Indonesian Journal of Civil Engineering Study
Universitas Semarang
E-ISSN: 3110-0376
Journal homepage: https://journals.usm.ac.id/index.php/ijces

Analisis *Time-Cost Trade Off* Pada Percepatan Struktur dan Arsitektur, dengan Metode Cast In Situ dan Precast terhadap Efisiensi Waktu dan Biaya. (Studi Kasus RSUD Dr.Loekmonohadi Kudus)

Muhamad Naja Alayya [a*], Gayuh Alam Kibar [b], Lila Anggraini [c], Hari Setijo Pudjihardjo [d], Diah Rahmawati [e]

[a, b, c, d, e] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta, Tlogosari, Semarang
**Corresponding author, e*mail: najlayya28@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:
Received September 28, 2026
Revised October 07, 2026
Accepted October 07, 2026
Available online October 15, 2026

Keywords:
Time cost trade off
Cast in situ
Precast
Cost slope
Relative importance index

ABSTRACT

High-rise building projects frequently experience schedule delays when field progress falls behind the baseline S-curve, so acceleration is required to restore the planned completion date. Overtime on cast in situ work, the most common approach, is constrained by concrete curing time and by declining productivity due to worker fatigue; precast concrete is therefore considered as an alternative. This study compares both acceleration schemes for the structural and wall works of the Stroke and Oncology Building, RSUD dr. Loekmonohadi Kudus, using the Time Cost Trade Off (TCTO) method. Secondary data (bill of quantities and time schedule) were analysed with the Critical Path Method (CPM) and cost slope, while primary data from questionnaires completed by 34 respondents were analysed using the Relative Importance Index (RII). Both schemes shorten the project duration from 136 to 109 days (27 days or 19.85%); at activity level, precast reduces the cumulative duration of structural and wall works from 350 to 154 days (56%). At 109 days, the overtime scheme yields a total cost of Rp19,130,607,056.57 (+6.54%), whereas the precast scheme yields Rp21,107,070,024.00 (+17.55%), with cost slopes of Rp50.69 million/day and Rp123.90 million/day, respectively. Respondents rated the weather vulnerability of cast in situ work (RII = 0.83) and the controlled quality of precast elements (RII = 0.82) as the most important factors. Overtime is the least-cost option to reach the 109-day target, while precast is recommended when schedule certainty, work safety, and minimal disturbance to hospital operations are prioritized, provided that heavy-equipment mobilization and factory supply are properly planned.

© 2026 IJCES. Publishing Services by Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Semarang.

1. Pendahuluan

Proyek konstruksi gedung bertingkat memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi sehingga rentan mengalami keterlambatan jadwal. Keterlambatan merupakan penyimpangan antara realisasi progres di lapangan dan rencana penjadwalan yang telah disepakati dalam kontrak. Keterlambatan pada aktivitas yang berada di jalur kritis akan langsung memperpanjang durasi total proyek, menambah biaya tidak langsung, dan menimbulkan risiko denda bagi penyedia jasa apabila tidak segera diatasi melalui tindakan percepatan (Husen, 2021). Kondisi ini juga dijumpai pada proyek fasilitas kesehatan, antara lain pembangunan gedung

This is an open acces article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

pusat terpadu RSUD Sidoarjo yang mengalami deviasi jadwal sehingga memerlukan program percepatan (Fakhrulloh & Triana, 2025).

Salah satu teknik yang umum digunakan untuk melakukan percepatan secara terukur adalah metode *Time Cost Trade Off* (TCTO). Metode ini memperpendek durasi proyek dengan memilih aktivitas kritis yang memberikan tambahan biaya (*crash cost*) paling rendah per satuan waktu, sehingga diperoleh kombinasi durasi dan biaya yang paling menguntungkan (Zhaputro et al., 2024). Pada praktiknya, percepatan paling sering dilakukan dengan penambahan jam kerja lembur. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa lembur mampu memangkas durasi proyek gedung dengan kenaikan biaya yang relatif kecil (Dayunita et al., 2024). Namun demikian, durasi kerja yang melampaui ambang batas optimal menurunkan produktivitas akibat kelelahan fisik dan mental pekerja (Fardila & Adawyah, 2021), sedangkan pada metode cor di tempat (*cast in situ*) percepatan juga dibatasi oleh waktu perakitan bekisting, pembesian, dan pengerasan beton.

Sebagai alternatif, penggunaan beton pracetak (*precast*) dapat mempercepat pekerjaan struktur karena komponen difabrikasi di pabrik secara paralel dengan persiapan di lapangan. Hasil penelitian terdahulu melaporkan bahwa metode *precast* mampu mereduksi durasi pekerjaan struktur hingga sekitar 42% dibandingkan metode konvensional, tetapi dengan biaya langsung yang lebih tinggi akibat komponen fabrikasi, transportasi, dan alat berat (Bere et al., 2025). Keberhasilan penerapannya juga sangat dipengaruhi oleh ketepatan pengiriman elemen dari pabrik dan koordinasi pemasangan di lapangan (Putra et al., 2026). Dengan demikian, pemilihan metode percepatan tidak cukup hanya didasarkan pada pertimbangan durasi, tetapi harus mempertimbangkan konsekuensi biaya dan risikonya secara bersamaan (Khiyana et al., 2025).

Penelitian yang membandingkan secara langsung percepatan melalui lembur pada metode *cast in situ* dengan percepatan melalui penggantian metode menjadi *precast* dalam satu kerangka analisis TCTO masih terbatas, khususnya pada proyek rumah sakit yang tetap beroperasi selama masa konstruksi. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil studi kasus Proyek Pembangunan Gedung Stroke dan Onkologi RSUD dr. Loekmonohadi Kudus dengan tujuan: (1) menganalisis durasi pekerjaan struktur dan arsitektur untuk masing-masing metode kerja; (2) menghitung estimasi biaya tambahan yang timbul akibat percepatan pada kedua metode; dan (3) menentukan titik efisiensi terbaik antara waktu dan biaya melalui kurva TCTO, yang dilengkapi dengan persepsi praktisi konstruksi terhadap faktor-faktor yang memengaruhi kedua metode tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Analisis dilakukan melalui dua jalur yang saling melengkapi, yaitu analisis deterministik terhadap data jadwal dan biaya proyek menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO), serta analisis persepsi praktisi konstruksi menggunakan kuesioner yang diolah dengan metode Indeks Kepentingan Relatif (IKR). Hasil kedua analisis kemudian dipadukan untuk menilai metode percepatan yang paling efektif ditinjau dari aspek waktu, biaya, dan risiko pelaksanaan.

