



OPTIMASI PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG WORKSHOP TEKNIK MESIN UPN VETERAN JAWA TIMUR DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF*

Muhammad Rafli Nurabidin^{1*}, Michella Beatrix²

^{1*2} Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
 Alamat E-mail: muhraflibidin@gmail.com

Info Artikel

Abstrak

Sejarah Artikel:

Diterima: Des 2024
 Disetujui: April 2024
 Dipublikasikan: Juni 2024

Keywords:

Optimization, Acceleration, Project Crashing, Time Cost Trade Off.

Proyek adalah inisiatif sementara dengan waktu, sumber daya, dan tujuan terbatas. Karena keterbatasan waktu dan keuangan, perencanaan proyek sangat penting, dengan manajemen proyek menjadi faktor kunci dalam keberhasilannya. Konsistensi dalam kualitas, biaya, dan waktu proyek konstruksi membutuhkan pemilihan metode konstruksi yang efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui biaya pembangunan dengan penambahan jam kerja menerapkan metode TCTO, mengetahui waktu percepatan pembangunan dengan penambahan jam kerja dengan metode TCTO. Metode ini berdampak pada durasi konstruksi, penggunaan material, peralatan, dan tenaga kerja. Dalam kasus Gedung Workshop Teknik Mesin UPN Veteran Jawa Timur, masalah muncul selama pekerjaan tiang bor karena tanah berawa, membatasi pemasangan hanya 2 titik per hari, mengakibatkan penundaan 9 minggu dari minggu 11 hingga minggu 20. Selain itu, tantangan termasuk pembuangan tanah tumpukan bosan dan kerusakan peralatan yang memakan waktu, membutuhkan perbaikan mingguan yang berlangsung sekitar 4 jam. Oleh karena itu, diperlukan percepatan untuk mengatasi keterlambatan tersebut, yang dapat dicapai melalui pendekatan Project Crashing dengan menggunakan metode Time Cost Trade Off (TCTO)

Kata Kunci: Pengoptimalan, Akselerasi, Project Crashing, Time Cost Trade Off.

Abstract

Projects are temporary initiatives with limited time, resources, and goals. Due to time and financial constraints, project planning is crucial, with project management being a key factor in its success. Consistency in the quality, cost, and time of a construction project requires the selection of effective construction methods. The purpose of this study is find out the construction costs by adding working hours using the TCTO method, knowing the acceleration of construction time by adding working hours using the TCTO method. These methods impact the construction duration, material usage, equipment, and labor. In the case of the Workshop Building for Mechanical Engineering at UPN Veteran East Java, issues arose during boredpile work due to marshy soil, limiting the installation to only 2 points per day, resulting in a 9-week delay from week 11 to week 20. Additionally, challenges included the time-consuming disposal of boredpile soil and equipment damage, requiring weekly repairs lasting approximately 4 hours. Therefore, acceleration is needed to address these delays, which can be achieved through the Project Crashing approach using the Time Cost Trade Off (TCTO) method.

PENDAHULUAN

Pembangunan gedung sering menghadapi kendala, baik dalam hal masalah material maupun kondisi lapangan. Hal tersebut berdampak pada keterlambatan menyelesaikan proyek. Keterlambatan dalam proyek konstruksi terjadi ketika waktu penyelesaian melebihi batas yang telah ditetapkan dalam kontrak atau yang disetujui oleh pihak-pihak terkait. Dampak dari keterlambatan ini meliputi munculnya biaya tambahan dan peluang kehilangan proyek lain. Biaya yang sudah direncanakan pada (RAB) dimana merupakan estimasi total biaya yang mencakup bahan, upah, dan komponen biaya terkait lainnya yang terkait dengan eksekusi proyek[1]. Penyebab keterlambatan dapat berasal dari berbagai pihak, seperti kontraktor, pemilik proyek, konsultan, atau faktor eksternal. Dampaknya dapat dilihat melalui peningkatan biaya, penundaan dalam jadwal, dan keterlambatan dalam pembayaran [2]. Dalam konteks ini, situasi tersebut menekankan pentingnya manajemen proyek yang efektif. Manajemen proyek adalah rangkaian langkah perencanaan, eksekusi, dan pengendalian yang bertujuan untuk memastikan penyelesaian proyek sesuai waktu, biaya, dan spesifikasi kontrak, sehingga tujuan proyek tercapai dengan efisiensi dan efektivitas[3]. Dalam proses manajemen suatu proyek tidak luput juga mengenai penjadwalan proyek tersebut. Dimana, penjadwalan memiliki tujuan untuk mengidentifikasi urutan dan estimasi durasi pekerjaan dalam suatu proyek, serta menentukan waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan. Durasi proyek dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti skala proyek, aliran keuangan dalam organisasi proyek, ketersediaan bahan material, penyiapan peralatan dan material, jumlah tenaga kerja dan peralatan, serta manajemen jadwal. Dengan penjadwalan yang cermat dan pengendalian proyek yang efisien, proyek dapat selesai sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan[4].

