

Optimasi Waktu Penyelesaian Proyek Pembangunan Gedung Aula Sekolah dengan Metode CPM Dan PERT

Halimatus Sadiyah¹, Nia Nurfitria²

^{1*, 2)} Matematika, Universitas PGRI Ronggolawe, Indonesia

* E-mail corresponding author : halimatussadiyah2510@gmail.com

Received : 21 Mei 2025, Accepted : 26 Juni 2025, Published : 26 Juni 2025

Abstrak: Efisiensi waktu merupakan aspek penting dalam proyek konstruksi karena berdampak langsung pada biaya, produktivitas, dan ketepatan jadwal yang telah direncanakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam menentukan jalur kritis serta mengoptimalkan durasi proyek pembangunan Gedung Aula Sekolah oleh PT Kaisar Putra Perkasa. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan analisis jaringan kerja proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jalur kritis proyek terdiri dari aktivitas A, B, C, D, F, G, H, I, dan J. Dengan metode CPM, durasi proyek yang semula 169 hari dapat dipersingkat menjadi 155 hari, sehingga terjadi percepatan waktu sebesar 14 hari. Sementara itu, metode PERT memungkinkan percepatan hingga 5 hari dengan durasi penyelesaian proyek menjadi 164 hari serta probabilitas keberhasilan sebesar 94,84%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode CPM dan PERT efektif meningkatkan efisiensi waktu serta dapat menjadi panduan dalam perencanaan proyek konstruksi guna meminimalkan keterlambatan dan mengoptimalkan durasi penyelesaian.

Kata kunci: CPM; Jalur Kritis; Manajemen Proyek; Optimasi Waktu; PERT.

Abstract Time efficiency is a crucial factor in construction projects, as it directly affects costs, productivity, and adherence to planned schedules. This study aims to analyze the application of the Critical Path Method (CPM) and the Program Evaluation and Review Technique (PERT) in identifying the critical path and optimizing the duration of a school auditorium construction project carried out by PT Kaisar Putra Perkasa. A quantitative method was employed using a project network analysis approach. The findings reveal that the project's critical path consists of activities A, B, C, D, F, G, H, I, and J. Through the CPM method, the project duration was reduced from 169 days to 155 days, resulting in a time saving of 14 days. Meanwhile, the PERT method allowed for a 5-day reduction, shortening the duration to 164 days with a success probability of 94.84%. These results demonstrate that both CPM and PERT are effective in enhancing time efficiency and can serve as valuable tools in project planning to minimize delays and optimize completion timelines.

Keywords: CPM; Critical Path; PERT; Project Management; Time Optimization

How to Cite:

Sadiyah, H., & Nurfitria, N. (2025). Optimasi Waktu Penyelesaian Proyek Pembangunan Gedung Aula Sekolah dengan Metode CPM Dan PERT. Delta-Pi: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 14(1), 66-82. <https://doi.org/10.33387/dpi.v14.i1.9910>

This is an open access  article under the CC-BY license CC BY 4.0



A. Pendahuluan

Tahap pelaksanaan dalam proyek konstruksi merupakan fase krusial, karena seluruh perencanaan dan desain yang telah disusun sebelumnya mulai direalisasikan menjadi bentuk fisik (Wismantoro, 2022). Salah satu tantangan utama dalam fase ini adalah memastikan bahwa setiap aktivitas proyek dapat diselesaikan sesuai jadwal, tanpa mengalami keterlambatan yang berpotensi menurunkan efisiensi waktu, meningkatkan biaya, serta memengaruhi kualitas hasil akhir. Berbagai faktor seperti perencanaan yang kurang matang, keterlambatan pasokan material, kondisi cuaca yang tidak mendukung, serta koordinasi antar pihak yang tidak optimal sering menjadi penyebab terjadinya keterlambatan (Basyri et al., 2024).

Pembangunan gedung aula sekolah merupakan proyek strategis yang mendukung kelancaran kegiatan akademik dan non-akademik, seperti pembelajaran, seminar, serta aktivitas ekstrakurikuler. Oleh karena itu, keterlambatan dalam penyelesaiannya dapat menghambat proses pendidikan yang telah direncanakan, menyebabkan inefisiensi dalam pemanfaatan anggaran, dan menimbulkan tambahan biaya akibat perpanjangan durasi proyek. Penelitian oleh (Winoto et al., 2023) menunjukkan bahwa proyek konstruksi di sektor pendidikan rentan terhadap berbagai kendala, seperti perubahan desain, kurangnya tenaga kerja terampil, serta faktor eksternal seperti cuaca dan keterlambatan pasokan material. Hal ini menegaskan pentingnya penerapan strategi manajemen waktu yang tepat guna menjamin proyek dapat diselesaikan sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

Salah satu pendekatan efektif dalam perencanaan dan pengendalian waktu proyek adalah metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Metode CPM digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas kritis, yaitu aktivitas yang tidak memiliki kelonggaran waktu dan apabila mengalami keterlambatan akan langsung berdampak pada durasi total proyek (Uktolseja et al., 2023). Di sisi lain, metode PERT memungkinkan estimasi waktu pelaksanaan proyek secara lebih fleksibel dengan mempertimbangkan ketidakpastian melalui pendekatan tiga estimasi waktu (optimistis, realistis, dan pesimistis) (Fahri et al. 2024).

Kedua metode tersebut telah banyak dalam berbagai proyek infrastruktur berskala besar karena kemampuannya dalam merencanakan dan mengendalikan waktu pelaksanaan secara efektif. Namun, penerapan kedua metode tersebut dalam proyek-proyek pembangunan fasilitas pendidikan, khususnya gedung penunjang seperti aula sekolah, masih terbatas dan kurang mendapat perhatian dalam kajian ilmiah. Padahal, proyek di sektor pendidikan juga

memerlukan pengelolaan waktu yang efisien untuk memastikan penyelesaian tepat waktu dengan tetap menjaga kualitas dan anggaran.

