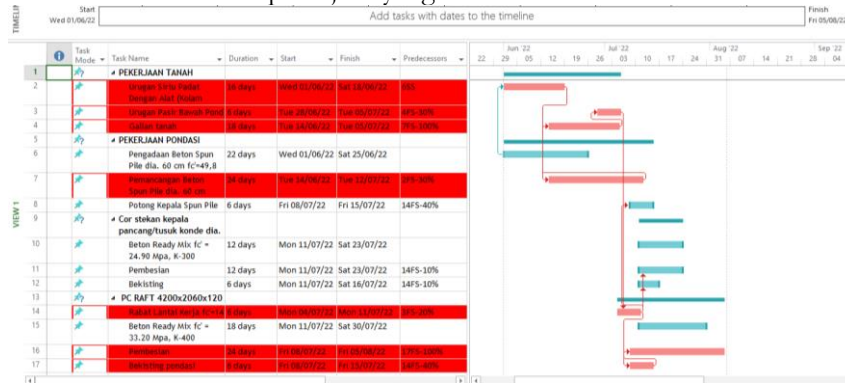
Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Umum Proyek

1. Nama Pekerjaan : Pekerjaan Redesign Raft Foundation Tower 2 ITS
2. Durasi Pekerjaan : 189 hari
3. Total Anggaran : Rp. 5.964.383.576,64
4. Kendala :
 - a. Hasil tes kedalaman tiang pancang mencapai titik kerasnya berbeda dengan perencanaan
 - b. Kemunduran atau keterlambatan waktu pengerjaan

4.2 Daftar Kegiatan Kritis

Menentukan kegiatan atau pekerjaan yang berada di Lintasan Kritis menggunakan *Microsoft Project* dengan pertimbangan ketergantungan antar tugas. Ketergantungan bisa berupa *Finish-to-Start (FS)*, *Start-to-Start (SS)*, *Finish-to-Finish (FF)*, atau *Start-to-Finish (SF)*. Berdasarkan hasil input di *Microsoft Project* pekerjaan yang berwarna merah adalah pekerjaan yang memiliki lintasan terlama atau berada di lintasan kritis



Gambar 1.1 Penentuan Lintasan Kritis Menggunakan Aplikasi Microsoft Project
 (Sumber : Olahan Peneliti ,2023)

Daftar lintasan kritis atau *Critical Path* pada pekerjaan pondasi Tower 2 Institut Teknologi Sepuluh Nopember antara lain sebagai berikut :

1. Urugan Sirtu padat dengan Alat (Kolam Existing)
2. Urugan Pasir Bawah Pondasi, tbl 10 cm
3. Galian Tanah
4. Pemasangan Beton Spun Pile diameter 60 cm $fc' = 49.8$ Mpa
5. Rabat Lantai Kerja $fc' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation
6. Bekisting Raft Foundation
7. Pembesian Raft Foundation

4.3 Rekapitulasi Biaya Normal Redesign

Biaya *Redesign* yang dihitung pada tahap ini adalah biaya tiap item pekerjaan pada kondisi setelah adanya *Redesign* . Sebelum menghitung biaya *Redesign cost*, terdapat beberapa parameter yang harus dihitung terlebih dahulu. disini diambil contoh perhitungan : Pekerjaan Pc Raft 4200 x 2060 x 120

Rabat Lantai Kerja $fc' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm *Raft Foundation*

1. Perhitungan Kebutuhan Tenaga Kerja

Volume : 44,30 m³

Durasi Normal : 5 hari

Jumlah Pekerja = $\frac{(Koefisien\ tenaga\ kerja\ x\ Volume)}{Durasi\ Normal}$

$$Pekerja = \frac{(1 \times 44,30)}{5}$$

$$= 8,86 \approx 9 \text{ Orang}$$

$$Tukang = \frac{(0,25 \times 44,30)}{5}$$

$$= 2,22 \approx 3 \text{ Orang}$$

$$Tukang\ batu = \frac{(0,025 \times 44,30)}{5}$$

$$= 0,22 \approx 1 \text{ Orang}$$

$$Mandor = \frac{(0,1 \times 44,30)}{5}$$

$$= 0,89 \approx 1 \text{ Orang}$$

2. Upah Normal Tenaga Kerja

Lama jam kerja \times Harga satuan upah pekerja

- a. Pekerja = Rp. 9.750,00 \times 8 jam = Rp.78.000,00
- b. Tukang = Rp. 10.250,00 \times 8 jam = Rp.82.000,00
- c. Kepala Tukang = Rp. 11.250,00 \times 8 jam = Rp.90.000,00
- d. Mandor = Rp. 12.500,00 \times 8 jam = Rp.100.000,00