Untuk meningkatkan efisiensi dalam aspek kualitas, biaya, dan waktu, sebuah proyek konstruksi memerlukan penerapan teknik konstruksi yang cermat. Ketika melaksanakan proyek konstruksi, pemilihan metode yang tepat, efisien, dan aman sangat berperan. Metode konstruksi proyek akan memengaruhi durasi proses konstruksi, serta menentukan kebutuhan akan jumlah dan jenis bahan, peralatan, dan tenaga kerja[5]. Penentuan strategi percepatan terhadap pekerjaan struktur *typical* menjadi suatu perhatian penting[6]. Analisis strategi ini akan memberikan pandangan mendalam tentang efektivitas dan dampak dari pendekatan ini terhadap proyek[2]. Setelah diterapkan langkah-langkah percepatan, penyelesaian proyek memakan waktu lebih singkat. Setiap proyek memiliki tujuan yang berbeda yang harus dicapai dalam tiga batasan utama, yang dikenal sebagai *Trade-off Triangle* atau *Triple Constraint*. Ini mencakup

aspek-aspek 1) kepatuhan terhadap anggaran: Proyek harus mengelola biayanya sehingga tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan. 2) pemenuhan waktu: Proyek harus selesai sesuai jadwal yang telah direncanakan. 3) kualitas produk: Kualitas hasil proyek harus memenuhi persyaratan pemilik.

Manajemen proyek bertujuan untuk mencapai kesuksesan dengan memastikan bahwa tujuan proyek tercapai dalam kerangka batasan ini[7].



Gambar 1. Diagram tiga Kendala (*Triple Constraint*).

Ketika menghadapi kendala dalam pelaksanaan proyek, diperlukan penanganan agar pekerjaan dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan metode TCTO. Dalam upaya menyelesaikan proyek, terdapat dorongan untuk memperpendek waktu penyelesaian dengan biaya yang paling efisien melalui kompresi durasi aktivitas. Fokus pengendalian biaya difokuskan pada biaya langsung, karena pengurangan durasi dapat berdampak pada peningkatan biaya. Kompresi ini diterapkan pada aktivitas-aktivitas yang terletak dalam jalur kritis dan memiliki tingkat biaya yang paling rendah yang dapat dipercepat.

TINJAUAN PUSTAKA

Rancangan Anggaran Biaya

Menurut Ibrahim yang dikutip dari [1], Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek..

Perhitungan Volume

Perhitungan volume pekerjaan adalah bagian paling esensial dalam tahap perencanaan proyek konstruksi. Pengukuran kuantitas/volume pekerjaan konstruksi merupakan suatu proses pengukuran/perhitungan terhadap kuantitas item-item pekerjaan berdasarkan pada gambar atau aktualisasi pekerjaan di lapangan.

Analisis Harga Satuan

Analisis harga satuan berfungsi sebagai pedoman awal dalam menghitung rencana anggaran biaya yang memuat angka-angka yang menunjukkan biaya per unit bahan, tenaga kerja dan tenaga kerja.

Jenis-Jenis Biaya

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*), adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek.
2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*), Biaya pengelolaan, pemantauan, dan pembayaran material dan jasa untuk pengadaan komponen proyek yang tidak menjadi peralatan atau produk permanen, tetapi diperlukan sebagai bagian dari proses pengembangan proyek.

