

PERCEPATAN DURASI DAN OPTIMASI ANGGARAN PADA PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK KONSTRUKSI RS POLRI KRAMAT JATI DENGAN PENDEKATAN *TIME COST TRADE OFF*

Muhammad Fadil Syaifullah Akmal ^{1)*}, Achmad Muhazir ²⁾, Roberta Heni Anggit Tanisri ³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta, Indonesia 12550

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta, Indonesia 12550

202210215126@mhs.ubharajaya.ac.id¹ achmad.muhazir@ubharajaya.ac.id²

roberta.heni@dsn.ubharajaya.ac.id³

*Corresponding Author: 202210215126@mhs.ubharajaya.ac.id¹

ABSTRAK

Proyek pembangunan RS Polri Kramat Jati merupakan proyek strategis yang memerlukan penyelesaian tepat waktu akibat permintaan percepatan dari pemilik proyek, sehingga diperlukan analisis pengendalian waktu dan biaya yang tepat. Metode yang digunakan adalah *Time Cost Trade Off* (TCTO), yaitu metode yang mengkaji hubungan antara pengurangan durasi dan peningkatan biaya akibat percepatan pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis alternatif percepatan pekerjaan struktur pada proyek pembangunan RS Polri Kramat Jati serta mengevaluasi efisiensi biaya dari percepatan waktu yang dihasilkan dengan mengoptimalkan biaya percepatan melalui penambahan jam lembur. Metode yang digunakan adalah analisis jalur kritis, perhitungan durasi *crash time*, penentuan *cost slope*, dan evaluasi biaya tambahan berdasarkan dua skenario lembur, yaitu lembur 2 jam dan lembur 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan struktur memiliki durasi normal 83 hari. Pada skenario lembur 2 jam, durasi struktur dapat dipercepat menjadi 73 hari, sehingga durasi total proyek berkurang sebesar 6,67% dari total durasi 150 hari. Penambahan biaya pada skenario ini sebesar Rp624.956.169,26, atau 4,12% dari total pekerjaan struktur dan 1,07% dari total RAB. Pada skenario lembur 4 jam, durasi struktur dapat dipercepat menjadi 71 hari dan menyebabkan percepatan proyek sebesar 8,00%. Biaya percepatan pada skenario ini sebesar Rp1.260.071.045,30 atau 9,51% dari biaya pekerjaan struktur dan 2,15% dari nilai keseluruhan. Percepatan total proyek belum mencapai target kontraktor sebesar 10%. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis alternatif percepatan pada pekerjaan arsitektur dan MEP, sehingga diperoleh strategi percepatan yang lebih optimal dan sesuai kebutuhan penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Kata Kunci: TCTO, Percepatan Waktu, Optimasi Anggaran

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu faktor utama yang mendorong pertumbuhan ekonomi nasional melalui penyediaan sarana publik seperti

gedung, rumah sakit, dan fasilitas pendidikan Perdana & Sari (2022). Pemerintah Indonesia terus meningkatkan investasi di sektor konstruksi guna memenuhi kebutuhan masyarakat serta mempercepat pembangunan di berbagai daerah. Perkembangan sektor konstruksi ini memberikan dampak positif terhadap penyerapan tenaga kerja dan perputaran ekonomi, namun juga menimbulkan tantangan dalam pengendalian biaya, mutu, dan waktu pelaksanaan proyek (Wahyudi & Girsang, 2025).

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, pengelolaan waktu dan sumber daya menjadi aspek penting yang menentukan keberhasilan proyek. Perencanaan jadwal yang kurang akurat dapat menyebabkan ketidakefisienan penggunaan tenaga kerja, material, dan peralatan, sehingga berdampak pada kinerja proyek secara keseluruhan Utari et al (2022). Manajemen waktu yang baik memungkinkan sinkronisasi antar aktivitas pekerjaan struktur dan mendukung peningkatan produktivitas. Efisiensi waktu pelaksanaan dapat dicapai dengan mengidentifikasi aktivitas kritis serta menentukan alternatif percepatan pekerjaan tanpa mengubah ruang lingkup utama proyek (Perdana & Sari, 2022).