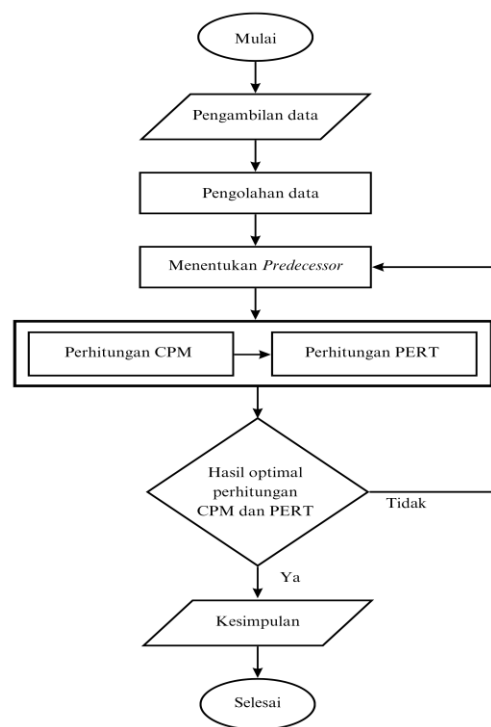
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam upaya mengoptimalkan durasi penyelesaian pembangunan Gedung Aula Sekolah. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai penyusunan jadwal proyek yang efektif serta mendukung pengelolaan waktu secara lebih terarah dalam pelaksanaan proyek konstruksi di lingkungan pendidikan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Aula Sekolah yang dikerjakan oleh PT Kaisar Putra Perkasa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Objek penelitian meliputi seluruh tahapan proyek konstruksi, mulai dari pekerjaan persiapan hingga tahap akhir penyelesaian proyek. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Data Primer, yang diperoleh melalui observasi langsung ke lokasi proyek serta wawancara dengan pihak terkait seperti manajer proyek, kontraktor, dan tim pelaksana.
2. Data Sekunder, yang diperoleh dari dokumen proyek seperti jadwal pelaksanaan, Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP), serta literatur terkait yang mendukung penelitian ini.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang tahapan pelaksanaan penelitian ini, berikut disajikan diagram alur kerja pada Gambar 1, yang menggambarkan seluruh proses mulai dari tahap persiapan hingga penyelesaian. Diagram ini memudahkan pemahaman mengenai langkah-langkah yang dilakukan secara berurutan dan hubungan antar tahapan, sehingga alur penelitian menjadi lebih terstruktur.



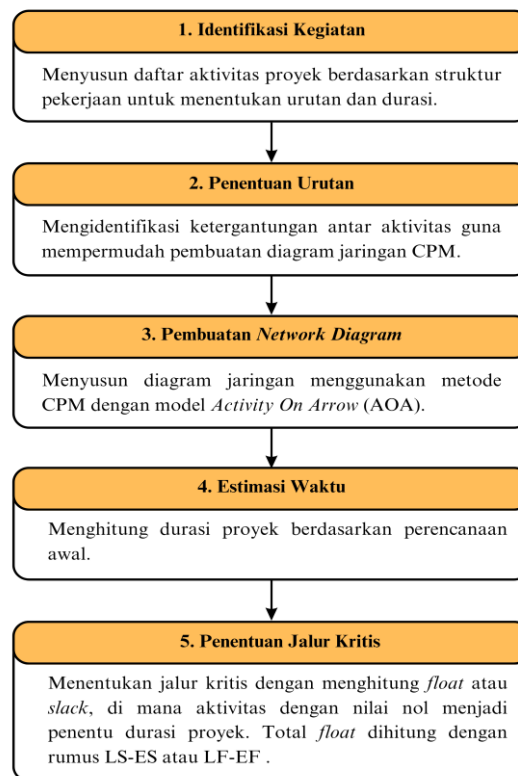
Gambar 1. Alur Penelitian

1. Metode *Critical Path Method* (CPM)

Critical Path Method (CPM) merupakan salah satu metode analisis dalam perencanaan proyek yang digunakan untuk menentukan jalur kritis dalam rangkaian aktivitas proyek. Metode ini mengasumsikan bahwa setiap aktivitas memiliki durasi yang tetap, sehingga memungkinkan perhitungan jadwal proyek secara lebih terstruktur (Aziza et al., 2023).

Menurut Maryani dan Murni (2019), terdapat empat jenis waktu penting yang digunakan dalam penerapan metode *Critical Path Method* (CPM), yaitu: (1) *Earliest Start Time* (ES), yaitu waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai; (2) *Latest Start Time* (LS), yaitu batas waktu paling akhir suatu aktivitas masih dapat dimulai tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan; (3) *Earliest Finish Time* (EF), yaitu waktu paling awal suatu aktivitas dapat diselesaikan; dan (4) *Latest Finish Time* (LF), yaitu waktu paling akhir suatu aktivitas dapat diselesaikan tanpa memengaruhi jadwal keseluruhan proyek (Hadicara & Rochim, 2023).

Langkah-langkah dalam menentukan aktivitas kritis berdasarkan pendapat Sofiah dan Rizqyatus (2024) disajikan pada Gambar 2.