Crashing Kegiatan

Menurut Ervianto yang dikutip dari [8] *crashing* adalah proses yang disengaja, sistematis, dan analitis yang menguji seluruh aktivitas dalam suatu proyek, termasuk proses memperkirakan variabel biaya ketika menentukan durasi maksimum yang difokuskan pada aktivitas pada jalur kritis.

- a. $Crash\ duration = Volume / (Prod.\ Hari\ sesudah\ crash)$
- b. Normal ongkos pekerja perhari = Prod. Harian \times harga per satuan pekerjaan
- c. Normal ongkos pekerja perjam = Prod. Perjam \times harga per satuan pekerjaan
- d. $Crash\ cost\ pekerja/hari = (Jam\ kerja\ perhari \times Normal\ cost\ pekerja) + (n \times biaya\ lembur\ perjam)$
- e. $Cost\ slope = (Crash\ cost - Normal\ cost) / (Normal\ duration - Crash\ duration)$.

Keterangan:

- 1) *Normal Duration* (Durasi Normal)

Normal Duration adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan menggunakan sumber daya reguler yang ada dalam proyek tanpa biaya tambahan.

- 2) *Crash Duration* (Durasi Dipercepat)

Crash duration adalah berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memperpendek durasi suatu proyek dibandingkan dengan durasi normal.

- 3) *Normal Cost* (Biaya Normal)

Biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam jangka waktu normal. Estimasi biaya ini dilakukan pada saat perencanaan dan penjadwalan serta pada saat penentuan waktu.

- 4) *Crash Cost* (Biaya Dipercepat)

Biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek dalam jangka waktu sebesar durasi crash-nya. Biaya ini lebih besar dari biaya normal.

- 5) *Cost Slope* (Biaya Akibat Percepatan)

Pertambahan biaya akibat percepatan pada proyek.

Metode Percepatan *Time Cost Trade Off* (TCTO)

Time Cost Trade Off (TCTO) atau disebut juga Pertukaran Waktu dan Biaya bertujuan mempercepat waktu pelaksanaan proyek (*Duration*) dalam penyelesaian suatu proyek dengan melakukan kompresi durasi aktivitas untuk mendapatkan waktu penyelesaian tercepat dengan biaya yang optimum. Pengendalian biaya yang dilakukan adalah biaya langsung, karena biaya inilah yang akan bertambah apabila dilakukan pengurangan durasi. Kompresi ini dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintas kritis dan mempunyai cost slope terendah[10].

METODE

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan sebagai berikut:

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung <i>Workshop</i> Teknik Mesin UPN Veteran Jawa Timur
Alamat	: Jl. Rungkut Madya No. 1, Gn. Anyar, Kec Gunung Anyar, Kota SBY, Jawa Timur 60294
Anggaran <i>Baseline</i>	: Rp. 13.587.999.667,40
Massa Pelaksanaan	: 07 Oktober 2022 s/d04 Mei 2023

Data sekunder dalam penelitian ini berasal dari instansi yang terkait seperti konsultan, kontraktor, dan lain-lain. Data dan informasi yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi optimasi dari waktu dan biaya secara keseluruhan. Variabel dalam penelitian ini adalah waktu dan biaya. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi Microsoft Project untuk mengelola proyek. Microsoft Project adalah sebuah software yang digunakan untuk mengatur dan mengelola berbagai aspek proyek serta data yang terkait. Dalam konteks rancang bangun atau rekayasa proyek konstruksi, Microsoft Project berguna untuk menyusun jadwal kerja dan waktu, memfasilitasi pemantauan dan penilaian yang sesuai dengan tahapan proyek yang sedang berlangsung[10]. Tahap penelitian ini dimulai dari persiapan, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data (kurva S dan RAB), menentukan lintasan kritis, TCTO, analisi data, hasil dan kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahap pengumpulan data, informasi diperoleh secara langsung dari pihak kontraktor yang bertanggung jawab atas proyek pembangunan. Tujuan pengumpulan data ini adalah untuk digunakan sebagai referensi dalam menyelesaikan permasalahan yang muncul selama pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung *Workshop* Teknik Mesin di UPN Veteran Jawa Timur.