Berbagai penelitian telah mengkaji percepatan proyek konstruksi menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk menyeimbangkan hubungan waktu dan biaya guna memperoleh kondisi proyek yang optimal. Studi Budianto & Husin (2021) menunjukkan bahwa penerapan TCTO mampu menentukan alternatif percepatan dengan tambahan biaya terkendali pada proyek infrastruktur, sementara Arvianto (2020). pada proyek rumah sakit membuktikan efektivitas TCTO dalam menurunkan durasi proyek dengan konsekuensi biaya yang terukur. Penelitian Izzah (2021) pada proyek perumahan juga menegaskan bahwa percepatan melalui *crashing* berdampak langsung terhadap biaya proyek. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih lebih menekankan pada efisiensi jadwal dan mekanisme percepatan tanpa mengkaji secara mendalam hubungan simultan antara perubahan durasi dan total biaya

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia memiliki peran strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi melalui penyediaan fasilitas publik seperti gedung dan rumah sakit. Meningkatnya aktivitas konstruksi menuntut pengelolaan proyek yang efektif, khususnya dalam pengendalian waktu, biaya, dan sumber daya. Pekerjaan struktur merupakan komponen utama yang menyerap anggaran terbesar dan sangat memengaruhi durasi proyek secara keseluruhan. Pada proyek penambahan Gedung Rawat Inap Rumah Sakit Polri Kramat Jati, biaya pekerjaan struktur tercatat sebesar Rp13.247.328.788,83 dengan alokasi terbesar pada pekerjaan pondasi serta struktur lantai 1 dan lantai 2. Proyek ini memiliki nilai kontrak sebesar Rp58.502.580.000,00 dengan batas toleransi penambahan biaya maksimum 3% atau setara Rp1.755.077.400,00, sehingga percepatan proyek harus dilakukan secara efisien agar tidak melampaui anggaran yang telah ditetapkan.

Berdasarkan kondisi tersebut, proyek penambahan Gedung Rawat Inap RS Polri Kramat Jati menghadapi permasalahan utama berupa permintaan percepatan penyelesaian proyek sebesar 15 hari atau sekitar 10% dari total durasi pelaksanaan dengan batas tambahan biaya maksimal 3% dari nilai kontrak. Kesenjangan penelitian terletak pada belum optimalnya kajian terfokus pada pekerjaan struktur bangunan rumah sakit menggunakan pendekatan TCTO secara aplikatif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis percepatan durasi dan optimasi biaya pekerjaan struktur menggunakan metode *Time Cost Trade Off* guna memperoleh kombinasi waktu dan biaya yang paling efisien, serta memberikan manfaat praktis bagi

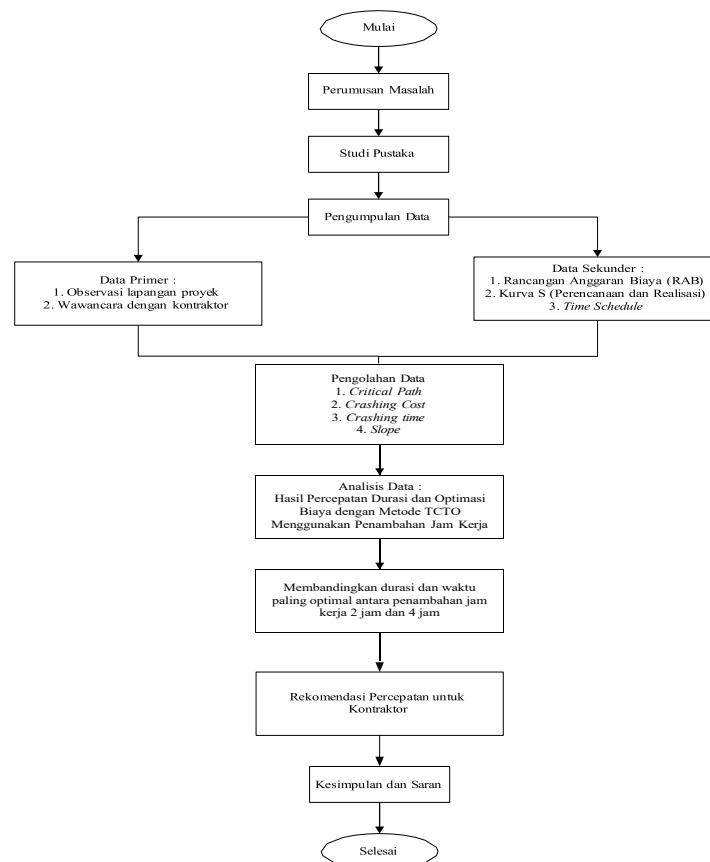
pengelolaan proyek konstruksi dalam pengambilan keputusan percepatan secara ekonomis.

1.2 Tujuan Penelitian .

- Menganalisis penerapan percepatan waktu (*Crash time*) pada proyek pembangunan Rumah Sakit Polri Kramat Jati untuk menentukan alternatif percepatan sesuai permintaan Owner.
- Mengoptimalkan biaya proyek melalui metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dengan penambahan jam kerja sehingga diperoleh alternatif percepatan yang paling efisien.