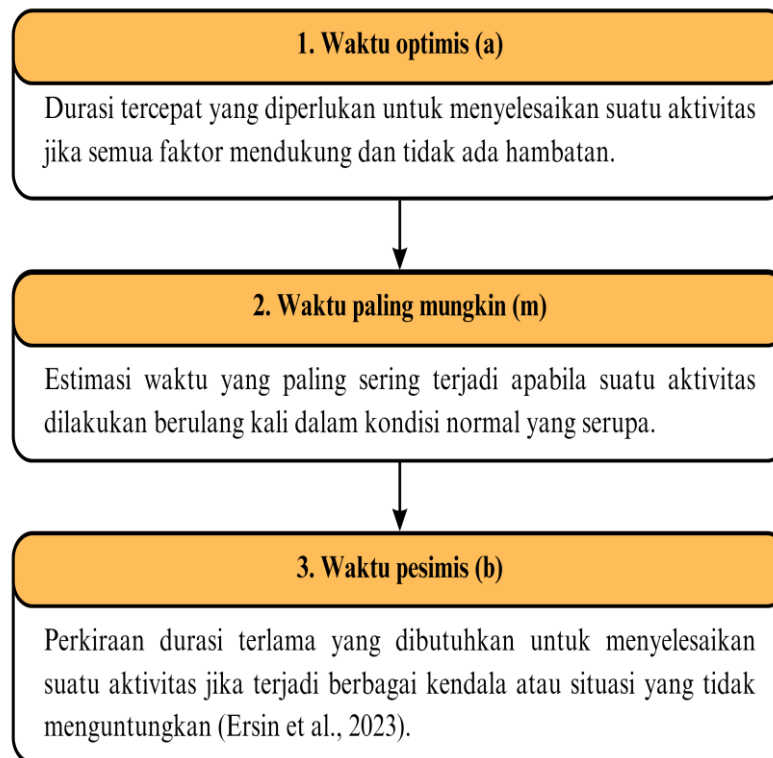


Gambar 2. Penentuan aktivitas kritis

2. Metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)

Project Evaluation and Review Technique (PERT) adalah suatu metode dalam *Management Science* yang digunakan untuk merancang dan mengelola proyek agar berjalan sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan (Yuwono et al., 2021). Surachman dan Murti A (2015) menyatakan bahwa metode PERT merupakan pendekatan dalam penjadwalan proyek yang mempertimbangkan tiga skenario waktu penyelesaian untuk setiap aktivitas, yaitu waktu optimis, waktu paling mungkin, dan waktu pesimis (Puspitasari et al., 2022).

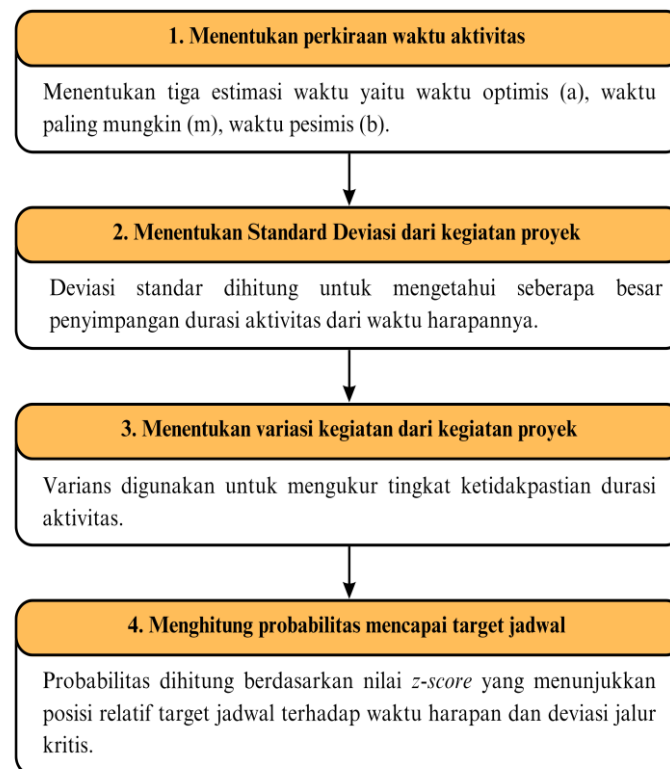
Pendekatan ini membantu menangani ketidakpastian dalam durasi setiap aktivitas sehingga perencanaan proyek menjadi lebih fleksibel dan realistis. Gambar 3, memperlihatkan ilustrasi ketiga skenario waktu tersebut sebagaimana dijelaskan oleh (Ersin et al., 2023), yang menjadi dasar untuk menghitung estimasi waktu penyelesaian dan mengukur probabilitas keberhasilan proyek secara keseluruhan.



Gambar 3. Tiga skenario waktu

Tahapan perencanaan jaringan (*network planning*) dengan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dilakukan untuk menganalisis dan memperkirakan peluang keberhasilan penyelesaian aktivitas-aktivitas pada jalur kritis. Tujuan utamanya adalah memastikan proyek dapat diselesaikan tepat waktu sesuai jadwal yang telah ditetapkan (Prabowo & Anhar, 2021).

Proses ini disusun secara sistematis dan menggambarkan alur kerja secara runtut, mulai dari identifikasi aktivitas, penentuan hubungan ketergantungan antar aktivitas, hingga perhitungan estimasi waktu berdasarkan tiga nilai: optimis, paling mungkin, dan pesimis. Pendekatan ini menghasilkan estimasi durasi yang lebih realistis dan terukur. Untuk meningkatkan kejelasan alur proses, tahapan tersebut disajikan secara visual dalam Gambar 4, yang memperlihatkan hubungan antar aktivitas serta penerapan metode PERT dalam konteks penelitian ini. Visualisasi ini juga berperan dalam mengidentifikasi potensi keterlambatan pada aktivitas-aktivitas tertentu, sehingga strategi mitigasi dapat dirumuskan sejak tahap perencanaan.