3. Upah Total Tenaga Kerja Per-hari

Pekerja : 9 orang

$$= 9 \times \text{Rp.78.000,00}$$

$$=\text{Rp.702.000,00}$$

Tukang Batu : 3 Orang

$$= 3 \times \text{Rp.82.000,00}$$

$$=\text{Rp.246.000,00}$$

Kepala Tukang Batu : 1 Orang

$$= 1 \times \text{Rp.90.000,00}$$

$$= \text{Rp.90.000,00}$$

Mandor : 1 Orang

$$= 1 \times \text{Rp.100.000,00}$$

$$=\text{Rp.100.000,00}$$

Total Upah harian Pekerjaan Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,5 \text{ Mpa}$, $t_{bl} = 5 \text{ cm}$ adalah =
 Rp.1.138.000,00

4. Total Upah Pekerja hingga pekerjaan selesai

$$\text{Rabat Lantai Kerja } f_c' = 14,5 \text{ Mpa} , t_{bl} = 5 \text{ cm}$$

$$= \text{Rp.1.138.000,00} \times 5 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp.5.690.000,00}$$

4.4 Opsi Penambahan Jam Kerja (Lembur)

1. Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53 \text{ Mpa}$, tebal 5 cm Raft Foundation

Volume : 44,30 m³

Durasi Normal : 5 hari

Jam kerja normal : 8 jam

$$\text{Jumlah Pekerja} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{44,30}{5} = 8,86 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}} = \frac{8,86}{8} = 1,107 \text{ m}^3/\text{hari/jam}$$

Produktivitas sesudah crash =

Diketahui:

Jam kerja normal : 8 jam

Jam kerja lembur : 4 jam

Koef prestasi lembur: 60% = 0,6

Maka:

$$(\text{Jam kerja per hari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$$

$$=(8 \times 1,107) + (4 \times 0,6 \times 1,107) = 11,51 \text{ m}^3$$

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}} = \frac{44,30}{11,51} = 3,84 \approx 4 \text{ hari}$$

4.5 Biaya Tambahan akibat Penambahan Jam kerja

Upah normal per-hari

a. Pekerja	$= \frac{\text{Rp.78.000,00}}{8 \text{ jam}} = \text{Rp. 9.750,00}$
b. Tukang	$= \frac{\text{Rp.82.000,00}}{8 \text{ jam}} = \text{Rp. 10.250,00}$
c. Kepala Tukang	$= \frac{\text{Rp.90.000,00}}{8 \text{ jam}} = \text{Rp. 11.250,00}$
d. Mandor	$= \frac{\text{Rp.100.000,00}}{8 \text{ jam}} = \text{Rp. 12.500,00}$

Upah lembur 1 jam pertama = 1,5 × Upah normal pekerja

a. Pekerja	$= 1,5 \times \text{Rp. 9.750,00} = \text{Rp.14.625,00}$
b. Tukang	$= 1,5 \times \text{Rp. 10.250,00} = \text{Rp.15.375,00}$
c. Kepala Tukang	$= 1,5 \times \text{Rp. 11.250,00} = \text{Rp.16.875,00}$
d. Mandor	$= 1,5 \times \text{Rp. 12.500,00} = \text{Rp.18.750,00}$

Upah lembur 2 jam berikutnya = 2 × Upah normal per jam

a. Pekerja	$= 2 \times \text{Rp. 9.750,00} = \text{Rp.19.500,00}$
b. Tukang	$= 2 \times \text{Rp. 10.250,00} = \text{Rp.20.500,00}$
c. Kepala Tukang	$= 2 \times \text{Rp. 11.250,00} = \text{Rp.22.500,00}$
d. Mandor	$= 2 \times \text{Rp. 12.500,00} = \text{Rp.25.000,00}$