Objek dan Lingkup Penelitian

Objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Gedung Stroke dan Onkologi RSUD dr. Loekmonohadi Kudus yang berlokasi di Jl. dr. Lukmonohadi No.19, Ploso, Kecamatan Jati, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Gedung ini terdiri atas lima lantai dan lantai atap dengan sistem struktur beton bertulang. Lokasi proyek berada di dalam kawasan rumah sakit yang tetap beroperasi selama masa konstruksi, sehingga aspek kebisingan, debu, dan keselamatan lingkungan kerja menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan metode percepatan. Lingkup penelitian ditetapkan dengan batasan sebagai berikut.

a. Aktivitas yang dianalisis adalah pekerjaan struktur lantai 1 sampai dengan lantai atap serta pekerjaan dinding lantai 1 sampai dengan lantai 5, sehingga terdapat 11 aktivitas utama.

b. Pekerjaan pondasi, pekerjaan tanah, pekerjaan *finishing* arsitektur, serta pekerjaan mekanikal, elektrikal, dan *plumbing* (MEP) tidak termasuk dalam perhitungan biaya dan durasi.
c. Harga satuan metode *precast* diturunkan dari komponen Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Semarang Tahun 2026, yaitu harga beton K-350, besi tulangan, upah fabrikasi, dan biaya angkut ke lokasi proyek, karena harga elemen pracetak mengikuti penawaran produsen dan tidak tercantum langsung dalam tabel HSPK.
d. Biaya tidak langsung dihitung dari kebutuhan tenaga ahli dan tenaga pendukung dengan besaran upah yang disesuaikan terhadap standar upah Jawa Tengah.
e. Percepatan dengan lembur dibatasi maksimal 3 jam per hari, dengan mempertimbangkan penurunan produktivitas dan risiko kelelahan pekerja apabila lembur melebihi batas tersebut (Husen, 2021).

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder dengan rincian sebagai berikut.

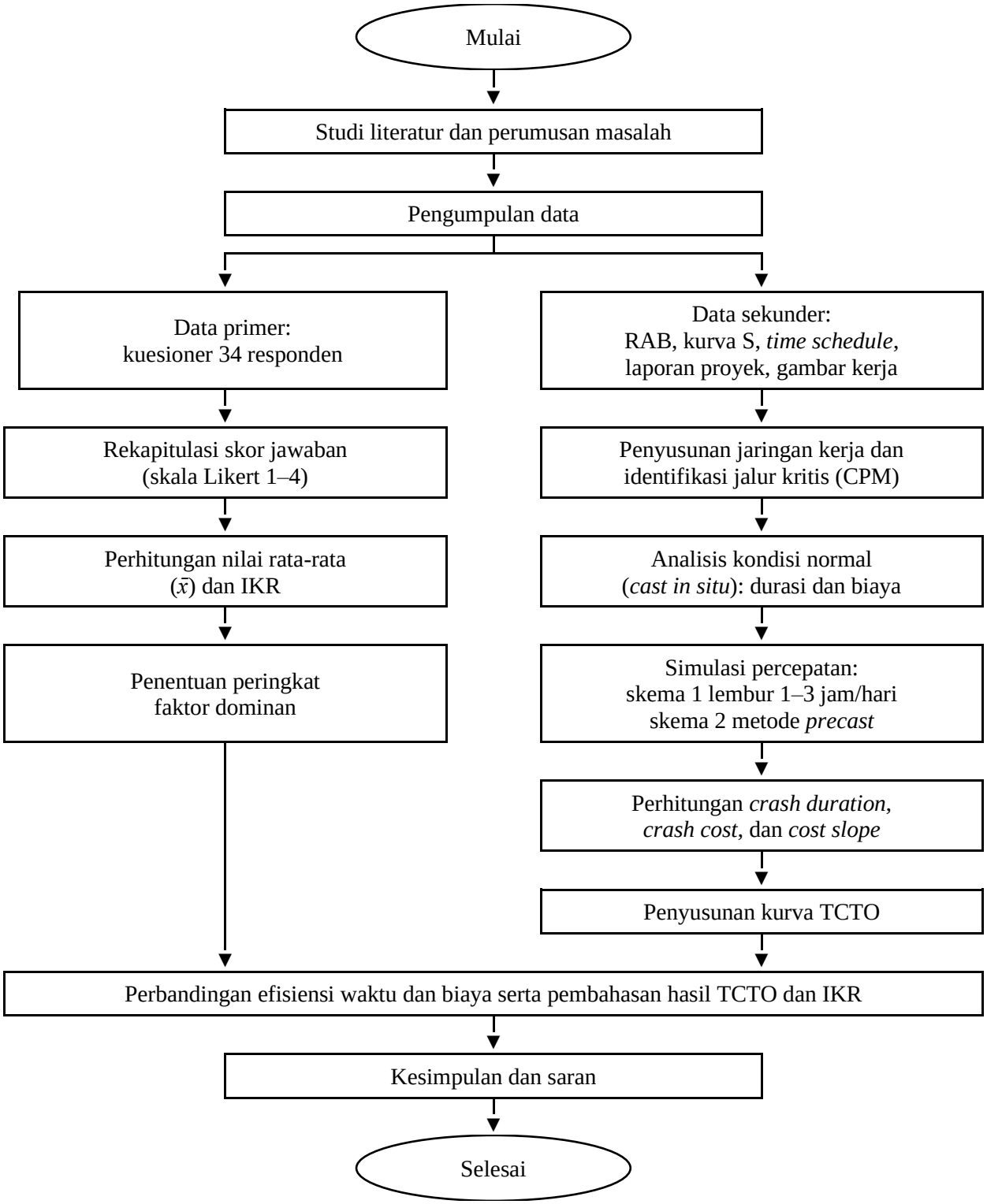
1. Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari responden melalui kuesioner. Data ini digunakan untuk mengetahui persepsi praktisi mengenai penerapan metode *cast in situ* dan *precast*, produktivitas dan jam kerja lembur, serta pertimbangan biaya dalam percepatan proyek.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari arsip proyek milik kontraktor pelaksana, meliputi:
   a. Rencana Anggaran Biaya (RAB) kontrak, yang digunakan untuk menentukan volume, harga satuan, dan biaya langsung setiap aktivitas;
   b. Kurva S dan *time schedule*, yang digunakan untuk menentukan durasi, urutan, dan hubungan ketergantungan antaraktivitas;
   c. Laporan harian dan mingguan, yang digunakan untuk mengetahui progres aktual dan deviasi jadwal di lapangan;
   d. Gambar kerja (*shop drawing*), yang digunakan untuk mengidentifikasi elemen struktur dan dinding yang dapat dialihkan ke sistem *precast*.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disusun secara sistematis agar setiap langkah dapat dilaksanakan secara terstruktur, berurutan, dan sesuai dengan tujuan penelitian. Uraian setiap tahapan adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur dan perumusan masalah, yaitu pengkajian jurnal, buku, dan penelitian terdahulu mengenai manajemen waktu proyek, metode TCTO, percepatan dengan lembur, serta perbandingan metode *cast in situ* dan *precast*, yang kemudian digunakan untuk merumuskan masalah dan tujuan penelitian.
2. Pengumpulan data primer melalui kuesioner dan data sekunder dari arsip proyek.
3. Pengolahan data kuesioner melalui rekapitulasi skor, perhitungan nilai rata-rata dan IKR, serta penentuan peringkat setiap indikator.
4. Pengolahan data proyek melalui penyusunan jaringan kerja, identifikasi jalur kritis, analisis kondisi normal, simulasi percepatan dua skema, perhitungan *cost slope*, dan penyusunan kurva TCTO. Pada tahap perbandingan, faktor-faktor dengan peringkat tertinggi digunakan untuk menjelaskan penyebab perbedaan durasi dan biaya yang diperoleh dari perhitungan, misalnya pengaruh cuaca terhadap metode *cast in situ* atau pengaruh biaya alat berat terhadap metode *precast*. Pemeriksaan ini dilakukan dengan mencocokkan kembali jumlah biaya per aktivitas terhadap RAB, durasi aktivitas terhadap *time schedule*, serta jumlah jawaban kuesioner terhadap jumlah responden, sehingga kesalahan.
5. Perbandingan efisiensi waktu dan biaya kedua skema serta pembahasan hasil dengan mengaitkan hasil TCTO dan hasil IKR.
6. Penarikan kesimpulan dan saran berdasarkan tujuan penelitian.