Gambar 4. Tahapan *Network Planning* metode PERT

1. Menentukan perkiraan waktu aktivitas

Dalam metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), estimasi waktu penyelesaian suatu aktivitas ditentukan berdasarkan tiga jenis waktu, yaitu waktu optimis (a), waktu pesimis (b), dan waktu paling mungkin atau normal (m). Waktu optimis (a) merupakan estimasi tercepat yang mungkin dicapai apabila seluruh kondisi berjalan dengan sangat baik tanpa hambatan.

Sebaliknya, waktu pesimis (b) adalah estimasi terlama yang dibutuhkan jika terjadi banyak kendala atau hambatan selama pelaksanaan aktivitas. Sementara itu, waktu normal (m) menggambarkan estimasi yang paling realistis atau paling sering terjadi berdasarkan pengalaman sebelumnya (Burhan et al., 2024). Ketiga estimasi waktu tersebut kemudian digunakan untuk menghitung waktu yang diharapkan (*expected time*), yang disimbolkan dengan te , menggunakan rumus:

$$te = \frac{a+4(m)+b}{6}, \quad (1)$$

2. Menentukan Standard Deviasi dari kegiatan proyek

Dalam metode PERT, deviasi standar (S) dihitung menggunakan rumus:

$$S = \frac{1}{6}x(b - a), \quad (2)$$

dimana b adalah waktu pesimis dan a adalah waktu optimis. Nilai ini penting untuk mengukur ketidakpastian tiap aktivitas dan digunakan dalam perhitungan varians serta probabilitas penyelesaian proyek.

3. Menentukan variansi kegiatan dari kegiatan proyek

Dalam metode PERT, selain menghitung waktu yang diharapkan (*expected time*), analisis ketidakpastian juga dilakukan dengan menghitung varians dari setiap aktivitas, yang disimbolkan dengan $V(te)$. Varians ini mencerminkan tingkat ketidakpastian atau penyebaran waktu penyelesaian suatu aktivitas. Varians dihitung berdasarkan selisih antara waktu pesimis (b) dan waktu optimis (a), menggunakan rumus:

$$V(te) = S^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2, \quad (3)$$

Waktu pesimis (b) adalah estimasi durasi terlama jika aktivitas mengalami banyak hambatan, sedangkan waktu optimis (a) adalah estimasi tercepat jika aktivitas berjalan tanpa kendala. Dengan menghitung varians ini, manajer proyek dapat mengevaluasi seberapa besar ketidakpastian dalam penyelesaian setiap aktivitas, yang berguna dalam perhitungan probabilitas penyelesaian proyek secara keseluruhan (Akbar & Setiawan, 2023).

4. Mengetahui probabilitas mencapai target jadwal

Peluang keberhasilan dalam memenuhi jadwal yang ditargetkan dapat dihitung dengan membandingkan waktu yang diharapkan (Tl) dengan jadwal yang direncanakan (Tj), yang dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$z = \frac{Tj - Tl}{Sd}, \quad (1)$$

Dimana Tj merupakan target jadwal penyelesaian proyek, Tl adalah jumlah waktu pada jalur kritis (*critical path*), dan Sd adalah standar deviasi total dari jalur kritis yang diperoleh dari akar kuadrat jumlah varians aktivitas-aktivitas pada jalur kritis. Nilai z ini kemudian dikonversikan ke dalam tabel distribusi normal untuk mengetahui persentase probabilitas proyek dapat diselesaikan sesuai target waktu (Prakoso et al., 2023). Semakin tinggi nilai z , maka semakin besar pula peluang proyek selesai tepat waktu atau lebih cepat. *Z-score* (skor- z) adalah nilai dalam distribusi normal standar yang digunakan untuk mengukur probabilitas suatu kejadian dalam kurva distribusi.

C. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam pembahasan ini diperoleh melalui observasi, pencatatan, serta wawancara langsung dengan manajer proyek PT. Kaisar Putra Perkasa. Hasil dari proses tersebut menghasilkan informasi yang mendukung identifikasi variabel-variabel dalam penyusunan jalur kritis proyek. Data yang dikumpulkan dari tersebut kemudian dianalisis untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dalam penentuan jalur kritis proyek sebagai berikut:

Tabel 1. Data Kegiatan Proyek

No	Kegiatan	Kode	Durasi (Hari)
1	Persiapan Pekerjaan	A	5
2	Pekerjaan Galian dan Pondasi	B	11
3	Pekerjaan Struktur	C	50
4	Pekerjaan Dinding	D	30
5	Pekerjaan Lantai	E	14
6	Pekerjaan Atap	F	12
7	Pekerjaan Kusen	G	10
8	Pekerjaan Plafond	H	9
9	Pekerjaan Instalasi	I	7
10	Pekerjaan Sanitasi	J	7
11	Finishing	K	14
Total			169

1. Menentukan Hubungan antar Kegiatan (*Predecessor*)

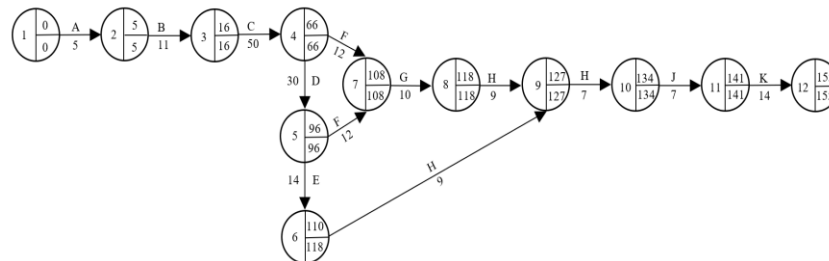
Predecessor merujuk pada aktivitas yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum suatu aktivitas lain dalam proyek dapat dimulai (Mardiana, 2024). Setiap aktivitas dalam proyek saling terhubung dalam jaringan kerja (*network*), yang mengatur alur kerja secara terstruktur agar proyek berjalan lancar dan selesai sesuai jadwal. Berikut ini merupakan hubungan antar aktivitas dalam proyek pembangunan Gedung Aula di Sekolah yang dikerjakan oleh PT. Kaisar Putra Perkasa:

Tabel 2. Hubungan Keterkaitan Antar Kegiatan

No	Kegiatan	Kode	<i>Predecessor</i>	Durasi(hari)
1	Persiapan Pekerjaan	A	-	5
2	Pekerjaan Galian dan Pondasi	B	A	11
3	Pekerjaan Struktur	C	B	50
4	Pekerjaan Dinding	D	C	30
5	Pekerjaan Lantai	E	D	14
6	Pekerjaan Atap	F	C,D	12
7	Pekerjaan Kusen	G	F	10
8	Pekerjaan Plafond	H	E,G	9
9	Pekerjaan Instalasi	I	H	7
10	Pekerjaan Sanitasi	J	I	7
11	Finishing	K	J	14
Total Hari Kerja				169

2. Metode CPM

Tabel 2 menyajikan informasi mengenai urutan aktivitas, durasi pengerjaan, serta aktivitas pendahulu yang nantinya akan digunakan untuk menyusun jaringan kerja, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Jaringan Kerja CPM

Perencanaan yang efektif bertujuan agar proyek selesai sesuai target yang ditetapkan. Setelah menyusun diagram jaringan (*network diagram*), langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan maju dan mundur serta total *float*.

1. Perhitungan Maju

Perhitungan maju digunakan untuk menentukan waktu mulai (ES) dan selesai paling awal (EF) tiap aktivitas proyek, dimulai dari aktivitas pertama hingga terakhir. ES dihitung berdasarkan EF aktivitas sebelumnya, sementara EF diperoleh dengan menambahkan durasi aktivitas ke ES.

2. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur bertujuan menentukan waktu mulai terlambat (*Latest Start/LS*) dan waktu selesai terlambat (*Latest Finish/LF*).

3. Kelonggaran Waktu Total *Float* dan Jalur Kritis

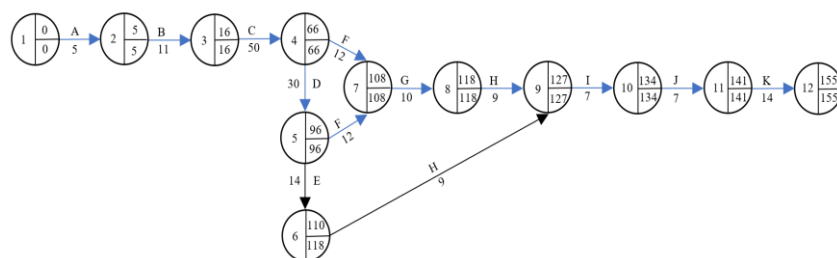
Jalur kritis merupakan teknik manajemen yang digunakan untuk merencanakan dan mengontrol jalannya proyek. Metode ini membantu mengidentifikasi keterkaitan antar aktivitas serta menentukan waktu-waktu penting dalam pelaksanaan proyek (Akbar, 2022).

Berikut adalah table 3 perhitungan maju dan mundur serta total *float*:

Tabel 3. Daftar *Float* dan Kegiatan Kritis

No	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		<i>Total Float</i> (TF)	<i>On Critical Path</i>
			ES	EF	LS	LF		
1	A	5	0	5	0	5	0	Kritis
2	B	11	5	16	5	16	0	Kritis
3	C	50	16	66	16	66	0	Kritis
4	D	30	66	96	66	96	0	Kritis
5	E	14	96	110	96	118	8	Tidak Kritis
6	F	12	96	108	96	108	0	Kritis
7	G	10	108	118	108	118	0	Kritis
8	H	9	118	127	118	127	0	Kritis
9	I	7	127	134	127	134	0	Kritis
10	J	7	134	141	134	141	0	Kritis
11	K	14	141	155	141	155	0	Kritis

Hasil perhitungan total *float* menunjukkan bahwa aktivitas yang berada pada jalur kritis terdiri dari A, B, C, D, F, G, H, I, J, dan K, dengan durasi optimal proyek mencapai 155 hari. Data ini kemudian digunakan untuk memperbarui diagram jaringan berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan. Berikut adalah diagram jaringan proyek yang disusun menggunakan metode CPM.



Gambar 6. Jalur Kritis Metode CPM

3. Metode PERT

Program Evaluation and Review Technique (PERT) adalah metode yang digunakan dalam perencanaan dan pengendalian jadwal proyek dengan mempertimbangkan ketidakpastian durasi setiap aktivitas. Langkah pertama dalam penyusunan jaringan kerja PERT adalah menentukan estimasi waktu optimis (a) dan pesimis (b) berdasarkan data historis atau pengalaman. Selain itu, estimasi waktu paling mungkin (m) juga ditentukan sebagai dasar perhitungan. Selanjutnya, perhitungan waktu yang diharapkan (te) dilakukan dengan mengombinasikan ketiga estimasi tersebut. Proses ini dirangkum dalam Gambar Tabel 3 untuk memberikan visualisasi yang lebih jelas.