Durasi pekerjaan merupakan waktu atau lamanya pekerjaan yang dilakukan selama pengerjaan proyek. Faktor yang menghambat waktu pengerjaan proyek diantaranya faktor cuaca, peralatan atau bahan yang kurang, perubahan desain dan lain-lain.

Tabel 1 Durasi Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Durasi (hari)
PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN	56
Galian pondasi pilecape P1, sedalam 1 meter	7
Galian pondasi pilecape P1, sedalam 2 meter	7
Galian pondasi pilecape P2, sedalam 1 meter	7
Galian pondasi pilecape P2, sedalam 2 meter	7
Galian pondasi pilecape P3, sedalam 1 meter	7
Galian pondasi pilecape P3, sedalam 2 meter	7
Galian pondasi pilecape P4, sedalam 1 meter	7
Galian pondasi pilecape P4, sedalam 2 meter	7
Pasir urug bawah pilecape, tebal 100 mm	7
Pasir urug bawah lantai, tebal 100 mm	7
Urugan kembali & pemadatan bekas galian pondasi dengan tanah bekas galian	7
Urugan tanah peninggian peil bangunan dengan tanah urug baru & pemadatan	7
Urugan tanah peninggian peil bangunan dengan tanah bekas galian & pemadatan	7
PEKERJAAN PONDASI	56
Pondasi borepile (P1), kedalaman 28 m	21
Pengeboran borpile	7
Pengecoran dengan pipa tremie	7
Beton ready mix f'c 28 Mpa	7
Besi beton	7
Buang lumpur galian pondasi sumuran	7
Bobokan kepala borpile	7

Setelah capaian data sudah terpenuhi, analisa menggunakan perangkat lunak *Ms. Project*. *Microsoft Project* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola proyek dan data terkaitnya. Di dalam bidang rancang bangun atau rekayasa proyek konstruksi, *Microsoft Project* umumnya digunakan untuk mengatur rencana pekerjaan dan jadwal, memungkinkan pemantauan dan evaluasi proyek sesuai tahapannya. Setelah melakukan analisa menggunakan perangkat lunak didapatkan prediksi untuk mempercepat penyelesaian proyek seperti pada tabel 4. Penambahan jam kerja dimaksudkan untuk mempersingkat waktu penyelesaian proyek dengan disengaja secara analitik dan sistematis melalui pengujian dari segala aspek kegiatan proyek. Kegiatan yang berada didalam jalur kritis merupakan tolak ukur pada perhitungan ini. Dalam mempersingkat waktu pelaksanaan proyek dan mendapatkan jadwal yang ekonomis,

harus didasarkan pada biaya langsung dengan mempersingkat waktu dengan adanya aktivitas jam lembur. Berikut perhitungan penambahan jam kerja pada pekerjaan dalam lintasan kritis :

Pekerjaan galian pondasi pilecape P1, sedalam 1 meter

Volume	= 107.3 m ³
Biaya Normal	= Rp 8,385,495.00
Harga Satuan	= Rp 78.150,00
Jam Kerja Normal	= 7 jam
Durasi Normal	= 7 hari
Biaya Normal/Hari	= Rp 8,385,495.00/durasi normal
	= Rp 1.197.927,86
Biaya Normal / jam	= Rp 8,385,495.00/jam kerja
	= Rp171.132,55
Durasi Percepatan	= 2 hari
Durasi Setelah Dipercepat	= 5 hari

Crash Duration

1 hari (<i>crash</i>)	= waktu 1 hari kerja + durasi lembur tambahan	= 7 + 3 = 10 jam
Total Jam Aktifitas kerja normal	= durasi normal x jam	= 7 hari x 7 Jam = 49 jam
<i>Crash Duration</i>	= $\frac{\text{Total Jam Aktifitas}}{1 \text{ Hari crash}}$	= $\frac{49}{10} = 4,9 \text{ hari} \approx 5 \text{ hari}$