2. METODE

Metode yang relevan untuk menganalisis percepatan proyek dengan pengoptimalan biaya adalah *Time Cost Trade Off* (TCTO). Metode ini bertujuan untuk mengoptimalkan hubungan antara durasi kegiatan dan biaya tambahan sehingga diperoleh waktu penyelesaian proyek yang paling efisien. Berbeda dengan metode CPM dan PERT yang lebih berfokus pada optimasi waktu, serta *Earned Value Management* yang menekankan pengendalian kinerja proyek, TCTO secara simultan mengevaluasi konsekuensi biaya akibat percepatan setiap aktivitas. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan TCTO mampu mempercepat durasi proyek dengan tambahan biaya yang relatif kecil, namun kajian yang secara spesifik meneliti pekerjaan struktur pada bangunan rumah sakit masih terbatas, khususnya yang menganalisis penambahan jam kerja sebagai strategi percepatan. Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan perumusan masalah yang berkaitan dengan kebutuhan percepatan durasi pekerjaan struktur proyek konstruksi dengan keterbatasan anggaran. Selanjutnya dilakukan studi pustaka untuk memperoleh landasan teori mengenai manajemen proyek, metode percepatan, serta pendekatan *Time Cost Trade Off* (TCTO). Pengumpulan data meliputi data primer berupa observasi lapangan dan wawancara dengan pihak kontraktor, serta data sekunder berupa Rencana Anggaran Biaya (RAB), jadwal perencanaan dan realisasi proyek, serta time schedule sebagai dasar analisis.

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dengan menyusun jaringan kerja proyek menggunakan metode *Critical Path* untuk menentukan lintasan kritis. Selanjutnya dilakukan perhitungan crashing time, crashing cost, dan slope pada setiap aktivitas kritis guna mengetahui tambahan biaya yang diperlukan untuk mempercepat durasi pekerjaan. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas yang paling efisien untuk dilakukan percepatan berdasarkan hubungan waktu dan biaya.

Hasil pengolahan data dianalisis menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan menerapkan skenario penambahan jam kerja sebagai alternatif percepatan proyek. Perbandingan dilakukan antara penambahan jam kerja 2 jam dan 4 jam untuk memperoleh kombinasi durasi dan biaya yang paling optimal. Berdasarkan hasil analisis tersebut disusun rekomendasi percepatan yang dapat diterapkan oleh kontraktor, kemudian ditarik kesimpulan serta saran sebagai penutup penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, analisis percepatan proyek dilakukan pada Proyek Penambahan Gedung Rawat Inap Rumah Sakit Polri Kramat Jati, Jakarta Timur. Percepatan difokuskan pada pekerjaan struktur yang meliputi pekerjaan pondasi dan *pile cap*, serta pekerjaan struktur atas yang terdiri dari balok, kolom, dan pelat lantai. Lingkup pekerjaan struktur yang dianalisis mencakup lantai dasar hingga lantai atas sesuai dengan perencanaan proyek dengan durasi normal pelaksanaan selama 150 hari. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta kurva-S proyek sebagai dasar perhitungan percepatan durasi dan optimasi biaya menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Berikut adalah RAB pekerjaan struktur RS Polri Kramat jati.

Tabel 1. RAB Pekerjaan Struktur

Pekerjaan	Biaya
Pekerjaan Pondasi	Rp2.545.931.357,08
Pekerjaan Struktur Lantai 1	Rp1.803.629.102,10
Pekerjaan Struktur Lantai 2	Rp1.786.692.394,53
Pekerjaan Struktur Lantai 3	Rp1.652.025.654,23
Pekerjaan Struktur Lantai 4	Rp1.631.434.152,47
Pekerjaan Struktur Lantai 5	Rp1.527.234.281,34
Pekerjaan Struktur Lantai 6	Rp1.263.788.887,78
Pekerjaan Struktur Lantai Atap	Rp705.047.182,02
Pekerjaan Struktur Baja Atap	Rp331.545.777,28
Total Pekerjaan Struktur	Rp13.247.328.788,83

Pada tahap selanjutnya, dilakukan penyusunan *Network diagram* proyek berdasarkan jadwal pekerjaan yang telah direncanakan menggunakan perangkat

lunak *Microsoft Project 2024*. *Network diagram* ini digunakan untuk menggambarkan hubungan ketergantungan antar aktivitas pekerjaan struktur serta menentukan urutan pelaksanaan yang saling memengaruhi durasi proyek secara keseluruhan. Melalui analisis tersebut, kemudian ditetapkan jalur kritis (*critical path*) sebagai rangkaian aktivitas yang memiliki waktu pelaksanaan terpanjang dan tidak memiliki kelonggaran waktu. Berikut adalah jalur kritis pekerjaan struktur.