Tabel 3. Estimasi Waktu Menggunakan PERT

No	Kegiatan	Predecessor	Optimis (a)	Realistis (m)	Pesimis (b)
1	A	-	4	5	6
2	B	A	9	11	14
3	C	B	43	50	75
4	D	C	21	30	60
5	E	D	12	14	21
6	F	C,D	9	12	17
7	G	F	7	10	15
8	H	E,G	7	9	16
9	I	H	5	7	9
10	J	I	5	7	9
11	K	J	10	14	21
Total			132	169	254

Setelah estimasi waktu penyelesaian ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu yang diharapkan (t_e). Perhitungan ini dilakukan menggunakan formula yang mengombinasikan tiga estimasi waktu, yaitu optimis (a), pesimis (b), dan paling mungkin (m). Rumus ini bertujuan menghasilkan perkiraan rata-rata yang lebih akurat, sehingga dapat dijadikan dasar dalam perencanaan dan pengelolaan proyek secara optimal. Selanjutnya, perhitungan t_e dilakukan dengan menerapkan rumus 1 berikut:

$$t_e = \frac{a+4(m)+b}{6},$$

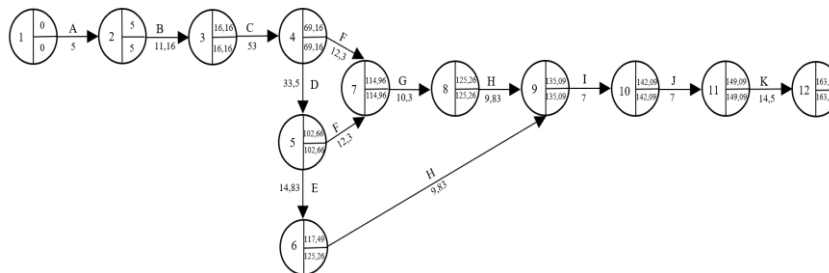
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai t_e untuk setiap aktivitas diperoleh dan disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Waktu yang Diharapkan

No	Kegiatan	Keterangan	t_e
1	A	Persiapan Pekerjaan	5
2	B	Pekerjaan Galian dan Pondasi	11,16
3	C	Pekerjaan Struktur	53
4	D	Pekerjaan Dinding	33,5
5	E	Pekerjaan Lantai	14,83
6	F	Pekerjaan Atap	12,3
7	G	Pekerjaan Kusen	10,3
8	H	Pekerjaan Plafond	9,83
9	I	Pekerjaan Instalasi	7
10	J	Pekerjaan Sanitasi	7
11	K	Finishing	14,5
Total			178,42

Setelah menghitung nilai t_e (durasi waktu yang diharapkan) untuk setiap aktivitas dan menjumlahkannya, diperoleh TJ (Target Jadwal) sebesar 178,42 hari. Langkah berikutnya adalah menyusun diagram jaringan kerja proyek, yang dibuat dengan prinsip serupa metode CPM. Dalam metode PERT, perhitungan waktu penyelesaian dilakukan melalui dua

pendekatan: perhitungan maju dan mundur. Berikut adalah diagram jaringan proyek yang disusun menggunakan metode PERT.



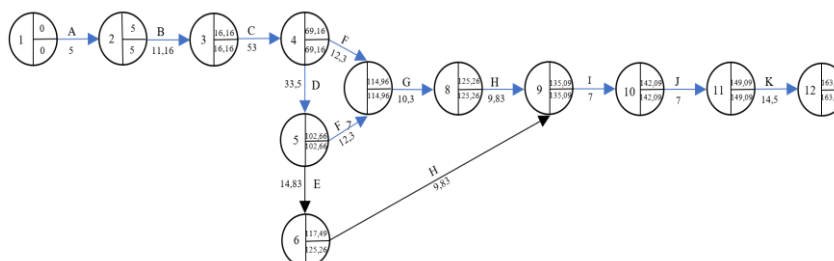
Gambar 7. Jaringan Kerja PERT

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan maju, perhitungan mundur, dan total *float*, sebagaimana yang telah diterapkan dalam metode CPM sebelumnya.

Tabel 5. Daftar Float dan Kegiatan Kritis

No	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float (TF)	On Critical Path
			ES	EF	LS	LF		
1	A	5	0	5	0	5	0	Kritis
2	B	11,16	5	16,16	5	16,16	0	Kritis
3	C	53	16,16	69,16	16,16	69,16	0	Kritis
4	D	33,5	69,16	102,66	69,16	102,66	0	Kritis
5	E	14,83	102,66	117,49	102,66	125,26	7,77	Tidak Kritis
6	F	12,3	102,66	114,96	102,66	114,96	0	Kritis
7	G	10,3	114,96	125,26	114,96	125,26	0	Kritis
8	H	9,83	125,26	135,09	125,26	135,09	0	Kritis
9	I	7	135,09	142,09	135,09	142,09	0	Kritis
10	J	7	142,09	149,09	142,09	149,09	0	Kritis
11	K	14,5	149,09	163,59	149,09	163,59	0	Kritis

Hasil perhitungan total *float* menunjukkan bahwa aktivitas yang termasuk dalam jalur kritis terdiri dari A, B, C, D, F, G, H, I, J, dan K, dengan durasi optimal atau *Jl* (jumlah waktu jalur kritis) sebesar 163,59 hari. Data ini kemudian digunakan untuk memperbarui diagram jaringan sesuai hasil perhitungan yang diperoleh. Berikut adalah diagram jaringan proyek menggunakan metode PERT.