Upah lembur 3 jam berikutnya = 2 × Upah normal per jam

a. Pekerja	$= 2 \times \text{Rp. 9.750,00} = \text{Rp.19.500,00}$
b. Tukang	$= 2 \times \text{Rp. 10.250,00} = \text{Rp.20.500,00}$
c. Kepala Tukang	$= 2 \times \text{Rp. 11.250,00} = \text{Rp.22.500,00}$
d. Mandor	$= 2 \times \text{Rp. 12.500,00} = \text{Rp.25.000,00}$

Upah lembur 4 jam berikutnya = 2 × Upah normal per jam

a. Pekerja	$= 2 \times \text{Rp. 9.750,00} = \text{Rp.19.500,00}$
b. Tukang	$= 2 \times \text{Rp. 10.250,00} = \text{Rp.20.500,00}$
c. Kepala Tukang	$= 2 \times \text{Rp. 11.250,00} = \text{Rp.22.500,00}$
d. Mandor	$= 2 \times \text{Rp. 12.500,00} = \text{Rp.25.000,00}$

Biaya lembur total = Upah normal per hari + Upah lembur 1 jam pertama + Upah lembur 2 jam selanjutnya + Upah lembur jam berikutnya .

Pekerja	$= \text{Rp. 151.125,00}$
Tukang	$= \text{Rp. 158.875,00}$
Kepala Tukang	$= \text{Rp. 174.375,00}$
Mandor	$= \text{Rp. 193.750,00}$

a. Perhitungan Upah Lembur pekerja per hari

Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation

Upah lembur pekerja per hari = Jumlah pekerja \times biaya lembur total

Pekerja = 9 x Rp. 151.125,00

=Rp.1.360.125,00

Tukang = 3 x Rp. 158.875,00

=Rp.476.625,00

Kepala Tukang = 1 x Rp.174.375,00

=Rp.174.375,00

Mandor = 1 x Rp. 193.750,00

=Rp. 193.750,00

Total Upah Lembur Seluruh Pekerja per hari adalah =Rp.1.209.125,00

b. Perhitungan *Crash Cost*

Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation

Crash Cost = Jumlah upah lembur perhari \times Durasi percepatan

= Rp.2.204.875,00 x 4 hari

=Rp.8.819.500,00

c. Perhitungan *Cost Slope*

Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation

Normal cost = Rp. 5.690.000,00

Crash cost = Rp. 8.819.500,00

Normal duration = 5 hari

Crash duration = 4 hari

$$\begin{aligned} \text{Cost slope} &= \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}} \\ &= \frac{\text{Rp.8.819.500,00} - \text{Rp.5.690.000,00}}{5 \text{ hari} - 4 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp. 3.129.500,00/hari} \end{aligned}$$

Rekapitulasi untuk hasil analisis penambahan biaya dan upah tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek dengan opsi penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.1 Rekapitulasi *cost slope* penambahan jam kerja pada seluruh pekerjaan Kritis

No	Item Pekerjaan	Opsi				Durasi Percepatan	Cost Slope (Rp)
		Normal		Crashing			
		Durasi	Biaya (Rp)	Durasi	Biaya (Rp)		
1	Urugan Sirtu padat dengan Alat (Kolam Existing)	20	Rp 44.760.000,00	16	Rp 69.378.000,00	4	Rp 6.154.500,00
2	Urugan Pasir Bawah Pondasi, tbl 10 cm	12	Rp 4.179.456,00	10	Rp 6.471.250,00	2	Rp 1.145.897,00
3	Galian Tanah	21	Rp 138.978.000,00	17	Rp 217.980.375,00	4	Rp 19.750.593,75
4	Pemancangan Beton Spun Pile diameter 60 cm $f_c' = 49,8$ Mpa	19	Rp 32.300.000,00	15	Rp 49.406.250,00	4	Rp 4.276.562,50
5	Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation	5	Rp 5.690.000,00	4	Rp 7.835.500,00	1	Rp 2.145.500,00
6	Bekisting Raft Foundation	8	Rp 196.686.000,00	7	Rp 236.389.250,00	1	Rp 9.925.812,50
7	Pembesian Raft Foundation	21	Rp 11.600.000,00	17	Rp 17.943.625,00	4	Rp 6.343.625,00

4.6 Biaya Tambahan Akibat Lembur

Penambahan biaya ini terjadi karena jam lembur yang dilakukan mulai dari pukul 18.00 – 22.00, sehingga membutuhkan alat penerangan dan penunjang lainnya. Berikut merupakan perhitungan penambahan biaya akibat penambahan jam kerja.