Gambar 2 Jalur Kritis Pekerjaan Struktur

Pada gambar 4.6 Pekerjaan struktur merupakan jalur kritis dalam pembangunan RS Polri Kramat Jati. Jalur kritis ditandai dengan *ganttt chart* warna merah sedangkan *ganttt chart* yang berwarna biru bukan merupakan jalur kritis. Pada pekerjaan pondasi penanaman tiang pancang hingga pembuatan lantai kerja merupakan jalur kritis. Pemotongan kepala tiang pancang, penyambungan tiang pancang, tes pda ,dan tes leteral bukan merupakan jalur kritis. Pada pekerjaan lantai

1 pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, *plat*, dan kolom merupakan jalur kritis tetapi pekerjaan ramp bukan jalur kritis.

Menentukan *crash time* merupakan bagian penting dalam analisis percepatan proyek karena proses ini digunakan untuk mengetahui durasi tercepat yang masih dapat dicapai melalui peningkatan produktivitas atau penambahan jam kerja. Dengan menghitung *crash time*, perencana dapat menentukan strategi percepatan yang paling efisien. Berikut adalah contoh perhitungan *crash time* pada pekerjaan tiang pancang.

a. Menghitung produktivitas harian

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal}} \quad (1)$$

Pada pekerjaan pemancangan tiang pancang *volume* pekerjaan adalah 3387M, dan durasi pekerjaan adalah 16 hari sehingga didapatkan:

$$\text{Produktivitas harian} = 3387/16 = 211,69\text{M}$$

b. Menghitung produktivitas per jam

$$\text{Produktivitas per jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja normal harian}} \quad (2)$$

Jam kerja normal harian = 8 jam

$$\text{Produktivitas per jam} = 211,69/8$$

$$\text{Produktivitas per jam} = 26,46 \text{ M}$$

c. Menghitung produktivitas lembur

Produktivitas lembur = Jam kerja lembur × Koefisien produktivitas × Produktivitas per jam

Jam kerja lembur per hari = 2 jam

Koefisien produktivitas lembur = 80%

$$\text{Produktivitas lembur} = 2 \text{ jam} \times 80\% \times 26,46$$

$$\text{Produktivitas lembur} = 42,34\text{M}$$

d. Menghitung produktivitas harian setelah *crash*

Produktivitas harian setelah *crash* = Produktivitas harian + Produktivitas lembur

$$\text{Produktivitas harian setelah } crash = 211,69 + 42,34$$

$$\text{Produktivitas harian setelah } crash = 254,03\text{M}$$

e. Menghitung *crash time*

$$\text{Crash Time} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas harian setelah } crash} \quad (3)$$

$$\text{Crash time} = 3387/254,03$$

$$\text{Crash time} = 13,33 \text{ hari dibulatkan menjadi } 14 \text{ hari}$$

Selanjutnya melakukan perhitungan *crash cost*. Perhitungan *crash cost* berfungsi untuk mengetahui tambahan biaya yang timbul akibat percepatan pekerjaan pada proyek RS Polri Kramat Jati. *Crash cost* dihitung dengan membandingkan biaya pelaksanaan pekerjaan pada kondisi durasi normal dengan biaya pelaksanaan pada kondisi dipercepat. Berikut adalah contoh perhitungan *crash cost* pada pekerjaan tiang pancang.

a. Menentukan Jumlah Harga Pada RAB

Langkah pertama adalah menentukan jumlah biaya pada pekerjaan kritis sesuai dengan data RAB yang telah disediakan oleh kontraktor.

$$\text{Pemancangan Pancang ukuran } 25 \times 25 \text{ Cm} = \text{Rp}723.520.779,00$$

b. Menghitung Upah Kerja Harian Normal

$$\text{Upah harian normal} = \text{Jumlah OH} \times \text{harga satuan upah} \quad (4)$$

$$\text{Operator 1 berjumlah } 2 \text{ orang} \times \text{upah Rp}199.782,00 = \text{Rp}399.564,00$$

Operator 2 berjumlah 2 orang × upah Rp199.782,00 = Rp399.564,00
Mandor berjumlah 1 orang × upah Rp211379,00 = Rp211379,00
 Total upah harian = Rp399.564,00 + Rp399.564,00 + Rp211379,00 = Rp1.010.507,00

- c. Menghitung Upah Kerja Per Jam Normal
 Upah Per Jam Normal = upah harian normal / 8 jam (5)
 Upah Per Jam Normal = Rp1.010.507,00 / 8 jam
 Upah Per Jam Normal = Rp126.313,38
- d. Menghitung Upah Lembur Per Hari (2 Jam Lembur)
 Pada pekerjaan tiang pancang alat HSPD 120 ton berjumlah 2 alat
 Upah lembur 2 jam = (1 × 1,5 × upah per jam) + (1 × 2 × upah per jam normal)
 + (sewa alat 2 jam)
 Sewa alat HSPD 120 ton adalah Rp 2.833.333/ hari
 HSPD 120 ton berjumlah 2 alat
 Total upah 2 jam lembur = (1,5 × Rp 126.313,38) + (1 × 2 × 126.313,38) + (Rp 2.833.333/ 8 jam × 2 jam × 2 alat)
 Total upah 2 jam lembur OH dan alat = Rp1.858.763,48
- e. Menghitung *Crash cost*
Crash cost = RAB + (*Crash cost* per hari × *crash time*) (6)
Crash cost = Rp723.520.779,00 + (Rp1.858.763,48 × 14 hari)
Crash cost = Rp749.543.467,71