Gambar 8. Jalur Kritis PERT

1. Menentukan Standar Deviasi

Standar deviasi digunakan sebagai alat untuk mengukur tingkat ketidakpastian dalam estimasi waktu pelaksanaan proyek (Akbar & Setiawan, 2023). Dengan menghitung standar deviasi dapat memahami seberapa besar penyimpangan waktu yang mungkin terjadi dibandingkan dengan durasi yang diharapkan. Nilai standar deviasi dapat dicari dengan rumus 2 berikut:

$$S = \frac{1}{6}x(b - a),$$

2. Menghitung Nilai Varians

Estimasi waktu optimis, pesimis, dan paling mungkin untuk setiap aktivitas. Nilai varians dihitung menggunakan rumus 3 berikut:

$$V(te) = S^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2,$$

Hasil perhitungan standar deviasi dan varians disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Standar Deviasi dan Varians

No	Kegiatan	Hari (a)	Hari (b)	S	V(te)
1	A	4	6	0,33	0,11
2	B	9	14	0,83	0,69
3	C	43	75	5,3	28,09
4	D	21	60	6,5	42,25
5	E	12	21	1,5	2,25
6	F	9	17	1,3	1,69
7	G	7	15	1,3	1,69
8	H	7	16	1,5	2,25
9	I	5	9	0,6	0,36
10	J	5	9	0,6	0,36
11	K	10	21	1,83	3,34
Total		132	254	21,56	83,08

Berdasarkan perhitungan dalam tabel, diperoleh nilai varians waktu penyelesaian proyek sebesar 83,08 dengan standar deviasi $\sqrt{83,08} \approx 9,11$ hari. Selanjutnya, dilakukan perhitungan probabilitas yang diharapkan menggunakan *TJ* (Target Jadwal) sebesar 178,42 dan *Jl* (Jumlah Waktu Jalur Kritis) sebesar 163,59, dengan persamaan 1 berikut:

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{Tj-Jl}{s} \\
 &= \frac{178,42-163,59}{9,11} \\
 &= 1,63
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel distribusi normal kumulatif, nilai *z* sebesar 1,63 menunjukkan probabilitas 94,84%, yang berarti proyek memiliki kemungkinan sebesar 94,84% untuk selesai

dalam 163,59 hari, dibulatkan menjadi 164 hari. Hasil ini memberikan gambaran tentang tingkat keberhasilan proyek dalam mencapai target waktu.

Dari perhitungan menggunakan metode CPM, total durasi proyek dapat dipersingkat menjadi 155 hari, dengan jalur kritis terdiri dari aktivitas A, B, C, D, F, G, H, I, dan J. Keterlambatan pada salah satu aktivitas di jalur ini akan berdampak pada keseluruhan proyek. Optimalisasi dilakukan dengan memanfaatkan total *float* sebesar 8 hari pada pekerjaan E (Pekerjaan Lantai), memungkinkan percepatan proyek hingga 14 hari tanpa mengubah urutan pekerjaan. Fokus percepatan diarahkan pada aktivitas di jalur kritis, seperti pekerjaan C (Struktur), D (Dinding), dan F (Atap), melalui pengalihan tenaga kerja. Sementara itu, perhitungan dengan metode PERT menunjukkan durasi proyek selama 164 hari dengan probabilitas keberhasilan 94,84%. Jalur kritis dalam metode ini juga terdiri dari aktivitas yang sama dengan CPM. Dengan total *float* pada pekerjaan E sebesar 8 hari, sumber daya dapat dialihkan ke aktivitas di jalur kritis guna memastikan proyek tetap selesai sesuai jadwal.

Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lubis et al., 2023) yang menunjukkan bahwa metode CPM dan PERT dapat digunakan untuk menentukan jalur kritis dan probabilitas keberhasilan penyelesaian proyek. Dalam penelitian ini, jalur kritis proyek pembangunan gedung aula sekolah melibatkan aktivitas A, B, C, D, F, G, H, I, dan J. Dengan penerapan metode CPM, durasi proyek dapat dipersingkat dari 169 hari menjadi 155 hari, menghasilkan efisiensi waktu sebesar 14 hari. Sementara itu, metode PERT memperkirakan penyelesaian proyek dalam 164 hari dengan probabilitas keberhasilan sebesar 94,84%. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan metode perencanaan proyek yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan ketepatan waktu pelaksanaan.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Asri et al., 2020), evaluasi penjadwalan proyek menggunakan metode CPM dan PERT terbukti efektif dalam mempercepat penyelesaian proyek. Dalam penelitian ini, strategi optimalisasi dilakukan dengan memanfaatkan total *float* sebesar 8 hari pada pekerjaan E (Pekerjaan Lantai) untuk mendukung aktivitas di jalur kritis. Dengan mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien, pekerjaan di jalur kritis seperti pekerjaan C (Struktur), D (Dinding), dan F (Atap) dapat dipercepat, memungkinkan proyek diselesaikan lebih cepat tanpa mengganggu alur kerja yang telah direncanakan.

Penelitian ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Husna et al., 2022), yang menunjukkan bahwa metode CPM dan PERT dapat membantu memprediksi durasi proyek dengan lebih akurat. Dengan memanfaatkan metode ini, proyek dapat diselesaikan lebih cepat

dibandingkan dengan estimasi awal perusahaan. Selain itu, analisis jalur kritis yang diperoleh membantu dalam mengidentifikasi aktivitas yang memiliki dampak signifikan terhadap keseluruhan proyek. Dengan demikian, penerapan metode CPM dan PERT dalam perencanaan proyek konstruksi terbukti memberikan solusi efektif dalam pengelolaan waktu dan peningkatan efisiensi pelaksanaan proyek.

D. Simpulan

Dari hasil perhitungan metode CPM dan PERT, kedua metode ini terbukti lebih optimal dibandingkan estimasi awal perusahaan. CPM mempercepat penyelesaian proyek menjadi 155 hari, lebih cepat 14 hari dari estimasi 169 hari. Sementara itu, PERT memperkirakan durasi 164 hari, lebih cepat 5 hari dengan probabilitas keberhasilan 94,84%. Optimalitas ini dicapai melalui identifikasi jalur kritis (CPM) dan analisis ketidakpastian waktu (PERT), memastikan proyek dapat selesai lebih efisien tanpa mengganggu pelaksanaan.