a. Biaya penerangan

Lampu sorot = Harga lampu \times Jumlah lampu

= Rp. 1.100.000,00 \times 9 buah

= Rp. 9.900.000,00

Kabel supprime = Rp. 984.000,00

Biaya pasang = Rp. 93.432,00

Listrik selama masa percepatan

Biaya listrik = Harga per kWh \times Spesifikasi pemakaian listrik \times Durasi lembur \times Jumlah lampu \times 1 Bulan

= Rp. 1.444,70 \times 0,4 kWh \times 4 jam \times 4 buah \times 30 hari

= Rp. 277.382,40

Total biaya penerangan = Rp. 10.177.382,40

b. Biaya manajemen Pekerja = 8 orang/hari

(wawancara dengan pelaksana proyek)

Upah lembur/jam = Rp. 30.000,00

Durasi lembur = 4 jam

Durasi percepatan = 57 hari

Perhitungan: Upah lembur/hari = Rp. 30.000,00 \times 4 jam

= Rp. 120.000,00

Upah pekerja per hari = Rp. 120.000,00 \times 8 orang

= Rp. 960.000,00

4.7 Opsi Penambahan Jumlah Pekerja

Analisis penambahan jumlah tenaga kerja dilakukan sebesar 25%, dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya yang optimal. Berikut merupakan contoh perhitungan penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% dari jumlah pekerja normal pada tiap pekerjaan :

a. Penambahan Jumlah Pekerja

Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation

Jumlah pekerja normal

Pekerja = 9 orang

Tukang = 3 orang

Kepala Tukang = 1 orang

Mandor = 1 orang

Total = 15 orang

Penambahan 25%

Pekerja = 9 orang \times 0,25 = 2,25 \approx 3 orang

Tukang = 3 orang \times 0,25 = 0,75 \approx 1 orang

Kepala Tukang = 1 orang \times 0,25 = 0,25 \approx 1 orang

$$\text{Mandor} = 1 \text{ orang} \times 0,25 = 0,25 \approx 1 \text{ orang}$$

$$\text{Total} = 6 \text{ orang}$$

Jumlah pekerja percepatan

$$\text{Pekerja} = 9 \text{ orang} + 3 \text{ orang} = 12 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 3 \text{ orang} + 1 \text{ orang} = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Kepala Tukang} = 1 \text{ orang} + 1 \text{ orang} = 2 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 1 \text{ orang} + 1 \text{ orang} = 2 \text{ orang}$$

$$\text{Total} = 20 \text{ orang}$$

b. Perhitungan *Crash Duration*

1. Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53 \text{ Mpa}$, tebal 5 cm Raft Foundation

$$\text{Volume} : 44,30 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi normal} : 5 \text{ hari}$$

$$\text{Jumlah pekerja normal (Tn)} : 15 \text{ orang}$$

$$\text{Jumlah pekerja crashing (Tc)} : 20 \text{ orang}$$

- Produktivitas normal perhari

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$

$$= \frac{44,30 \text{ m}^3}{5}$$

$$= 8,86 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

- Produktivitas pekerja per hari

$$= \frac{\text{Produktivitas per hari}}{\text{Tn}}$$

$$= \frac{8,86 \text{ m}^3 / \text{hari}}{15 \text{ orang}}$$

$$= 0,59 \text{ m}^3 / \text{orang/hari}$$

- Produktivitas crash = Produktivitas pekerja perhari \times Tc

$$= 0,59 \text{ m}^3 / \text{orang/hari} \times 19 \text{ orang}$$

$$= 11,81 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

- Crash duration

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas crashing}}$$

$$= \frac{44,30 \text{ m}^3}{11,81 \text{ m}^3 / \text{hari}}$$

$$= 3,75 \approx 4 \text{ hari}$$

c. Perhitungan *Crash Cost*

1. Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53 \text{ Mpa}$, tebal 5 cm Raft Foundation

Jumlah pekerja crashing

$$\text{Pekerja} = 12 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Kepala Tukang} = 2 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 2 \text{ orang}$$

Upah penambahan jumlah pekerja per hari = Jumlah tenaga kerja crashing × Upah normal pekerja