Diagram alir dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Responden dan Instrumen Penelitian

Responden dipilih dengan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan responden berdasarkan kriteria tertentu yang ditetapkan peneliti. Kriteria tersebut meliputi: (1) bekerja pada instansi yang terlibat dalam pelaksanaan konstruksi, yaitu konsultan pengawas/manajemen konstruksi, konsultan perencana, atau kontraktor pelaksana; (2) memiliki pengalaman pada proyek konstruksi; dan (3) memahami metode pelaksanaan pekerjaan beton. Kuesioner dibagikan langsung kepada responden, dan sebanyak 34 kuesioner

dinyatakan lengkap serta memenuhi syarat untuk diolah. Instrumen penelitian berupa kuesioner tertutup yang terdiri atas dua bagian, yaitu:

1. Bagian A memuat profil responden, yang meliputi satuan perusahaan, jabatan, pengalaman kerja, pendidikan terakhir, jenis kepemilikan proyek, dan jenis proyek yang pernah ditangani.
2. Bagian B memuat 30 butir pernyataan yang dikelompokkan menjadi tiga variabel, masing-masing terdiri atas 10 butir, yaitu:
   a. B.1 penerapan metode *cast in situ* dan *precast*, yang menilai aspek waktu, mutu, cuaca, limbah, koordinasi, dan fleksibilitas desain;
   b. B.2 produktivitas dan jam kerja (*crashing*), yang menilai efektivitas lembur, kejenuhan dan risiko kecelakaan kerja, serta kebutuhan alat berat dan pasokan *precast*;
   c. B.3 analisis biaya (*cost trade off*), yang menilai peran *cost slope*, biaya material dan alat berat, biaya tidak langsung, denda keterlambatan, dan kepastian durasi.

Setiap butir dinilai dengan skala Likert empat tingkat. Pada variabel B.1 dan B.2 digunakan skala 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, dan 4 = sangat setuju, sedangkan pada variabel B.3 digunakan skala 1 = sangat tidak efektif, 2 = tidak efektif, 3 = efektif, dan 4 = sangat efektif. Skala empat tingkat dipilih agar responden memberikan kecenderungan jawaban yang tegas tanpa pilihan netral.

Metode Analisis *Time Cost Trade Off*

Metode dalam menganalisis data penelitian menggunakan metode *Time Cost Trade Off. Metode Time Cost Trade Off* merupakan teknik analisis dalam manajemen proyek yang ditunjukan untuk mengoperasi durasi total penyelesaian proyek melalui evaluasi konsekuensi kompensasi biaya yang timbul. Fokus utama dari metode ini adalah mengidentifikasi serta menganalisis aktivitas-aktivitas pada jalur kritis yang dinilai potensial untuk dipersingkat waktu pelaksanaanya. Melalui pendekatan TCTO, perencanaan proyek dapat merumuskan kombinasi paling optimal antara reduksi durasi jadwal dan minimisasi pembengkakan biaya tambahan (*crashing cost*) yang harus dialokasikan (Vebiola &Waskito, 2020). Tahapan analisis data dari metode *time cost trade off* terdiri dari:

1. Identifikasi
   Langkah pertama dalam analisis adalah memetakan jaringan kerja proyek menggunakan metode Critical Path Method (CPM). Dari jaringan kerja tersebut, diidentifikasikan aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis, yaitu aktivitas yang apabila mengalami keterlambatan akan secara langsung memperpanjang total durasi. Aktivitas pada jalur kritis inilah yang menjadi prioritas utama untuk dilakukan percepatam (*crashing*).
2. Analisis Kondisi Normal (*Cast In Situ*)
   Kondisi normal ditetapkan berdasarkan pelaksanaan pekerjaan menggunakan metode *cast in situ* sesuai dengan dokumen kontrak awal. Tahapan ini terdiri dari durasi normal dan biaya normal. Durasi normal merupakan total waktu pelaksanaan berdasarkan *time schedule* yang telah direncanakan. Biaya normal merupakan Total biaya pekerjaan berdasarkan RAB awal, mencakup biaya langsung dan biaya tidak langsung.
3. Simulasi Percepatan
   Simulasi percepatan skema 1: penambahan jam kerja lembur
   Percepatan skema 1 dilakukan dengan menambahkan jam kerja lembur 1, 2, dan 3 jam per hari di luar jam kerja normal 8 jam per hari tanpa menambah jumlah pekerja. Penambahan jam kerja tidak menghasilkan kenaikan produktivitas yang sebanding karena terjadi penurunan efisiensi akibat kelelahan. Oleh karena itu, digunakan koefisien efisiensi lembur sebesar 0,90; 0,80; dan 0,75 untuk lembur 1, 2, dan 3 jam per hari (Soeharto, 1997), dan produktivitas relatif harian dihitung dengan Persamaan (1).

$$P_{\mathrm{r}} = \frac{J_{\mathrm{n}} + (n \times e_{\mathrm{n}})}{J_{\mathrm{n}}} \qquad (1)$$

dengan:

P_{r} : produktivitas relatif harian,

J_n : jam kerja normal = 8 jam/hari,
n : jumlah jam lembur per hari,
e_n : koefisien efisiensi pada jam lembur ke-n.

Durasi percepatan (*crash duration*) setiap aktivitas diperoleh dengan membagi durasi normal terhadap produktivitas relatif, yaitu $D_c = D_n/P_r$, dan hasilnya dibulatkan ke atas menjadi bilangan hari penuh. Biaya percepatan (*crash cost*) diperoleh dengan menambahkan biaya upah lembur, yang dihitung dari jumlah jam lembur, jumlah hari lembur, dan tarif upah per jam, terhadap biaya normal aktivitas.

Simulasi percepatan skema 2: penggantian metode menjadi precast

Percepatan skema 2 dilakukan dengan mengganti metode pelaksanaan elemen struktur dan dinding dari *cast in situ* menjadi *precast*. RAB skema ini disusun dengan volume pekerjaan yang sama dengan kondisi normal, sedangkan harga satuan disesuaikan dengan komponen fabrikasi, transportasi, dan pemasangan elemen *precast*, termasuk kebutuhan alat berat untuk pengangkatan. Durasi pelaksanaan dihitung berdasarkan produktivitas pemasangan elemen di lapangan yang diperoleh dari data referensi dan wawancara dengan pihak pelaksana. Pada skema ini, proses fabrikasi diasumsikan berlangsung paralel dengan pekerjaan persiapan di lapangan, sehingga waktu tunggu pengerasan beton tidak lagi berada pada lintasan kritis.

4. Perhitungan *Cost Slope* dan Proses *Crashing*

Cost slope merupakan tambahan biaya langsung yang diperlukan untuk mempercepat suatu aktivitas sebesar satu satuan waktu, dan dihitung dengan Persamaan (2).

$$CS = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c} \tag{2}$$

dengan:
CS : *cost slope* (Rp/hari),
C_c : biaya dipercepat atau *crash cost* (Rp),
C_n : biaya normal atau *normal cost* (Rp),
D_n : durasi normal (hari),
D_c : durasi dipercepat atau *crash duration* (hari).