Selanjutnya melakukan perhitungan *cost slope*. Perhitungan *cost slope* merupakan tahap penting dalam analisis percepatan proyek di RS Polri Kramat Jati karena digunakan untuk mengetahui besarnya tambahan biaya yang dibutuhkan untuk setiap pengurangan satu hari durasi pekerjaan. Nilai *cost slope* diperoleh dari selisih antara biaya *crash* dengan biaya normal, kemudian dibagi dengan selisih durasi normal dan durasi setelah dipercepat (*Crash time*). Berikut adalah contoh perhitungan *cost slope* pada pekerjaan tiang pancang dengan 2 jam lembur.

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash time}} \quad (7)$$

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Rp749.543.467,71} - \text{Rp723.520.779,00}}{16 - 14}$$

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Rp26.022.688,71}}{2}$$

$$\text{Cost slope} = \text{Rp13.011.344,35/hari}$$

Pada tahap selanjutnya adalah melakukan analisis Analisis pertukaran waktu dan biaya. pertukaran waktu dan biaya (*Time–Cost Trade Off*) dilakukan untuk memahami hubungan antara percepatan durasi proyek dengan konsekuensi biaya tambahan yang harus ditanggung. Melalui analisis ini, dihitung perubahan waktu penyelesaian proyek pada dua skenario percepatan, yaitu lembur 2 jam dan 4 jam, kemudian dibandingkan dengan *crash cost* serta slope biaya yang muncul dari tiap skenario tersebut. Hasil analisis ini menunjukkan sejauh mana pengurangan durasi yang diperoleh dari percepatan sebanding dengan peningkatan biaya yang harus dibayarkan. Berikut adalah analisis pertukaran waktu dan biaya pada pekerjaan struktur RS Polri Kramat jati.

Tabel 2. Analisis Total Biaya dengan 2 jam Lembur

Uraian Pekerjaan		Cost slope	Normal Time	Crash time	Total Crash	Tambahan Biaya
Pekerjaan	Sub Pekerjaan	A	B	C	D=B-C	E=A*D
Pekerjaan Pondasi						
Pekerjaan Tanah & Pondasi	Tiang Pancang Ukuran 25x25 T= 20 M	Rp13.011.344,35	16	14	2	Rp26.022.688,71
	Galian Tanah <i>Pile Cap</i> & <i>Tie Beam</i>	Rp25.827.405,63	6	5	1	Rp25.827.405,63
	Buangan Tanah	Rp26.119.310,31	6	5	1	Rp26.119.310,31
	Bekisting Batako		2	2	0	Rp0,00
	Anti Rayap		1	1	0	Rp0,00
	Urugan Tanah Kembali		1	1	0	Rp0,00
	Urugan Pasir		1	1	0	Rp0,00
	Lantai Kerja		1	1	0	Rp0,00
Pekerjaan Struktur Lantai 1						
<i>Pile Cap</i> , <i>Tie Beam</i> , <i>Plat</i>	Beton	Rp34.125.173,50	9	8	1	Rp34.125.173,50
	Bekisting	Rp30.724.802,50	9	8	1	Rp30.724.802,50
	Besi	Rp15.793.214,73	9	8	1	Rp15.793.214,73
Pekerjaan Struktur Lantai 2						
<i>Plat</i> , Balok & Kolom	Beton	Rp23.538.032,63	7	6	1	Rp23.538.032,63
	Bekisting	Rp48.595.173,38	7	6	1	Rp48.595.173,38
	Besi	Rp12.399.780,92	7	6	1	Rp12.399.780,92
Pekerjaan Struktur Lantai 3						
<i>Plat</i> , Balok & Kolom	Beton	Rp23.538.032,63	7	6	1	Rp23.538.032,63
	Bekisting	Rp48.595.173,38	7	6	1	Rp48.595.173,38
	Besi	Rp11.392.788,92	7	6	1	Rp11.392.788,92
Pekerjaan Struktur Lantai 4						
<i>Plat</i> , Balok & Kolom	Beton	Rp23.538.032,63	7	6	1	Rp23.538.032,63
	Bekisting	Rp48.595.173,38	7	6	1	Rp48.595.173,38
	Besi	Rp11.392.788,92	7	6	1	Rp11.392.788,92
Pekerjaan Struktur Lantai 5						
<i>Plat</i> , Balok & Kolom	Beton	Rp22.489.177,13	7	6	1	Rp22.489.177,13
	Bekisting	Rp47.063.753,63	7	6	1	Rp47.063.753,63
	Besi	Rp10.385.796,92	7	6	1	Rp10.385.796,92
Pekerjaan Struktur Lantai 6						
<i>Plat</i> , Balok & Kolom	Beton	Rp22.489.177,13	7	6	1	Rp22.489.177,13
	Bekisting	Rp47.063.753,63	7	6	1	Rp47.063.753,63
	Besi	Rp10.385.796,92	7	6	1	Rp10.385.796,92
Pekerjaan Struktur Lantai Atap						
<i>Plat</i> Balok & Tanggulan	Beton	Rp19.908.901,88	7	6	1	Rp19.908.901,88
	Bekisting	Rp28.162.288,88	7	6	1	Rp28.162.288,88
	Besi	Rp6.809.951,04	7	6	1	Rp6.809.951,04
Total Penambahan Biaya						Rp624.956.169,26