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 102 \times \text{Rp.}78.000,00 \\ &= \text{Rp.}936.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang} &= 4 \times \text{Rp.}82.000,00 \\ &= \text{Rp.}328.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= 2 \times \text{Rp.}90.000,00 \\ &= \text{Rp.}180.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 2 \times \text{Rp.}100.000,00 \\ &= \text{Rp.}200.000,00 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp.}8.356.000,00$$

d. Perhitungan *Crash Cost*

Rabat Lantai Kerja $fc' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{Jumlah upah lembur perhari} \times \text{Durasi percepatan} \\ &= \text{Rp.}1.644.000,00 \times 4 \text{ hari} \\ &= \text{Rp.}6.576.000,00 \end{aligned}$$

e. Perhitungan *Cost Slope*

Rabat Lantai Kerja $fc' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation

$$\text{Normal cost} = \text{Rp.}5.690.000,00$$

$$\text{Crash cost} = \text{Rp.}6.576.000,00$$

$$\text{Normal duration} = 5 \text{ hari}$$

$$\text{Crash duration} = 4 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost slope} &= \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}} \\ &= \frac{\text{Rp.}6.576.000,00 - \text{Rp.}5.690.000,00}{5 \text{ hari} - 4 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp.}886.000,00/\text{hari} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya dan upah tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek dengan opsi penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.2 Rekapitulasi Cost Slope Penambahan Jumlah Pekerja

No	Item Pekerjaan	Opsi				Durasi Percepatan	Cost Slope (Rp)
		Normal		Crashing			
		Durasi	Biaya (Rp)	Durasi	Biaya (Rp)		
1	Urugan Sirtu padat dengan Alat (Kolam Existing)	20	Rp 44.760.000,00	16	Rp 46.496.000,00	4	Rp 434.000,00
2	Urugan Pasir Bawah Pondasi, tbl 10 cm	12	Rp 4.179.456,00	10	Rp 5.120.000,00	2	Rp 470.272,00
3	Galvan Tanah	21	Rp 138.978.000,00	17	Rp 142.052.000,00	4	Rp 768.500,00
4	Pemancangan Beton Spun Pile diameter 60 cm $fc' = 49,8$ Mpa	19	Rp 32.300.000,00	15	Rp 33.000.000,00	4	Rp 175.000,00
5	Rabat Lantai Kerja $fc' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation	5	Rp 5.690.000,00	4	Rp 6.576.000,00	1	Rp 886.000,00
6	Bekisting Raft Foundation	8	Rp 196.686.000,00	7	Rp 14.938.000,00	1	Rp 3.338.000,00
7	Pembesian Raft Foundation	21	Rp 11.600.000,00	17	Rp 202.980.000,00	4	Rp 1.573.500,00

4.8 Analisis Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Perhitungan biaya langsung mengacu pada nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB). Besarnya biaya langsung diperoleh dari biaya total proyek yang sesuai dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dikurangi dengan biaya tidak langsung. Berdasarkan Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 9 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Melalui Penyedia, yaitu sebesar 15% (lima belas persen).

Berdasarkan wawancara pada pihak pelaksana proyek, biaya tidak langsung sebesar 5% dari nilai kontrak. Sehingga, pada penelitian ini untuk perhitungan biaya tidak langsung menggunakan proporsi 5%. Berikut perhitungan rincian biaya langsung dan biaya tidak langsung, sebagai berikut :

- a. Nilai kontrak RAB (real cost)
 = Rp. 5.964.383.576,64
- b. Biaya tidak langsung (5% real cost)
 = Nilai kontrak \times 5%
 = Rp. Rp. 5.964.383.576,64 \times 5%
 = Rp. 298.219.178,83
- c. Biaya langsung = Nilai kontrak – Biaya tidak langsung
 = Rp.5.964.383.576,64 - Rp. 298.219.178,83
 = Rp. 5.666.164.397,81

4.9 Perhitungan Waktu dan Biaya Metode *Crashing*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan secara keseluruhan dari durasi normal proyek selama 189 hari kalender dan biaya normal proyek dengan biaya penambahan percepatan. Dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu, maka tidak semua pekerjaan yang berada di lintasan kritis dilakukan percepatan. Pada perhitungan ini pekerjaan yang akan dipercepat adalah pekerjaan yang memiliki nilai cost slope terendah.