5. Penyusunan Kurva TCTO dan Perhitungan Efisiensi

Hasil setiap iterasi disajikan dalam kurva TCTO yang memuat kurva biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total terhadap durasi pelaksanaan. Titik dengan biaya total terendah pada durasi target menunjukkan kondisi paling efisien. Perbandingan kedua metode dinyatakan dalam efisiensi waktu dan efisiensi biaya yang dihitung dengan Persamaan (3) dan Persamaan (4).

$$E_w = \frac{D_{CIS} - D_{PC}}{D_{CIS}} \times 100\% \tag{3}$$

$$E_b = \frac{B_{CIS} - B_{PC}}{B_{CIS}} \times 100\% \tag{4}$$

dengan:
E_w : efisiensi waktu (%),
E_b : efisiensi biaya (%),
D_{CIS}, D_{PC} : durasi metode *cast in situ* dan *precast* (hari),
B_{CIS}, B_{PC} : biaya metode *cast in situ* dan *precast* (Rp).

Nilai efisiensi positif menunjukkan bahwa metode *precast* lebih hemat, sedangkan nilai negatif menunjukkan bahwa metode *precast* membutuhkan waktu atau biaya lebih besar daripada metode *cast in situ*.

Metode Analisis Data Kuesioner

Data kuesioner dianalisis menggunakan statistik deskriptif dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Tahapan analisisnya adalah sebagai berikut.

1. Pemeriksaan kelengkapan kuesioner
   yaitu memastikan seluruh butir pernyataan terisi dan responden memenuhi kriteria yang ditetapkan.
2. Analisis deskriptif profil responden,
   yaitu pengelompokan data bagian A ke dalam tabel distribusi frekuensi dan persentase.
3. Tabulasi skor
   yaitu rekapitulasi jumlah jawaban responden pada setiap skala untuk masing-masing butir pernyataan bagian B. Jumlah skor setiap butir diperoleh dengan mengalikan banyaknya jawaban pada setiap skala dengan bobot skala tersebut, kemudian menjumlahkan hasilnya untuk seluruh skala. Hasil tabulasi ini menjadi dasar perhitungan nilai rata-rata dan IKR pada langkah berikutnya.
4. Perhitungan nilai rata-rata setiap butir dengan Persamaan (5) untuk mengetahui kecenderungan penilaian responden.
5. Perhitungan IKR dengan Persamaan (6) untuk menentukan tingkat kepentingan relatif setiap butir terhadap nilai maksimum skala.
6. Penentuan peringkat, yaitu butir dengan IKR tertinggi diberi peringkat 1 dan seterusnya. Apabila terdapat nilai IKR yang sama, peringkat ditentukan berdasarkan jumlah jawaban dengan bobot tertinggi. Urutan peringkat tersebut menunjukkan prioritas faktor yang perlu diperhatikan oleh kontraktor dan pemilik proyek dalam memilih metode percepatan, sehingga faktor dengan peringkat teratas dibahas secara lebih mendalam pada bagian hasil dan pembahasan.

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{\mathrm{i}}}{n} \tag{5}$$

$$IKR = \frac{\overline{x}}{M} \tag{6}$$

dengan:

$\bar{x}$: nilai rata-rata faktor,
x_{i} : nilai jawaban responden ke-*i*,
n : jumlah responden (34 orang),
IKR : Indeks Kepentingan Relatif,
M : nilai maksimum skala Likert (4).

Nilai rata-rata setiap butir selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan kriteria pada Tabel 1. Hasil peringkat digunakan untuk mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap pemilihan metode percepatan dan untuk memperkuat interpretasi hasil analisis TCTO.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Nilai Rata-rata Jawaban Responden

Nilai rata-rata ($\bar{x}$)	Kelompok B.1 dan B.2	Kelompok B.3
$1{,}00 \leq \bar{x} < 2{,}00$	Sangat tidak setuju	Sangat tidak efektif
$2{,}00 \leq \bar{x} < 3{,}00$	Tidak setuju	Tidak efektif
$3{,}00 \leq \bar{x} < 4{,}00$	Setuju	Efektif
$\bar{x} = 4{,}00$	Sangat setuju	Sangat efektif

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Responden

Kuesioner yang terkumpul dan memenuhi syarat untuk diolah berjumlah 34 responden. Seluruh kuesioner telah diperiksa kelengkapannya sehingga tidak terdapat butir pernyataan yang kosong maupun jawaban ganda. Profil responden dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui latar belakang pihak yang memberikan penilaian, karena kualitas data persepsi sangat bergantung pada keterlibatan dan pengalaman responden dalam kegiatan konstruksi. Karakteristik yang ditinjau meliputi satuan perusahaan, jabatan, pengalaman kerja, pendidikan terakhir, jenis kepemilikan proyek, dan jenis proyek yang pernah ditangani.

Keenam karakteristik tersebut digunakan sebagai dasar untuk menilai kesesuaian responden dengan kriteria *purposive sampling* yang telah ditetapkan. Responden yang berasal dari unsur pengawas, perencana, dan pelaksana diharapkan dapat memberikan sudut pandang yang berimbang, karena ketiga pihak tersebut memiliki kepentingan yang berbeda dalam pengendalian waktu dan biaya proyek. Distribusi frekuensi dan persentase setiap karakteristik responden disajikan secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Responden (n = 34)

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase (%)
Satuan perusahaan			
	Konsultan pengawas/MK	15	44,1
	Kontraktor pelaksana	13	38,2
	Konsultan perencana	5	14,7
	Lainnya	1	2,9
Jabatan			
	Pengawas	21	61,8
	Project manager	3	8,8
	Kepala divisi	2	5,9
	Lainnya	8	23,5
Pengalaman kerja			
	< 1 tahun	11	32,4
	1–5 tahun	15	44,1
	5–10 tahun	4	11,8
	> 10 tahun	4	11,8
Pendidikan terakhir			
	SMA/SMK sederajat	6	17,6
	D3	1	2,9
	S1	26	76,5
	Lainnya	1	2,9
Kepemilikan proyek			
	Swasta	21	61,8
	Pemerintah	12	35,3
	Perorangan	1	2,9
Jenis proyek			
	Gedung	29	85,3
	Jalan dan jembatan	4	11,8
	Drainase/irigasi	1	2,9

(Sumber: Hasil Pengolahan Data Kuesioner, 2026)

Sebagian besar responden berasal dari konsultan pengawas/MK (44,1%) dan kontraktor pelaksana (38,2%), menjabat sebagai pengawas (61,8%), berpendidikan S1 (76,5%), dan berpengalaman pada proyek gedung (85,3%). Komposisi ini menunjukkan bahwa penilaian didominasi oleh pihak yang terlibat langsung dalam pengendalian pelaksanaan pekerjaan gedung, sehingga relevan dengan objek penelitian. Di

sisi lain, 32,4% responden memiliki pengalaman kurang dari satu tahun, sehingga hasil persepsi perlu dibaca sebagai pandangan praktisi lapangan secara umum, bukan semata-mata penilaian tenaga ahli senior.

Analisis Indeks Kepentingan Relatif

Analisis IKR dilakukan terhadap 30 butir pernyataan yang terbagi dalam tiga variabel, yaitu penerapan metode *cast in situ* dan *precast* (B.1), produktivitas dan jam kerja (B.2), serta analisis biaya (B.3). Nilai rata-rata setiap butir dihitung dengan Persamaan (5) berdasarkan jumlah skor dari seluruh responden, kemudian dibagi dengan nilai maksimum skala menggunakan Persamaan (6). Sebagai contoh, butir kerentanan metode *cast in situ* terhadap gangguan cuaca memperoleh jumlah skor 113 dari 34 responden, sehingga nilai rata-ratanya adalah 113/34 = 3,32 dan nilai IKR-nya adalah 3,32/4 = 0,83.