Daftar Pustaka

- Akbar, & Setiawan, E. (2023). Analisis Network Diagram dengan Metode CPM dan PERT pada Project Pekerjaan Pemasangan Komponen Kelistrikan Kereta Listrik Makasar Pare-Pare. *Simposium Nasional RAPI XXII*, 98–108. <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/rapi/article/view/3487>
- Akbar, Y. R. (2022). 556268-Penentuan-Jalur-Kritis-Untuk-Manajemen-P-Dca09D01. 2(2), 6–13.
- Asri, D. F. L., Setiawan, T. H., & Rusdiana, Y. (2019). Analisis Jaringan Kerja Pada Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode Pert & Cpm. *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, 2(2), 136. <https://doi.org/10.32493/jsmu.v2i2.3323>
- Aziza, N., Maarif, U., & Latif, H. (2023). *bookchapter riset operasi (CPM)*. April.
- Basyri, S., Octaviani, M., Apriliani, R. A., & Kuncaravita, S. A. (2024). Menggunakan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus : Ruko Perumahan Heavenland Park Sidoarjo). *CONCRETE: Construction and Civil Integration Technology*, 02(April), 1.
- Burhan, M. I., Tenri, A. W., Singkeruang, F., & Alam, N. (2024). Implementasi Metode PERT dan CPM pada Proyek Integrasi Sistem Informasi Kontrol Pemantauan Kondisi Lalu Lintas. *BUGIS: Journal of Business*, 01, 1–12. <https://ojs.nitromks.ac.id/index.php/jurnal-bugis>
- Ersin, Syaripuddin, & A'yun, Q. Q. (2023). Aplikasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode PERT-CPM pada Pembangunan Ruang Kelas SDN 009 Bontang Baru. *BASIS (Jurnal Ilmiah Matematika)*, 2(2), 42–54. <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/Basis/index>
- Fahri, M. I., Rakhmawati, F., & Panjaitan, D. J. (2024). *Optimasi Waktu dan Biaya Pembangunan Box Underpass Proyek Jalan Tol Ruas Sigli-Banda Aceh Dengan Menggunakan Metode PERT dan EVM*. 7(1), 44–56.
- Hadicara, D., & Rochim, A. (2023). Penggunaan Metode PERT dan CPM dalam Proyek Pembangunan Jalan. *Pondasi*, 28(1), 32–44. <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/pondasi/article/view/30148>
- Husna, R. A., Ilmiyah, N. F., & Resti, N. C. (2022). Implementasi CPM dan PERT dalam Memprediksi Durasi serta Biaya Pembangunan Musala Al-Ikhlas di Kotawaringin Barat. *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)*, 5(1), 97–109. https://doi.org/10.30762/f_m.v5i1.633
- Lubis, L. R., Umari, Z. F., Kristi, K., & Akhirini, A. (2023). Analisis Penjadwalan Waktu Menggunakan Metode Cpm Dan Pert Pada Pembangunan Gudang Dexa Medica Palembang. *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 1(2), 21–30. <https://doi.org/10.52333/lateral.v1i2.314>
- Mardiana. (2024). *Perbandingan Optimasi Waktu dengan Menggunakan Precendence Diagram Method (PDM) dan Critical Path Method (CPM)*. (Studi Kasus: Proyek Pembangunan di MAN

-
- I Polewali Mandar*), (Vol. 15, Issue 1).
- Prabowo, H., & Anhar, M. (2021). Optimalisasi Project Management pada PT.Cipta Ekatama Nusantara Menggunakan Metode CPM/PERT dalam Pembangunan Perumahan Cendana Sawangan Regency. *Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia*, 1(1), 1–17. <http://repository.stei.ac.id/id/eprint/2891>
- Prakoso, A. D., Manurung, E. H., & Mubarak, A. (2023). Analisis Network Planning Pada Proyek Apartemen Savyavasa Di Jakarta Selatan Dengan Metode Program Evaluation Review and Technique (Pert). *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 2(10), 4156–4168. <https://doi.org/10.55681/sentri.v2i10.1655>
- Puspitasari, D. P., Purwono, N. A. S., & Poerwodihardjo, F. E. (2022). Analisis Perbandingan Penjadwalan Proyek dengan Metode CPM, PERT, Kurva-S (Studi Kasus Peningkatan Jalan Menganti Kesugihan). *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, 23(1), 77–89. <https://doi.org/10.53810/jt.v23i1.441>
- Sofiah, & Rizqyatus. (2024). Optimalisasi Waktu Pada Pelaksanaan Proyek Gedung Dengan Menggunakan Metode Cpm Dan Pert. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 12(1), 23–28.
- Uktolseja, A. M., Wullur, M., & Karuntu, M. M. (2023). Evaluasi Pelaksanaan Proyek Menggunakan Metode PERT Dan CPM (Studi Kasus: Preservasi Jalan Tolango-Paguyaman, Tolango-Bulontio). *LPMM Bidang EkoSosBudKum (Ekonomi, Sosial, Budaya Dan Hukum)*, 6(2), 1079–1090.
- Winoto, M. C., Guwinarto, K., & Limanto, S. (2023). Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi menurut Kontraktor terhadap Indikator Performa Proyek. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 12, 57–63.
- Wismantoro, B. D. (2022). *Manajemen Proyek Konstruksi Profesional*.
- Yuwono, W., Kaukab, M. E., & Mahfud, Y. (2021). Kajian Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek. *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology*, 4(2), 192–214. <https://doi.org/10.32500/jematech.v4i2.1925>