- a. Opsi penambahan jam kerja

Berdasarkan Tabel 3. Maka pekerjaan yang akan dilakukan percepatan adalah Pekerjaan Urugan Pasir Bawah Pondasi, tbl 10 cm dan Pekerjaan Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation. Perhitungan durasi *crash* dan biaya *crash* proyek sebagai berikut:

Tahap 1

Pada tahap ini pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan Urugan Pasir Bawah Pondasi, tbl 10 cm yang memiliki cost slope = Rp. 1.145.897,00 / hari, dengan waktu percepatan sebesar 2 hari (12 hari – 10 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 189 \text{ hari} - 2 \text{ hari} \\ &= 187 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung normal} + \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp.5.666.164.397,81} + (2 \text{ hari} \times \text{Rp. 1.145.897,00}) \\ &= \text{Rp. 568.456.191,81} \end{aligned}$$

Tahap 2

Pada tahap 2 ini, dilakukan percepatan pada Pekerjaan Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation dengan nilai cost slope = Rp. 2.145.500,00 / hari. Dengan waktu percepatan sebesar 1 hari (5 hari – 4 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 187 \text{ hari} - 1 \text{ hari} \\ &= 186 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung percepatan Tahap 1} + \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp.568.456.191,81} + (1 \text{ hari} \times \text{Rp. 2.145.500,00}) \\ &= \mathbf{\text{Rp. 570.601.691}} \end{aligned}$$

diatas diketahui biaya langsung proyek setelah dilakukan percepatan selama 3 hari (2 hari + 1 hari) sebesar Rp. 570.601.691,00

b. Opsi Penambahan Jumlah Pekerja

Berdasarkan Tabel 4.

Maka pekerjaan yang akan dilakukan percepatan adalah pekerjaan Pemancangan Beton Spun Pile diameter 60 cm $f_c' = 49.8$ Mpa dan Urugan Sirtu padat dengan Alat (Kolam Existing) .

Perhitungan durasi crash dan biaya crash proyek sebagai berikut :

Tahap 1

Pada tahap ini pekerjaan yang dipercepat adalah Pemancangan Beton Spun Pile diameter 60 cm $f_c' = 49.8$ Mpa yang memiliki cost slope = Rp. 175.000,00,-/ hari, dengan waktu percepatan sebesar 4 hari (19 hari – 15 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 189 \text{ hari} - 4 \text{ hari} \\ &= 185 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung normal} + \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp. 5.666.164.397,81} + (4 \text{ hari} \times \text{Rp. 175.000,00,}) \\ &= \text{Rp. 5667.900.397,81} \end{aligned}$$

Tahap 2

Pada tahap 2 ini, dilakukan percepatan pada Urugan Sirtu padat dengan Alat (Kolam Existing) yang memiliki cost slope = Rp. 434.000,00,/ hari, dengan waktu percepatan sebesar 4 hari (20 hari – 16 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 185 \text{ hari} - 4 \text{ hari} \\ &= 181 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung Percepatan Tahap 1} + \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp. 5667.900397,81} + (4 \text{ hari} \times \text{Rp. 434.000,00}) \\ &= \text{Rp. 5668.600.397,81} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui biaya langsung proyek setelah dilakukan percepatan dengan opsi penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% selama 8 hari (4 hari + 4 hari) sebesar Rp.5668.600.397,81

4.10 Biaya Tidak Langsung

Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang digunakan untuk kebutuhan manajemen, keamanan, fasilitas listrik dan komunikasi, transportasi dan lain sebagainya. Estimasi biaya tidak langsung dilakukan berdasarkan perhitungan dari 5% nilai kontrak, kemudian dihitung pengeluaran biaya tak langsung per hari, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung normal} &= \text{Rp. 298.219.178,00} \\ \text{Total hari kerja normal} &= 189 \text{ hari kalender} \\ \text{Biaya tidak langsung/hari} &= \text{Rp. 298.219.178,00} \div 189 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. 1.577.879,24} \end{aligned}$$

a. Opsi penambahan jam kerja

Selain dari biaya tersebut terdapat tambahan biaya langsung berupa biaya akibat penambahan jam kerja berupa biaya penerangan dan biaya manajemen. Sehingga biaya tidak langsung selama proses percepatan menjadi :

Tahap 1

Pada tahap 1, pekerjaan yang dipercepat adalah Pekerjaan Urugan Pasir Bawah Pondasi, tbl 10 cm dengan durasi percepatan 3 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 187 hari (189 hari – 2 hari) dengan biaya langsung sebesar Rp. Rp.568.456.191,81