Semakin tinggi nilai IKR suatu butir, semakin besar tingkat kepentingan atau pengaruh butir tersebut menurut persepsi responden. Butir-butir pada setiap variabel selanjutnya diurutkan dari nilai IKR tertinggi hingga terendah untuk memperoleh peringkat faktor yang paling dominan. Hasil perhitungan nilai rata-rata, IKR, dan peringkat untuk indikator penerapan metode *cast in situ* dan *precast* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Peringkat Indikator Penerapan Metode *Cast in Situ* dan *Precast* (B.1)

Peringkat	Indikator	$\bar{x}$	IKR	Keterangan
1	*Cast in situ* lebih rentan terhadap gangguan cuaca (hujan) yang menghambat pengecoran	3,32	0,83	Setuju
2	Kualitas beton *precast* lebih terjamin karena diproduksi dalam kondisi terkontrol di pabrik	3,26	0,82	Setuju
3	Pemasangan *precast* di lapangan lebih cepat dibandingkan pengecoran konvensional	3,24	0,81	Setuju
4	Metode *precast* mengurangi tumpukan material dan limbah di area proyek	3,21	0,80	Setuju
5	Penggunaan *precast* efektif menekan kebisingan dan polusi debu di sekitar rumah sakit	3,21	0,80	Setuju
6	Koordinasi antartim (fabrikasi dan pemasangan) pada metode *precast* lebih kompleks	3,15	0,79	Setuju
7	Fleksibilitas desain lebih mudah diakomodasi oleh metode *cast in situ*	3,15	0,79	Setuju
8	Sistem *precast* memungkinkan fabrikasi komponen di luar lokasi secara paralel	3,12	0,78	Setuju
9	*Cast in situ* membutuhkan waktu signifikan untuk perakitan bekisting dan pembesian	3,09	0,77	Setuju
10	Waktu tunggu pengerasan beton sering menjadi hambatan jalur kritis	3,03	0,76	Setuju

(Sumber: Hasil Pengolahan Data Kuesioner, 2026)

Seluruh indikator B.1 berada pada kategori setuju (IKR 0,76–0,83). Faktor dengan peringkat tertinggi adalah kerentanan metode *cast in situ* terhadap hujan (IKR = 0,83). Hal ini dapat dijelaskan karena pengecoran di tempat bergantung pada kondisi cuaca, sehingga hari hujan secara langsung mengurangi hari kerja efektif pada aktivitas kritis. Sebaliknya, keunggulan utama *precast* dinilai terletak pada mutu yang lebih terkendali (IKR = 0,82) dan kecepatan pemasangan (IKR = 0,81), karena proses pengecoran dan perawatan beton dipindahkan ke lingkungan pabrik. Temuan ini sejalan dengan Awaliah et al. (2021) dan Bere et al. (2025) yang menyatakan bahwa *precast* unggul dari sisi waktu dan konsistensi mutu. Aspek lingkungan, yaitu pengurangan limbah serta kebisingan dan debu (IKR = 0,80), memiliki arti penting karena bangunan berada di kawasan rumah sakit yang tetap melayani pasien. Meskipun demikian, responden juga menilai bahwa koordinasi fabrikasi-pemasangan pada *precast* lebih kompleks dan fleksibilitas desain lebih mudah diakomodasi oleh *cast in situ* (IKR = 0,79), sehingga *precast* bukan pilihan tanpa risiko. Hal ini menunjukkan bahwa keunggulan *precast* perlu diimbangi dengan perencanaan koordinasi yang matang sejak tahap awal pelaksanaan.

Variabel berikutnya adalah produktivitas dan jam kerja (*crashing*). Variabel ini disusun untuk mengetahui pandangan responden terhadap efektivitas dan konsekuensi dari dua cara percepatan yang disimulasikan, yaitu penambahan jam kerja lembur pada metode *cast in situ* dan penggantian metode menjadi *precast*. Butir pernyataan pada variabel ini mencakup efektivitas lembur, kejenuhan dan kelelahan pekerja, batas lembur harian, risiko kecelakaan kerja, kenaikan biaya upah, serta kebutuhan alat berat, supervisi, dan pasokan elemen dari pabrik *precast*.

Hasil perhitungan pada variabel ini digunakan untuk memperkuat asumsi yang digunakan dalam simulasi percepatan, khususnya pembatasan lembur maksimum 3 jam per hari dan penerapan koefisien penurunan efisiensi kerja akibat lembur. Nilai rata-rata, IKR, dan peringkat setiap butir pada variabel produktivitas dan jam kerja disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Peringkat Indikator Produktivitas dan Jam Kerja/*Crashing* (B.2)

Peringkat	Indikator	$\bar{x}$	IKR	Keterangan
1	Penambahan tenaga kerja tanpa manajemen yang baik justru menurunkan efisiensi kerja	3,35	0,84	Setuju
2	Alat berat tambahan diperlukan jika target durasi *precast* dipercepat	3,32	0,83	Setuju
3	Ketersediaan pasokan dari pabrik *precast* menjadi kunci keberhasilan percepatan	3,32	0,83	Setuju
4	Biaya upah lembur meningkatkan biaya langsung secara signifikan	3,29	0,82	Setuju
5	Kerja lembur yang berkelanjutan menyebabkan rasa jenuh pada pekerja	3,24	0,81	Setuju
6	Supervisi yang lebih ketat diperlukan saat percepatan dengan metode *precast*	3,24	0,81	Setuju
7	Penambahan jam kerja (lembur) efektif mengejar keterlambatan pada *cast in situ*	3,21	0,80	Setuju
8	Risiko kecelakaan kerja meningkat seiring bertambahnya jam lembur	3,18	0,79	Setuju
9	Percepatan dengan perubahan metode ke *precast* lebih stabil dibanding hanya menambah lembur	3,15	0,79	Setuju
10	Produktivitas pekerja menurun drastis setelah lembur melebihi 3 jam per hari	3,03	0,76	Setuju

(Sumber: Hasil Pengolahan Data Kuesioner, 2026)

Pada kelompok B.2, faktor dengan IKR tertinggi adalah penambahan tenaga kerja tanpa manajemen yang baik yang justru menurunkan efisiensi kerja (IKR = 0,84). Responden memandang bahwa percepatan tidak otomatis tercapai hanya dengan menambah sumber daya, karena kepadatan area kerja dan lemahnya pengaturan regu kerja dapat menurunkan produktivitas. Dua faktor berikutnya berkaitan dengan *precast*, yaitu kebutuhan alat berat tambahan dan ketersediaan pasokan dari pabrik (IKR = 0,83), yang menunjukkan bahwa percepatan melalui *precast* sangat bergantung pada rantai pasok dan kapasitas pengangkatan. Hal ini sesuai dengan temuan Koesoema et al. (2023) bahwa kesalahan pengiriman elemen *precast* dapat menimbulkan keterlambatan pada tahap pemasangan. Untuk skema lembur, responden menyetujui bahwa lembur efektif mengejar keterlambatan (IKR = 0,80), namun meningkatkan biaya upah (IKR = 0,82), menimbulkan kejenuhan (IKR = 0,81), dan meningkatkan risiko kecelakaan (IKR = 0,79). Temuan tersebut konsisten dengan Fardila & Adawyah (2021) dan menjadi dasar pembatasan lembur maksimum 3 jam per hari dalam simulasi. Dengan demikian, persepsi responden pada variabel ini mendukung penggunaan koefisien penurunan efisiensi kerja dalam perhitungan durasi *crash*, karena tambahan jam kerja tidak menghasilkan kenaikan prestasi kerja yang sebanding.