Crash Cost

Upah Normal	= $\frac{\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan}}{\text{Total Jam Aktifitas}}$	= $\frac{107.3 \text{ m}^3 \times \text{Rp}78,150.00}{49}$
		= Rp171,132.55 / Jam
Upah Lembur / Jam	= 1,5 x Rp171,132.55	= Rp 256,698.83 / Jam

Upah Lembur 3 Jam = (upah lembur /jam + (2 x n jumlah penambahan jam kerja lembur x upah normal))

=(Rp 256,698.83 + (2 x 2 x Rp171,132.55)) =Rp 941.229,03

<i>Crash</i> 5 hari lembur 3 jam	= <i>Crash duration</i> x Upah	= 5 x Rp 941.229,03
		= Rp 4.706.145,15

Total *Crash Cost*= biaya normal + upah lembur 5hari

= Rp 8,385,495.00 + Rp 4.706.145,15 = Rp 13.091.640,15

<i>Cost Slope</i> / Hari	= $\frac{\text{total Crash Cost}-\text{biaya normal}}{\text{durasi normal}-\text{Crash Duration}}$	= $\frac{\text{Rp } 13.091.640,15 - \text{Rp } 8,385,495.00}{7-5}$
		= Rp 2,353,072.58

Tabel 2 Penambahan biaya dan jam kerja

No		Durasi (Hari)	Crashing	Crash	Crash Cost	Total Crash Cost	Cost Slope/hari
A	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN						
1	Galian pondasi pilecape P1, sedalam 1 meter	7	2	5	Rp 4,706,145.15	Rp 13,091,640.15	Rp 2,353,072.58
2	Galian pondasi pilecape P4, sedalam 2 meter	7	2	5	Rp 396,027.78	Rp 1,101,677.28	Rp 198,013.89
3	Pasir urug bawah pilecape , tebal 100 mm	7	2	5	Rp 3,606,097.45	Rp 10,031,507.45	Rp 1,803,048.72
4	Pasir urug bawah lantai, tebal 100 mm	7	2	5	Rp 6,729,164.13	Rp 18,719,311.13	Rp 3,364,582.07
5	Urugan kembali & pemadatan bekas galian pondasi dengan tanah bekas galian	7	2	5	Rp 1,408,973.72	Rp 3,919,508.72	Rp 704,486.86
6	Urugan tanah peninggian peil bangunan dengan tanah urug baru & pemadatan	7	2	5	Rp 23,700,865.18	Rp 65,931,497.68	Rp 11,850,432.59
7	Urugan tanah peninggian peil bangunan dengan tanah bekas galian & pemadatan	7	2	5	Rp 1,966,361.40	Rp 5,470,059.90	Rp 983,180.70
B	PEKERJAAN PONDASI						
1	Pondasi borepile (P1), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 148,288,079.50	Rp 412,510,475.71	Rp 74,144,039.75
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 14,218,061.22	Rp 39,552,061.22	Rp 7,109,030.61
2	Pondasi borepile (P2), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 148,288,079.50	Rp 412,510,475.71	Rp 74,144,039.75
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 14,218,061.22	Rp 39,552,061.22	Rp 7,109,030.61
3	Pondasi borepile (P3), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 27,804,014.91	Rp 77,345,714.20	Rp 13,902,007.45
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 2,665,816.33	Rp 7,415,816.33	Rp 1,332,908.16
4	Pondasi borepile (P4), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 27,804,014.91	Rp 77,345,714.20	Rp 13,902,007.45
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 2,665,816.33	Rp 7,415,816.33	Rp 1,332,908.16
5	Test pembebanan PDA test	21	6	15	Rp 15,714,285.71	Rp 43,714,285.71	Rp 2,619,047.62
6	Mobilisasi dan demobilisasi alat bor	56	16	40	Rp 42,091,836.73	Rp 117,091,836.73	Rp 2,630,739.80

Setelah proses crasing kegiatan dengan metode penambahan jam kerja. Selanjutnya menghitung biaya langsung dan tidak langsung setiap item pekerjaan yang terdapat pada lintasan kritis.