Maka untuk menghitung biaya tidak langsung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung tahap 1} &= (\text{Biaya tidak langsung/hari} \times \text{durasi tahap 1}) + \text{Biaya penerangan} \\ &+ (\text{Biaya manajemen/hari} \times \text{durasi tahap 1}) \\ &= (\text{Rp. } 1.577.879,24 \times 2) + \text{Rp.}10.177.382,40 + ((\text{Rp. } 960.000,00 \times 2 \text{ hari})) \\ &= \text{Rp. } 15.253.141 \end{aligned}$$

Tahap 2

Pada tahap 2, pekerjaan yang dipercepat adalah Pekerjaan Rabat Lantai Kerja $f_c' = 14,53$ Mpa , tebal 5 cm Raft Foundation dengan durasi prapatan 1 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 187 hari (186 hari – 1 hari) dengan biaya langsung sebesar Rp.570.601.691,00. Maka untuk menghitung biaya tidak langsung tahap 2, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung tahap 2} &= (\text{Biaya tidak langsung/hari} \times \text{durasi tahap 2}) + \text{Biaya penerangan} \\ &+ (\text{Biaya manajemen/hari} \times \text{durasi tahap 2}) \\ &= (\text{Rp. } 1.577.879,24 \times 1) + \text{Rp.}10.177.382,40 + (\text{Rp. } 960.000,00 \times 1 \text{ hari}) \\ &= \text{Rp.}12.715.262,00 \end{aligned}$$

b. Opsi penambahan jumlah pekerja

Untuk mengetahui perubahan biaya tidak langsung selama proses percepatan, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Tahap 1

Pada tahap 1, pekerjaan yang dilakukan percepatan adalah Pemancangan Beton Spun Pile diameter 60 cm $f_c' = 49.8$ Mpa dengan durasi percepatan 4 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 185 hari (189 hari – 4 hari). Maka biaya tidak langsung pada tahap ini menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung tahap 1} &= \text{Biaya tidak langsung perhari} \times \text{durasi total tahap 1} \\ &= \text{Rp. } 1.577.879,24 \times 185 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 291.907.661,01 \end{aligned}$$

Tahap 2

Pada tahap 2, pekerjaan yang dilakukan percepatan adalah Urugan Sirtu padat dengan Alat (Kolam Existing) dengan durasi percepatan 4 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 181 hari (185 hari – 4 hari). Maka biaya tidak langsung pada tahap ini menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung tahap 2} &= \text{Biaya tidak langsung perhari} \times \text{durasi total tahap 2} \\ &= \text{Rp. } 1.577.879,24 \times 181 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 285.596.144,01 \end{aligned}$$

4.11 Rekapitulasi Waktu dan Biaya Keseluruhan

Dari perhitungan diatas, biaya total proyek didapat dengan menjumlahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk masing-masing durasi. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perbandingan waktu dan biaya hasil analisis yang dilakukan dengan kedua opsi sebagai berikut :

a. Opsi penambahan jam kerja

Kondisi	Durasi (hari)	Biaya Langsung(Rp)	Biaya Tak Langsung(Rp)	Biaya Total (Rp)
<i>Redesign</i>	189	Rp 5.666.164.397,81	Rp 298.219.178,83	Rp 5.964.383.576,64
Tahap 1	187	Rp 5.668.456.191,81	Rp 15.253.140,90	Rp 5.683.709.332,71
Tahap 2	186	Rp 5.670.601.691,81	Rp 12.715.262,00	Rp 5.683.316.953,81

b. Opsi penambahan jumlah pekerja

Kondisi	Durasi (hari)	Biaya Langsung(Rp)	Biaya Tak Langsung(Rp)	Biaya Total (Rp)
<i>Redesign</i>	189	Rp 5.666.164.397,81	Rp 298.219.178,83	Rp 5.964.383.576,64
Tahap 1	185	Rp 5.667.900.397,81	Rp 291.907.661,01	Rp 5.959.808.058,82
Tahap 2	181	Rp 5.668.600.397,81	Rp 285.596.144,01	Rp 5.954.196.541,82