Variabel ketiga adalah analisis biaya (*cost trade off*), yang berkaitan langsung dengan dasar pengambilan keputusan dalam metode TCTO. Berbeda dengan dua variabel sebelumnya, variabel ini dinilai menggunakan skala efektivitas, yaitu sangat tidak efektif sampai dengan sangat efektif. Butir pernyataan

pada variabel ini mencakup peran analisis *cost slope*, perbedaan biaya material dan biaya mobilisasi alat berat antara kedua metode, pengaruh durasi terhadap biaya tidak langsung, perbandingan antara denda keterlambatan dan biaya percepatan, pemanfaatan data arsip proyek, serta kepastian durasi yang diberikan oleh kurva TCTO.

Hasil penilaian pada variabel ini digunakan sebagai pembanding terhadap hasil perhitungan biaya pada subbab selanjutnya, sehingga dapat diketahui apakah persepsi responden sejalan dengan hasil analisis kuantitatif. Apabila dibandingkan dengan dua variabel sebelumnya, rentang nilai IKR pada variabel B.3 relatif lebih sempit, yang menunjukkan bahwa responden memberikan penilaian yang cukup seragam terhadap aspek biaya. Nilai rata-rata, IKR, dan peringkat setiap butir pada variabel analisis biaya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Peringkat Indikator Analisis Biaya/*Cost Trade Off* (B.3)

Peringkat	Indikator	$\bar{x}$	IKR	Keterangan
1	Analisis *cost slope* penting untuk menentukan kegiatan yang paling murah untuk dipercepat	3,24	0,81	Efektif
2	Biaya mobilisasi dan alat berat (*crane*) merupakan komponen biaya utama metode *precast*	3,24	0,81	Efektif
3	Metode *precast* memiliki biaya material awal lebih tinggi dibanding *cast in situ*	3,21	0,80	Efektif
4	Investasi metode *precast* sebanding dengan efisiensi waktu yang didapatkan	3,18	0,79	Efektif
5	Biaya tak terduga lebih sering muncul pada metode konvensional akibat cuaca/kesalahan kerja	3,18	0,79	Efektif
6	Data arsip proyek sebelumnya membantu mengestimasi biaya percepatan	3,18	0,79	Efektif
7	Titik temu kurva TCTO memberikan kepastian durasi yang paling terukur bagi pemilik proyek	3,18	0,79	Efektif
8	Denda keterlambatan lebih merugikan dibanding biaya tambahan untuk percepatan	3,15	0,79	Efektif
9	Percepatan dengan metode *precast* memberikan total biaya yang lebih optimal	3,12	0,78	Efektif
10	Pengurangan durasi proyek menurunkan biaya tidak langsung (*overhead*)	3,06	0,76	Efektif

(Sumber: Hasil pengolahan data kuesioner, 2026)

Seluruh indikator B.3 berada pada kategori efektif (IKR 0,76–0,81). Analisis *cost slope* menempati peringkat pertama, yang menegaskan prinsip dasar TCTO bahwa percepatan harus diarahkan pada aktivitas kritis dengan tambahan biaya per hari terkecil, bukan pada seluruh pekerjaan. Biaya mobilisasi alat berat dan biaya material awal *precast* yang lebih tinggi menempati peringkat kedua dan ketiga, sedangkan pernyataan bahwa *precast* memberikan total biaya yang lebih optimal hanya berada pada peringkat kesembilan (IKR = 0,78). Pola ini menunjukkan bahwa responden mengakui keunggulan waktu *precast*, tetapi tetap memandang metode tersebut sebagai pilihan yang lebih mahal.

Kondisi Normal Metode Cast In Situ

Berdasarkan pemetaan jaringan kerja dengan CPM, aktivitas pekerjaan struktur dan dinding pada seluruh lantai berada pada lintasan kritis dengan durasi normal proyek 136 hari. Biaya langsung normal untuk lingkup yang dianalisis adalah Rp16.986.394.183,09, sedangkan biaya tidak langsung terdiri atas biaya tenaga ahli dan tenaga pendukung selama lima bulan pelaksanaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komponen Biaya Tidak Langsung Kondisi Normal

Komponen	Personel	Biaya per bulan (Rp)	Durasi (bulan)	Jumlah (Rp)
Tenaga ahli (struktur, arsitektur, mekanikal-elektrikal, tata udara, manajemen rumah sakit, *cost estimator*, K3)	7	26.364.800	5	922.768.000
Tenaga pendukung (inspektur sipil, inspektur arsitektur, inspektur ME, administrasi)	4	2.327.386	5	46.547.720
Total biaya tidak langsung		**193.863.144**		**969.315.720**

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Dari Tabel 6, biaya tidak langsung sebesar Rp193.863.144,00 sehingga biaya total kondisi normal adalah Rp17.955.709.903,09. Biaya tidak langsung per bulan menjadi komponen yang berkurang apabila durasi proyek dapat dipersingkat.

Simulasi Percepatan Skema 1: Lembur pada Metode Cast In Situ

Koefisien efisiensi lembur yang digunakan adalah 0,90; 0,80; dan 0,75 untuk lembur 1, 2, dan 3 jam per hari (Soeharto, 1997). Berdasarkan Persamaan (1), produktivitas relatif harian menjadi 111,25%; 120,00%; dan 128,13%. Nilai ini menunjukkan bahwa tambahan jam kerja tidak menghasilkan kenaikan produktivitas yang sebanding: lembur 3 jam menambah 37,5% jam kerja, tetapi hanya meningkatkan produktivitas harian sebesar 28,13%. Dengan lembur maksimum 3 jam per hari, durasi *crash* setiap aktivitas diperoleh dengan membagi durasi normal terhadap produktivitas relatif, sedangkan *crash cost* diperoleh dengan menambahkan upah lembur terhadap biaya normal. Hasilnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Durasi *Crash*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* Metode C*ast in Situ* (lembur 3 jam/hari)

Aktivitas	D_n (hari)	D_c (hari)	Biaya normal (Rp)	*Crash cost* (Rp)	*Cost slope* (Rp/hari)
Struktur Lt. 1	70	55	5.611.845.463,43	6.026.053.104,78	27.613.842,76
Struktur Lt. 2	35	28	2.782.273.760,31	3.015.625.753,11	33.335.998,97
Struktur Lt. 3	21	17	1.350.242.232,43	1.457.404.314,37	26.790.520,48
Struktur Lt. 4	28	22	1.413.444.165,70	1.480.751.030,73	11.217.810,84
Struktur Lt. 5	21	17	1.356.232.960,26	1.456.623.613,14	25.097.663,22
Struktur Lt. Atap	21	17	1.501.404.422,51	1.608.647.595,55	26.810.793,26
Dinding Lt. 1	21	17	172.533.072,90	198.760.627,94	6.556.888,76
Dinding Lt. 2	28	22	370.961.177,09	414.783.513,94	7.303.722,81
Dinding Lt. 3	28	22	486.177.092,15	543.610.100,29	9.572.168,02
Dinding Lt. 4	28	22	585.046.876,05	654.159.556,46	11.518.780,07
Dinding Lt. 5	35	28	1.356.232.960,26	1.544.019.062,45	26.826.586,03
Jumlah biaya normal			**16.986.394.183,09**		

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Aktivitas dengan *cost slope* terkecil adalah pekerjaan dinding lantai 1 sampai dengan lantai 4 (Rp6,56–11,52 juta/hari) dan pekerjaan struktur lantai 4 (Rp11,22 juta/hari), sehingga aktivitas tersebut diprioritaskan pada tahap awal *crashing*. Sebaliknya, pekerjaan struktur lantai 2 memiliki *cost slope* tertinggi (Rp33,34 juta/hari) karena porsi pekerjaan beton bertulang dan upah tenaga kerjanya besar. Proses *crashing* bertahap pada lintasan kritis menghasilkan durasi proyek 109 hari dengan biaya langsung Rp18.355.154.480,57, atau bertambah Rp1.368.760.297,48 dari kondisi normal.