Proporsi biaya percepatan dengan 2 jam lembur terhadap biaya normal, dilakukan perhitungan persentase sebagai berikut:

$$\frac{\text{Rp624.956.169,26}}{\text{Rp13.247.328.788,83}} \times 100\% = 4,72\%$$

Total biaya pekerjaan struktur setelah percepatan dengan 2 jam lembur dihitung dengan menjumlahkan biaya normal dan biaya percepatan:

$$\text{Rp13.247.328.788,83} + \text{Rp624.956.169,26} = \text{Rp13.872.284.958,09}$$

Proporsi biaya percepatan dengan 2 jam lembur terhadap kesekuruhan nilai kontrak dilakukan perhitungan persentase sebagai berikut:

$$\frac{\text{Rp624.956.169,26}}{\text{Rp 58.502.580.000,00}} \times 100\% = 1,07\%$$

Dengan demikian, total biaya keseluruhan setelah percepatan 2 jam lembur pada pekerjaan struktur menjadi:

$$\text{Rp 58.502.580.000,00} + \text{Rp624.956.169,26} = \text{Rp59.127.536.169,26}$$

Tabel 3 Analisis Total Biaya dengan 4 jam Lembur

Uraian Pekerjaan		Cost slope	Normal Time	Crash time	Total Crash	Tambahan Biaya
Pekerjaan	Sub Pekerjaan	a	b	c	d=b-c	e=a*d
Pekerjaan Pondasi						
Pekerjaan Tanah Dan Pondasi	Tiang Pancang Ukuran 25x25 T= 20 m	Rp16.382.962,47	16	13	3	Rp49.148.887,40
	Galian Tanah <i>Pile Cap & Tie Beam</i>	Rp53.035.560,63	6	5	1	Rp53.035.560,63
	Buangan Tanah	Rp53.428.450,31	6	5	1	Rp53.428.450,31
	Bekisting Batako		2	2	0	Rp0,00
	Anti Rayap		1	1	0	Rp0,00
	Urugan Tanah Kembali		1	1	0	Rp0,00
	Urugan Pasir		1	1	0	Rp0,00
Lantai Kerja		1	1	0	Rp0,00	
Pekerjaan Struktur Lantai 1						
<i>Pile Cap, Tie Beam, Plat & Kolom</i>	Beton	Rp30.725.644,03	9	7	2	Rp61.451.288,06
	Bekisting	Rp28.804.502,34	9	7	2	Rp57.609.004,69
	Besi	Rp14.580.332,35	9	7	2	Rp29.160.664,71
Pekerjaan Struktur Lantai 2						
Plat, Balok & Kolom	Beton	Rp48.267.145,13	7	6	1	Rp48.267.145,13
	Bekisting	Rp104.132.514,38	7	6	1	Rp104.132.514,38
	Besi	Rp26.183.862,34	7	6	1	Rp26.183.862,34
Pekerjaan Struktur Lantai 3						
Plat, Balok & Kolom	Beton	Rp48.267.145,13	7	6	1	Rp48.267.145,13
	Bekisting	Rp104.132.514,38	7	6	1	Rp104.132.514,38
	Besi	Rp23.348.602,98	7	6	1	Rp23.348.602,98
Pekerjaan Struktur Lantai 4						
Plat, Balok & Kolom	Beton	Rp48.267.145,13	7	6	1	Rp48.267.145,13
	Bekisting	Rp104.132.514,38	7	6	1	Rp104.132.514,38
	Besi	Rp23.348.602,98	7	6	1	Rp23.348.602,98
Pekerjaan Struktur Lantai 5						
Plat, Balok & Kolom	Beton	Rp46.019.597,63	7	6	1	Rp46.019.597,63
	Bekisting	Rp100.850.900,63	7	6	1	Rp100.850.900,63
	Besi	Rp20.513.343,63	7	6	1	Rp20.513.343,63
Pekerjaan Struktur Lantai 6						
Plat, Balok & Kolom	Beton	Rp46.019.597,63	7	6	1	Rp46.019.597,63
	Bekisting	Rp100.850.900,63	7	6	1	Rp100.850.900,63
	Besi	Rp20.513.343,63	7	6	1	Rp20.513.343,63
Pekerjaan Struktur Lantai Atap						
Plat Balok & Tanggulan	Beton	Rp20.223.138,38	7	6	1	Rp20.223.138,38
	Bekisting	Rp60.347.761,88	7	6	1	Rp60.347.761,88
	Besi	Rp10.818.558,69	7	6	1	Rp10.818.558,69
Total Penambahan Biaya						Rp1.260.071.045,30