4.12 Prosentase Efisiensi Waktu dan Biaya

Tujuan dari perhitungan efisiensi adalah untuk mengetahui persentase besaran perubahan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan. Untuk mengetahui persentase efisiensi waktu dan biaya dari hasil analisis percepatan dari kedua opsi sebagai berikut:

a. Opsi penambahan jam kerja

- Persentase efisiensi waktu

Durasi normal : 189 hari

Durasi percepatan: 186 hari

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{189-186}{189} \times 100\% \\ = 1,58 \%$$

- Persentase efisiensi biaya

Biaya normal : Rp5.964.383.576,64

Biaya percepatan : Rp. 5.683.316.953,81

$$\text{Efisiensi biaya} = \frac{\text{Rp}5.964.383.576,64 - \text{Rp}5.683.316.953,81}{\text{Rp}5.964.383.576,64} \times 100\% \\ = 4,71\%$$

b. Opsi penambahan jumlah pekerja

- Persentase efisiensi waktu

Durasi normal : 189 hari

Durasi percepatan: 181 hari

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{189-181}{189} \times 100\% \\ = 4,23\%$$

- Persentase efisiensi biaya

Biaya normal : Rp5.964.383.576,64

Biaya percepatan : Rp. 5.954.196.541,82

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi biaya} &= \frac{\text{Rp}5.964.383.576,64 - \text{Rp}5.954.196.541,82}{\text{Rp}5.964.383.576,64} \times 100\% \\ &= 0,17\% \end{aligned}$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis percepatan dengan opsi penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam dan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% pada Proyek PEKERJAAN REDESIGN PONDASI PADA TOWER 2 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dengan Opsi penambahan waktu kerja (lembur) selama 4 jam diperoleh durasi total proyek menjadi 186 hari, dari total durasi proyek kondisi normal selama 189 hari. Kemudian terjadi perubahan biaya total proyek yang sebelumnya sebesar Rp5.964.383.576,64 menjadi Rp. 5.683.316.953,81.
2. Sedangkan hasil perhitungan dengan Opsi penambahan jumlah tenaga sebesar 25% diperoleh durasi total proyek menjadi 181 hari, dari total durasi proyek kondisi normal selama 189 hari. Kemudian terjadi perubahan biaya total proyek yang sebelumnya sebesar Rp5.964.383.576,64 menjadi menjadi Rp. 5.954.196.541,82
3. Dari kedua Opsi percepatan yang dilakukan, pada alternatif penambahan waktu kerja (lembur) selama 4 jam diperoleh efisiensi waktu sebesar 1,58 %, dengan pengurangan biaya sebesar 4,71 % dari biaya kondisi normal proyek. Untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% diperoleh efisiensi waktu sebesar 4,23 %, dengan pengurangan biaya sebesar 0,17% dari biaya kondisi normal. Berdasarkan kedua alternatif tersebut, maka alternatif yang paling efisien untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan adalah dengan menambah jam kerja.

Daftar Rujukan

- Candra, W. A. (2018). Analisis percepatan proyek pada pekerjaan struktur menggunakan metode crashing dengan penambahan tenaga kerja (*accelerate project analysis on structure work by crashing method with addition of labor*).
- Djau, M. F. M., Arsjad, T. T., & Inkirowang, R. L. (2021). Percepatan pelaksanaan proyek dengan penambahan tenaga kerja pada pembangunan ruko di Jalan Bukit Moria, Tikala Baru. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 709–716. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/39045%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/download/39045/35430>
- Lilyana. (2020). Optimasi waktu dan biaya dengan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang – Talisayan Kalimantan Timur. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 4(02), 127–141. <https://doi.org/10.53863/kst.v4i02.498>
- Olivia, P., & Puspasari, V. H. (2019). Analisa percepatan waktu proyek menggunakan metode crashing: Studi kasus peningkatan jalan Pelantaran - Parenggean - Tumbang Sangai. *Jurnal Teknika*, 3(1), 12. Poerba, M. Y., & Indryani, R. (2022).
- Analisis percepatan menggunakan Metode Crashing pada Proyek Pekerjaan Struktur Pembangunan Rumah dan Klinik Bali. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.102648>
- Santoso, W. (2017). Analisis percepatan proyek menggunakan Metode *Crashing* dengan penambahan jam kerja empat jam dan sistem shift kerja (Studi kasus: Proyek Pembangunan Gedung Animal Health Care Prof. Soeparwi, Fakultas Kedokteran Hewan UGM). *Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia*