Perhitungan biaya langsung dan tidak langsung pekerjaan pada lintasan kritis

Pekerjaan galian pondasi pilecap P1, sedalam 1 meter:

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Persentase pek.} \times \text{Biaya langsung} \\ &= 0,06171\% \times \text{Rp } 4.356.687.744,24 \\ &= \text{Rp } 2.688.621,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= \text{Persentase pek.} \times \text{Biaya tak langsung} \\ &= 0,06171\% \times \text{Rp } 768.827.248,98 \\ &= \text{Rp } 474.462,56 \end{aligned}$$

Crashing alternatif penambahan jam kerja

Pekerjaan galian pondasi pilecap P1, sedalam 1 meter :

$$\begin{aligned} \text{Total } \textit{Crash Duration} &= \textit{Normal duration} - \textit{Crash duration} \\ &= 7 - 5 \\ &= 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total durasi proyek setelah } \textit{crash} &= \text{Durasi proyek} - \text{Total } \textit{Crash duration} \\ &= 105 - 2 \\ &= 103 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Cost Slope} = \text{Rp} 2.353.072,58$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya langsung normal} + \text{Cost Slope} \\ &= \text{Rp } 2.688.621,15 + \text{Rp} 2.353.072,58 \\ &= \text{Rp } 5.041.693,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung} &= \frac{\text{Biaya tidak langsung normal}}{\text{Normal duration}} \times \text{durasi setelah crash} \\ &= \frac{\text{Rp } 474.462,56}{105} \times 103 \\ &= \text{Rp } 465.249,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost} &= \text{Biaya langsung} + \text{Biaya tak langsung} \\ &= \text{Rp } 5.041.693,73 + \text{Rp } 465.425,17 \\ &= 5.506.943,42 \end{aligned}$$

Tabel 3 Penambahan Biaya Langsung dan tak langsung

No		Durasi (Hari)	Crashing	Crash	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Cost
A	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN						
1	Galian pondasi pilecape P1, sedalam 1 meter	7	2	5	Rp 5,041,693.73	Rp 465,249.69	Rp 5,506,943.42
2	Galian pondasi pilecape P4, sedalam 2 meter	7	2	5	Rp 424,264.60	Rp 39,151.32	Rp 463,415.92
3	Pasir urug bawah pilecape , tebal 100 mm	7	2	5	Rp 3,863,212.52	Rp 356,498.93	Rp 4,219,711.45
4	Pasir urug bawah lantai, tebal 100 mm	7	2	5	Rp 7,208,954.14	Rp 665,245.42	Rp 7,874,199.57
5	Urugan kembali & pemadatan bekas galian pondasi dengan tanah bekas galian	7	2	5	Rp 1,509,433.68	Rp 139,291.20	Rp 1,648,724.87
6	Urugan tanah peninggian peil bangunan dengan tanah urug baru & pemadatan	7	2	5	Rp 25,390,739.00	Rp 2,343,068.44	Rp 27,733,807.45
7	Urugan tanah peninggian peil bangunan dengan tanah bekas galian & pemadatan	7	2	5	Rp 2,106,563.15	Rp 194,394.56	Rp 2,300,957.71
B	PEKERJAAN PONDASI				-	-	-
1	Pondasi borepile (P1), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 158,861,032.94	Rp 14,659,765.24	Rp 173,520,798.18
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 15,231,810.27	Rp 1,405,598.08	Rp 16,637,408.35
2	Pondasi borepile (P2), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 158,861,032.94	Rp 14,659,765.24	Rp 173,520,798.18
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 15,231,810.27	Rp 1,405,598.08	Rp 16,637,408.35
3	Pondasi borepile (P3), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 29,786,443.68	Rp 2,748,705.98	Rp 32,535,149.66
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 2,855,889.27	Rp 263,542.70	Rp 3,119,431.98
4	Pondasi borepile (P4), kedalaman 28 m				-	-	-
	Pengeboran borpile	7	2	5	Rp 29,786,443.68	Rp 2,748,705.98	Rp 32,535,149.66
	Pengecoran dengan pipa tremie	7	2	5	Rp 2,855,889.27	Rp 263,542.70	Rp 3,119,431.98
5	Test pembebanan PDA test	21	6	15	Rp 11,596,620.46	Rp 1,491,989.55	Rp 13,088,610.01
6	Mobilisasi dan demobilisasi alat bor	56	16	40	Rp 26,677,809.92	Rp 3,584,400.52	Rp 30,262,210.43