Simulasi Percepatan Skema 2: Penggantian Metode Menjadi Precast

Pada skema 2, RAB disusun dengan volume pekerjaan yang sama dengan kondisi normal, tetapi harga satuan disesuaikan dengan komponen fabrikasi dan instalasi elemen *precast*. Durasi pemasangan diperoleh dari data produktivitas referensi dan wawancara lapangan. Perbandingan durasi per aktivitas ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan durasi aktivitas metode *cast in situ* dan *precast*

Aktivitas	*Cast in situ* (hari)	*Precast* (hari)	Selisih (hari)	Efisiensi (%)
Struktur Lt. 1	70	21	49	70,0
Struktur Lt. 2	35	7	28	80,0
Struktur Lt. 3	28	14	14	50,0
Struktur Lt. 4	21	14	7	33,3
Struktur Lt. 5	28	14	14	50,0
Struktur Lt. atap	28	14	14	50,0
Dinding Lt. 1	21	14	7	33,3
Dinding Lt. 2	28	14	14	50,0
Dinding Lt. 3	28	14	14	50,0
Dinding Lt. 4	28	14	14	50,0
Dinding Lt. 5	35	14	21	60,0
Total	**350**	**154**	**196**	**56,0**

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Tabel 8, metode *precast* mengurangi durasi kumulatif aktivitas struktur dan dinding dari 350 hari menjadi 154 hari, atau efisiensi waktu sebesar 56%. Efisiensi terbesar terjadi pada pekerjaan struktur lantai 1 dan lantai 2 (70–80%), karena pada lantai tersebut volume elemen tipikal paling besar sehingga penghilangan siklus bekisting–pengecoran–perawatan beton memberikan dampak paling signifikan. Namun, karena sebagian aktivitas berlangsung paralel dan terdapat aktivitas lain di lintasan kritis, pengurangan durasi kumulatif tersebut tidak berbanding lurus dengan durasi proyek. Pada tingkat proyek, penerapan *precast* mempersingkat durasi dari 136 hari menjadi 109 hari, atau efisiensi waktu proyek sebesar 19,85%. Biaya langsung skema *precast* adalah Rp20.331.617.448,00, lebih tinggi Rp3.345.223.264,91 (19,69%) dibandingkan kondisi normal, terutama akibat biaya fabrikasi, transportasi, serta mobilisasi dan operasional alat berat.

Analisis *Time Cost Trade Off*

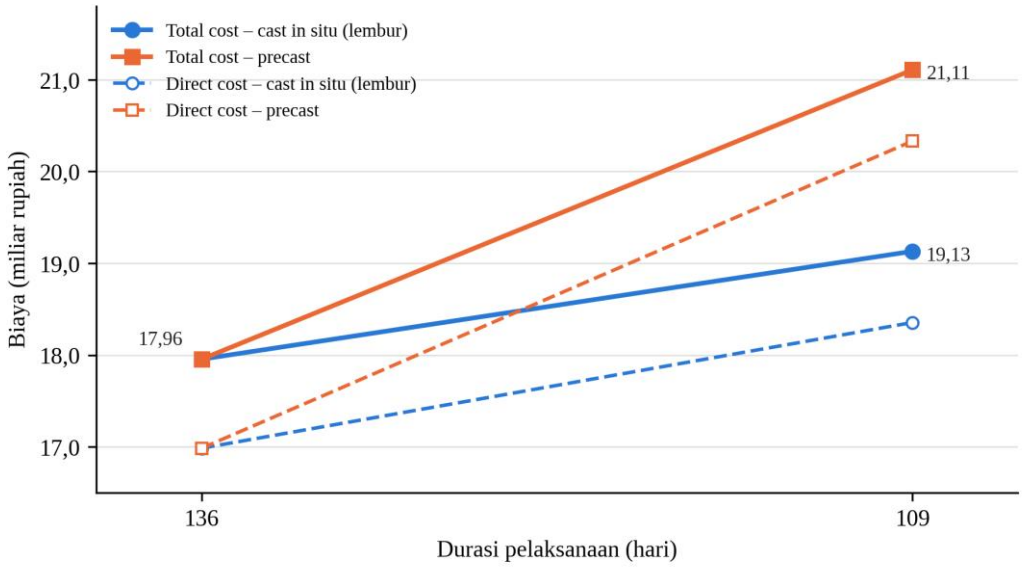
Rekapitulasi biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total untuk kondisi normal dan kedua skema percepatan disajikan pada Tabel 9, sedangkan hubungan durasi dan biaya digambarkan dalam kurva TCTO pada Gambar 3. Biaya tidak langsung pada durasi 109 hari dihitung untuk empat bulan pelaksanaan.

Tabel 9. Rekapitulasi Biaya Kondisi Normal dan Skenario Percepatan

Uraian	Normal (*cast in situ*)	Skema 1: lembur 3 jam	Skema 2: *precast*
Durasi (hari)	136	109	109
Biaya langsung (Rp)	16.986.394.183,09	18.355.154.480,57	20.331.617.448,00
Biaya tidak langsung (Rp)	969.315.720,00	775.452.576,00	775.452.576,00
Biaya total (Rp)	17.955.709.903,09	19.130.607.056,57	21.107.070.024,00
Tambahan biaya total (Rp)	–	1.174.897.153,48	3.151.360.120,91
Tambahan biaya total (%)	–	6,54	17,55
Cost slope proyek (Rp/hari)	–	50.694.825,83	123.897.158,00

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Tabel 9, Penerapan skema 1 pada metode *cast in situ* menghasilkan total biaya proyek sebesar Rp 19.130.607.056,57. Meskipun biaya langsung meningkat menjadi Rp 18,35 miliar akibat kompensasi kerja lembur, terdapat penghematan pada komponen biaya tidak langsung yang turun menjadi Rp 775,4 juta seiring berkurangnya durasi proyek. Secara keseluruhan, skema ini membutuhkan tambahan biaya sebesar 6,54% (Rp 1.174.897.153,48) dengan *cost slope* sebesar Rp 50.694.825,83 per hari. Penggunaan metode struktur pracetak (*precast*) juga menghasilkan durasi 109 hari, namun menuntut total biaya yang jauh lebih tinggi, yakni Rp 21.107.070.024,00. Meskipun biaya tidak langsung berhasil ditekan sama seperti Skema 1 (Rp 775,4 juta), penambahan biaya total dari kondisi normal melonjak hingga 17,55% (Rp 3.151.360.120,91) dengan *cost slope* mencapai Rp 123.897.158,00 per hari.