Berikut adalah persentase kenaikan biaya 4 jam lembur pada pekerjaan struktur:

Rp1.260.071.045,30

$$\frac{Rp1.260.071.045,30}{Rp13.247.328.788,83} \times 100\% = 9,51\%$$

Berikut adalah persentase kenaikan biaya dengan 4 jam lembur terhadap nilai kontrak:

Rp1.260.071.045,30

$$\frac{Rp1.260.071.045,30}{Rp58.502.580.000,00} \times 100\% = 2,15\%$$

Total biaya struktur setelah percepatan dengan 4 jam lembur

$$Rp13.247.328.788,83 + Rp1.260.071.045,30 = Rp14.507.399.834,13$$

Total biaya struktur setelah percepatan dengan 4 jam lembur dihitung dengan menjumlahkan biaya keseluruhan:

$$Rp58.502.580.000,00 + Rp1.260.071.045,30 = Rp59.762.651.045,30$$

Tabel 4. Percepatan Waktu dengan 2 Jam Lembur

Uraian Pekerjaan		Normal Duration	Crash time	Total Crash	Total Durasi Proyek
Pekerjaan	Sub Pekerjaan	a	b	c=a-b	d=83-c
Pekerjaan Pondasi					
Pekerjaan Tanah & Pondasi	Tiang Pancang Ukuran 25x25 T= 20 m	16	14	2	81
	Galian Tanah <i>Pile Cap & Tie Beam</i>	6	5	1	80
	Buangan Tanah				
	Bekisting Batako				
	Anti Rayap				
	Urugan Tanah Kembali				
	Urugan Pasir				
Lantai Kerja	1	1	0		
Pekerjaan Struktur Lantai 1					
<i>Pile Cap, Tie Beam, Plat & Kolom</i>	Bekisting	9	8	1	79
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 2					
Plat, Balok & Kolom	Bekisting	7	6	1	78
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 3					
Plat, Balok & Kolom	Bekisting	7	6	1	77
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 4					
Plat, Balok & Kolom	Bekisting	7	6	1	76
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 5					
Plat, Balok & Kolom	Bekisting	7	6	1	75
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 6					
Plat, Balok & Kolom	Bekisting	7	6	1	74
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai Atap					
Plat Balok & Tanggulan	Bekisting	7	6	1	73
	Besi				
	Beton				

Pada Tabel 4. diperoleh bahwa total durasi percepatan waktu dengan penambahan 2 jam lembur adalah 73 hari. Secara persentase, percepatan 10 hari dari durasi struktur 83 hari dihitung sebagai berikut:

$$\frac{10}{83} \times 100\% = 12,05\%$$

Percepatan 10 hari dari durasi keseluruhan 150 hari dihitung sebagai berikut:

$$\frac{10}{150} \times 100\% = 6,67\%$$

Tabel 5. Percepatan dengan 4 Jam Lembur

Uraian Pekerjaan		Normal Time	Crash time	Total Crash	Total Durasi Proyek
Pekerjaan	Sub Pekerjaan	a	b	c=a-b	d=83-c
Pekerjaan Pondasi					
	Tiang Pancang Ukuran 25x25 T= 20 m	16	13	3	80
	Galian Tanah <i>Pile Cap & Tie Beam</i>	6	5	1	79
	Buangan Tanah				

Uraian Pekerjaan		Normal Time	Crash time	Total Crash	Total Durasi Proyek
Pekerjaan	Sub Pekerjaan	a	b	c=a-b	d=83-c
Pekerjaan Tanah & Pondasi	Bekisting Batako	2	2	0	
	Anti Rayap	1	1	0	
	Urugan Tanah Kembali	1	1	0	
	Urugan Pasir	1	1	0	
	Lantai Kerja	1	1	0	
Pekerjaan Struktur Lantai 1					
<i>Pile Cap, Tie Beam, Plat & Kolom</i>	Bekisting	9	7	2	77
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 2					
<i>Plat, Balok & Kolom</i>	Bekisting	7	6	1	76
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 3					
<i>Plat, Balok & Kolom</i>	Bekisting	7	6	1	75
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 4					
<i>Plat, Balok & Kolom</i>	Bekisting	7	6	1	74
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 5					
<i>Plat, Balok & Kolom</i>	Bekisting	7	6	1	73
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai 6					
<i>Plat, Balok & Kolom</i>	Bekisting	7	6	1	72
	Besi				
	Beton				
Pekerjaan Struktur Lantai Atap					
<i>Plat Balok & Tanggulan</i>	Bekisting	7	6	1	71
	Besi				
	Beton				