Dari hasil analisis perhitungan percepatan pada semua kegiatan kritis, makadapatdisimpulkan hasil perbandingan antara waktu dan biaya proyek normal dengan waktu dan biaya proyek dipercepat:

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Percepatan

Uraian	Normal	Dipercepat
Durasi	105 hari	91hari
Biaya Langsung	Rp524.387.025,29	Rp892.492.293,98
Biaya TidakLangsung	Rp92.538.886,82	Rp89.581.533,77
Total Biaya	Rp616.925.912,11	Rp 982.073.827,75

Dari hasil analisa tersebut, diperoleh total durasi proyek 91 hari yang didapatkan dari alternatif *crashing* penambahan jam kerja, dimana durasi ini lebih cepat 14 hari dari durasi normal 105 hari. Total biaya akhir yang diperoleh adalah Rp 982.073.827,75. Hal ini menunjukkanbahwapercepatan lebih optimal

SIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan : Setelah melakukan analisis percepatan waktu dan biaya dengan menggunakan metode TCTO (*Time Cost Trade Off*), maka didapatkan penambahan biaya sebesar Rp 365.147.915,64 atau 59,188% dari biaya awal yaitu Rp 616.925.912,11 yang jika dijumlah keseluruhannya adalah Rp 982.073.827,75. Durasi normal pekerjaan struktural pada proyek pembangunan Gedung *Workshop* Teknik Mesin UPN Veteran Jawa Timur ialah 105 hari setelah dilakukan proses percepatan kegiatan penambahan jam kerja menjadi 91 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Respati, A. Sugianto, and W. Bagus Santoso, "Kajian Percepatan Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Seksi V," *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 3, no. 2, pp. 142–153, 2021, doi: 10.36277/transukma.v3i2.81.
- [2] C. Reynaldi and A. Sutandi, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off - Studi Kasus Apartemen Collins Boulevard," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 497–506, 2022, doi: 10.24912/jmts.v5i2.16450.
- [3] N. Saputra, E. Handayani, and A. Dwiretnani, "Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi," *J. Talent. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 44, 2021, doi: 10.33087/talentsipil.v4i1.48.
- [4] A. I. Afrizal, "TIME COST TRADE OFF ANALISYS UNTUK PENGOPTIMALAN

WAKTU DAN BIAYA PROYEK (STUDI KASUS: PEMBANGUNAN UPT PUSKESMAS KARANGPUCUNG),” 2018.

- [5] Onibala, E. C., Inkiriwang, R. L., & Sibi, M. (2018). Metode Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Dalam Proyek Pembangunan Sekolah Smk Santa Fimilia Kota Tomohon. *Jurnal Sipil Statik*, 6(11), 927–940
- [6] S. Singh, “Optimizing time–cost trade–off decisions in an interval transportation problem with multiple shipment options,” *Eng. Optim.*, vol. 55, no. 1, pp. 53–70, 2023.
- [7] N. Sembiring, *Buku Ajar Manajemen Proyek*. 2014. [Online]. Available: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/71890/Fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Awaluddin, L. O. M. I. (2019). *Analisa Percepatan Waktu Dengan Menggunakan Metode Trade Cost Trade Off (Tcto) Pada Proyek Apartemen Puncak Merr Surabaya*.
- [9] S. Rahayu, Nurwan, and D. Wungguli, “Analisis Critical Path Method dan Time Cost Trade Off dalam Optimasi Waktu dan Biaya Pengerjaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit,” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 19, no. 2, pp. 227–242, 2022, doi: 10.22487/2540766x.2022.v19.i2.16176.
- [10] R. Pratiwi, M. Mustakim, and C. Annisa Forester Bangabua, “Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Time Cost Trade Off Method (TCTO) dan Precedence Diagram Method (PDM) pada Pembangunan Drainase Jalan Tol KM. 35 Balikpapan-Samarinda,” *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.36277/transukma.v3i1.65.