Gambar 3. Kurva *time cost trade off* skema lembur *cast in situ* dan skema *precast*

Kurva TCTO pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kedua skema mencapai durasi yang sama, yaitu 109 hari (lebih cepat 27 hari), tetapi dengan kemiringan biaya yang sangat berbeda. Pada skema lembur, kenaikan biaya langsung sebesar Rp1,37 miliar sebagian dikompensasi oleh penghematan biaya tidak langsung sebesar Rp193,86 juta, sehingga biaya total hanya naik 6,54%. Pada skema *precast*, kenaikan biaya langsung mencapai Rp3,35 miliar sehingga biaya total naik 17,55% dan efisiensi biaya berdasarkan Persamaan (4) bernilai −17,55%. *Cost slope* tingkat proyek skema *precast* (Rp123,90 juta/hari) sekitar 2,4 kali lipat *cost slope* skema lembur (Rp50,69 juta/hari). Hasil ini sejalan dengan Ardiansyah et al. (2025) yang melaporkan bahwa *precast* lebih cepat tetapi lebih mahal dibandingkan metode konvensional, serta dengan persepsi responden pada Tabel 5.

Pada kedua skema, penghematan biaya tidak langsung lebih kecil daripada kenaikan biaya langsung, sehingga biaya total minimum secara matematis tetap berada pada durasi normal. Dengan demikian, durasi 109 hari lebih tepat dipandang sebagai titik efisiensi terbaik untuk mencapai target pemulihan jadwal, yaitu durasi tersingkat yang dapat dicapai kedua skema dengan tambahan biaya yang masih terukur. Sebagai pembanding, apabila keterlambatan 27 hari tidak dipulihkan, denda keterlambatan sebesar 1‰ dari nilai kontrak per hari (Perpres No. 16 Tahun 2018) mencapai sekitar Rp46,97 juta per hari atau Rp1,27 miliar untuk 27 hari. Nilai ini lebih besar daripada tambahan biaya total skema lembur (Rp1,17 miliar), tetapi lebih kecil daripada tambahan biaya total skema *precast* (Rp3,15 miliar).

Meskipun demikian, keunggulan skema lembur bergantung pada asumsi bahwa produktivitas lembur 3 jam dapat dipertahankan secara konsisten selama masa percepatan. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa kejenuhan pekerja, peningkatan risiko kecelakaan, dan kerentanan pengecoran terhadap hujan merupakan faktor yang dinilai penting oleh responden. Apabila faktor-faktor tersebut terjadi, durasi *crash* skema lembur berpotensi tidak tercapai. Sebaliknya, skema *precast* memberikan kepastian durasi yang lebih tinggi karena sebagian besar proses dipindahkan ke pabrik, mengurangi aktivitas pengecoran di lokasi rumah sakit, dan tidak membebani pekerja dengan jam kerja tambahan. Oleh karena itu, pemilihan skema percepatan perlu mempertimbangkan prioritas pemilik proyek: skema lembur apabila efisiensi biaya menjadi prioritas utama, dan skema *precast* apabila kepastian waktu, keselamatan kerja, serta minimnya gangguan terhadap operasional rumah sakit lebih diutamakan.

4. Kesimpulan

Analisis *time cost trade off* pada pekerjaan struktur dan dinding Gedung Stroke dan Onkologi RSUD dr. Loekmonohadi Kudus menunjukkan bahwa kedua skema percepatan, yaitu lembur 3 jam per hari pada

metode *cast in situ* dan penggantian metode menjadi *precast*, mampu mempersingkat durasi proyek dari 136 hari menjadi 109 hari (27 hari atau 19,85%). Pada tingkat aktivitas, metode *precast* mengurangi durasi kumulatif pekerjaan struktur dan dinding sebesar 56%, dengan efisiensi terbesar pada pekerjaan struktur lantai 1 dan lantai 2. Percepatan tersebut menimbulkan tambahan biaya total sebesar Rp1.174.897.153,48 (6,54%) pada skema lembur dengan biaya total Rp19.130.607.056,57, serta Rp3.151.360.120,91 (17,55%) pada skema *precast* dengan biaya total Rp21.107.070.024,00. Durasi 109 hari merupakan titik efisiensi terbaik untuk memulihkan jadwal, dengan skema lembur sebagai alternatif berbiaya terendah dan satu-satunya skema yang tambahan biayanya lebih kecil daripada potensi denda keterlambatan. Hasil IKR dari 34 responden menunjukkan bahwa kerentanan *cast in situ* terhadap cuaca (IKR = 0,83), mutu *precast* yang lebih terkendali (IKR = 0,82), serta pentingnya analisis *cost slope* (IKR = 0,81) merupakan faktor yang paling berpengaruh.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, O. Y., Gunasti, A., & Yanuar, S. F. (2025). Efektivitas Pekerjaan Beton Precast Dan Konvensional Pada Pekerjaan Struktur Bangunan 2 Lantai. *Jurnal Smart Teknologi*, *6*(5), 588–602.

Armalisa, A. (2021). Metode Crashing Terhadap Penambahan Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Serang Raya (CIVTECH)*, *1*(1), 41–58.

Awaliah, F., Nurasiyah, S., & Istiqomah, I. (2021). Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Konstruksi Beton Menggunakan Metode Cetak di Tempat dan Pracetak. *Kokoh*, *19*(2), 99–108.

Bere, C. R., Messakh, J. J., & Edyan, R. (2025). Analisis Perbandingan Metode Konstruksi Precast Concrete dan Concrete Cast-In-Place Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Batakarang*, *6*(2a), 45–52.

Dayunita, W., Pramanda, H., Ariansyah, D., & Bunyamin, B. (2024). Analisa Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur) Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Gedung Badan Kepegawaian Aceh). *Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, *3*(3), 452–458.

Fakhrulloh, Z. A., & Triana, M. I. (2025). Optimasi Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, *8*(1), 112–124.

Fardila, D., & Adawyah, N. R. (2021). Optimasi Biaya Dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur Dan Penambahan Tenaga Kerja. *INERSIA: Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, *17*(1), 35–46.

Husen, A. (2021). *Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek.* Yogyakarta: Andi.

Khiyana, A., Sundari, T., Yulianto, T., Nugroho, M. W., & Agung, A. I. (2025). Analysis and Risks Fast Track And Crash Program Method on Building Project. *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil*, *14*(1), 154–168.

Koesoema, H., Kushartono, W., & Prabowo, A. (2023). Analisis Penggunaan Beton Pracetak di Proyek Pembangunan Mall XYZ Kota Wisata. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, *6*(2), 407–414.

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. (2018). Jakarta: Sekretariat Kabinet Republik Indonesia.

Putra, E. A., Putra, I. N. D. P., & Puspitasari, N. D. (2026). Analisis Perbandingan Dinding Precast Dan Bata Ringan Terhadap Waktu dan Biaya Pada Facade Proyek Pakuwon Residence Bekasi Mixed Use Development. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, *11*(1), 237.

Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.

Werdana, S. D., & Priyanto, B. (2023). Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. *Journal of Comprehensive Science*, *2*(7).

Zhaputro, M. A. D., Darjanto, H., & Nugrahini, F. C. (2024). Penerapan Metode Time Cost Trade Off untuk Optimasi Biaya Dan Waktu Pada Pengaruh Redesign Struktur Bawah (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Klinik Utama Mata JEC Java @Pasuruan Tahap 1). *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, *3*(2), 93–106.