Pada Tabel 5 percepatan dengan penambahan 4 jam lembur, total durasi pekerjaan menjadi lebih singkat dengan percepatan sebesar 12 hari dibandingkan durasi normal. Pada pekerjaan struktur, durasi normal adalah 83 hari, sehingga dengan percepatan 12 hari durasi menjadi 71 hari. Percepatan 12 hari dari durasi struktur 83 hari dihitung sebagai berikut:

$$\frac{12}{83} \times 100\% = 14,46\%$$

Artinya, percepatan pada pekerjaan struktur mencapai 14,46% dari durasi normal. Percepatan 12 hari dari total durasi keseluruhan dihitung sebagai berikut:

$$\frac{12}{150} \times 100\% = 8,00\%$$

Analisis perbandingan durasi dan biaya antara kondisi normal, percepatan 2 jam lembur, dan percepatan 4 jam lembur dilakukan untuk mengetahui efektivitas strategi percepatan waktu terhadap total biaya proyek. Perbandingan ini menjadi penting karena setiap kebijakan percepatan memiliki konsekuensi biaya tambahan yang harus dipertimbangkan secara cermat. Berikut adalah tabel perbandingan percepatan dari kedua skenario.

Tabel 6. Perbandingan Durasi Normal dan Percepatan

Skenario	Durasi	Perubahan Durasi	Durasi Pekerjaan Struktur	Perubahan Durasi Struktur
Normal	150	–	83	–
Lembur 2 Jam	140	6,67%	73	12,05%
Lembur 4 Jam	138	8,00%	71	14,46%

Tabel 7. Perbandingan Biaya Normal dan Percepatan

Skenario	Total Biaya Keseluruhan (Rp)	Total Biaya Struktur (Rp)	Penambahan Biaya (Rp)	% Penambahan Biaya	
				Struktur	Keseluruhan
Normal	58.502.580.000,00	13.247.328.788,83	–	-	-
Lembur 2 Jam	59.127.536.169,26	13.872.284.958,09	624.956.169,26	4,72	1,07
Lembur 4 Jam	59.762.651.045,30	14.507.399.834,13	1.260.071.045,30	9,51	2,15

4. KESIMPULAN

- A. Penerapan lembur terbukti mampu mempercepat durasi pekerjaan struktur, di mana lembur 2 jam menurunkan durasi dari 83 hari menjadi 73 hari (percepatan 12,05%), sedangkan lembur 4 jam memberikan percepatan lebih besar namun dengan efisiensi yang lebih rendah.
- B. Tambahan biaya percepatan sebesar Rp624.956.169,26 pada lembur 2 jam (1,07% dari nilai proyek), sementara lembur 4 jam meningkatkan biaya menjadi Rp1.260.071.045,30 atau 2,15% dari nilai proyek keseluruhan.
- C. Berdasarkan analisis *Time Cost Trade Off*, percepatan dengan lembur 2 jam direkomendasikan sebagai alternatif paling optimal karena mampu mengurangi durasi proyek secara signifikan dengan tambahan biaya yang tetap berada di bawah batas 3% nilai kontrak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvianto, R. (2020). Optimasi biaya dan waktu dengan metode Time Cost Trade Off (tcto)(studi kasus proyek bangunan rawat inap kelas iii dan parkir rsud. Dr. Moewardi Surakarta).
- Budianto, E. A., & Husin, A. E. (2021). Analisis Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode *Time Cost Trade Off* Pada Proyek Gudang Amunisi. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 305–310.
- Izzah, N. (2021). Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X. *Rekayasa*, 10(1), 51–58.
- Perdana, M. S. A., & Sari, R. P. (2022). Optimalisasi Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Rumah Tinggal Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 6(2), 116–123.
- Utari, R. P., Hadad, M. N., & Wahyudiono, S. (2022). Analisis Percepatan Proyek dengan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus Pada Gedung Student Center UIN Datokrama Palu). *Media Teknik Sipil*, 20(1), 7–13.
- Wahyudi, E., & Girsang, H. (2025). Analisis Metode Percepatan Pekerjaan Pondasi Borepile Berbasis *Time Cost Trade Off* Proyek Tower Merial Jakarta. *Jurnal Tekno Global*, 14(01), 37–46.