

ANALISIS MANAJEMEN PROYEK PADA PROYEK INSTALASI PIPA DENGAN METODE CPM DAN METODE PERT DI PT. CAHYA MANDIRI GEMILANG

PROJECT MANAGEMENT ANALYSIS ON PIPE INSTALLATION PROJECT WITH CPM METHOD AND PERT METHOD AT PT. CAHYA MANDIRI GEMILANG

Agil Thoriq Mursyid¹, Hidayat², Yanuar Pandu Negoro³

^{1,2,3}Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik

Thoriqku99@gmail.com

ABSTRAK

This paper discusses the application of The implementation of the Critical Path Method (CPM) and the Program Evaluation and Review Technique (PERT) plays a vital role in managing pipe installation projects at PT Cahya Mandiri Gemilang which aims to analyze the project critical path, estimate a more realistic project duration, and identify potential delays. includes data is obtained through direct observation, interviews, and study of the project documents. Utilizing the CPM method to identify the critical path and total float and the PERT method is used to This information is utilized to develop a probabilistic time estimate for the project, completion. The main factors causing delays include untimely material procurement, lack of team coordination, and technical problems in the field. As a solution, it is recommended to increase supervision on critical activities, improve the team coordination system, and optimize material procurement and resource allocation strategies. The application of the Critical Path Method (CPM) and Program Evaluation and Review Technique (PERT) plays a significant role in this process has proven beneficial in developing more accurate planning, managing delay risks, and improving overall project execution.

Keywords: Project Management, Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), Pipe Installation

ABSTRAK

Makalah ini membahas tentang penerapan Metode Jalur Kritis (Critical Path Method/CPM) dan Teknik Evaluasi serta Tinjauan Program (Program Evaluation and Review Technique/PERT) merupakan alat yang penting dalam manajemen proyek pemasangan pipa di PT Cahya Mandiri Gemilang yang bertujuan untuk menganalisis jalur kritis proyek, memperkirakan durasi proyek yang lebih realistis, dan mengidentifikasi potensi keterlambatan. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara, dan studi dokumen proyek. Menggunakan metode CPM untuk menentukan jalur kritis dan total float dan metode PERT digunakan untuk menghitung estimasi waktu probabilistik penyelesaian proyek. Faktor utama penyebab keterlambatan antara lain pengadaan material yang tidak tepat waktu, kurangnya koordinasi tim, dan kendala teknis di lapangan. Sebagai solusinya, disarankan untuk meningkatkan pengawasan pada aktivitas kritis, memperbaiki sistem koordinasi tim, dan mengoptimalkan strategi pengadaan material dan alokasi sumber daya. Penerapan CPM dan PERT terbukti bermanfaat dalam mengembangkan perencanaan yang lebih akurat, mengelola risiko keterlambatan, dan meningkatkan pelaksanaan proyek secara keseluruhan.

Kata Kunci: Manajemen Proyek, Metode Jalur Kritis (CPM), Evaluasi dan Peninjauan Program (PERT), Instalasi pipa

PENDAHULUAN

Kegiatan proyek adalah suatu aktivitas yang dilakukan dalam waktu yang singkat, dengan memanfaatkan sumber daya tertentu dan bertujuan untuk mencapai tugas serta sasaran yang telah ditentukan

dengan jelas. Dalam proses pencapaian hasil akhir kegiatan proyek telah ditentukan batasan-batasan yang harus dipenuhi, yaitu jumlah biaya yang dialokasikan, jadwal dan mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan ini dikenal

dengan sebutan triple constraint. Manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan Mengelola kegiatan anggota dan sumber daya lainnya bertujuan untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. ditetapkan oleh organisasi atau perusahaan. Proses yang dimaksud di sini adalah melaksanakan sesuatu dengan pendekatan yang terencana dan sistematis. Sedangkan sumber daya perusahaan terdiri dari tenaga kerja, keahlian, dana, dan informasi. Dalam pelaksanaan manajemen, dikenal kegiatan-kegiatan manajemen sebagai langkah-langkah utama dalam melaksanakan fungsi-fungsi manajemen yang baik. Langkah-langkah tersebut dikenal dengan istilah fungsi-fungsi manajemen,

PT Cahya Mandiri Gemilang adalah perusahaan kontraktor yang bergerak di bidang pemasangan instalasi perpipaan. Dalam proyek instalasi perpipaan, banyak komponen yang harus dikelola dengan baik, termasuk pemilihan pipa, pengadaan material, dan proses instalasi di lapangan. Proses di lapangan. Tanpa manajemen proyek yang efisien, keterlambatan dan pembengkakan biaya dapat terjadi, yang akan berdampak negatif pada keberhasilan proyek. Sebagai perusahaan kontraktor di bidang pemasangan instalasi perpipaan terdapat berbagai tantangan dalam pelaksanaan proyek. Salah satu yang utama adalah tekanan dari pihak pengguna, yang seringkali membutuhkan percepatan pekerjaan di luar rencana awal.

Selain itu, terdapat permasalahan terkait manajemen tenaga kerja, seperti keputusan sepihak dari mandor untuk memindahkan pekerja ke proyek lain tanpa adanya koordinasi. to transfer workers to other projects without adequate coordination, which potentially disrupts the workflow of ongoing project. berpotensi mengganggu alur kerja proyek yang sedang berjalan. Kendala lain Kendala lain adalah kurangnya implementasi jadwal proyek di lapangan. menunjukkan bahwa jadwal ini seringkali

tidak dijadikan acuan utama. Akibatnya terjadi ketidaksesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek. Menyebabkan keterlambatan proyek.

Dalam konteks ini, manajemen proyek dapat dipahami sebagai seni mengelola seluruh aspek proyek, yang meliputi proses perencanaan hingga penyelesaian, dengan memanfaatkan metode ilmiah yang terstruktur dan jelas (Wiranda dan Murnawan, 2024). Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi metode yang paling efektif, dengan memperhatikan keterbatasan sumber daya, guna mencapai hasil yang optimal dan maksimal (Leimena dan Fahmi, 2024).

Permasalahan tersebut akan difokuskan pada penggunaan Metode Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation and Review Technique (PERT) merupakan pendekatan yang efektif dalam manajemen proyek. CPM, khususnya, berguna untuk mengidentifikasi jalur kritis dan memperkirakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan. (Hidayanto, 2023) Dengan begitu dapat mengatasi masalah dan menjamin kelancaran serta efisiensi proyek instalasi perpipaan di PT Cahya Mandiri Gemilang. Dengan demikian, penerapan CPM dan PERT membantu perusahaan untuk mengidentifikasi jalur kritis, mengalokasikan sumber daya secara tepat, dan menyusun strategi mitigasi untuk meminimalisir risiko keterlambatan akibat kendala di lapangan.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif serta menggunakan metode deskriptif untuk melakukan analisis manajemen proyek pada pembangunan instalasi pipa dengan menggunakan metode Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method/CPM*) dan Teknik Evaluasi dan Tinjauan Program (*Program Evaluation and Review Technique/PERT*).

Identifikasi Masalah

Pengamatan langsung dilakukan di area kerja untuk mengidentifikasi sumber masalah yang sering terjadi pada proyek konstruksi pipa. Data awal dikumpulkan melalui wawancara dengan pihak-pihak terkait serta pengamatan terhadap proses konstruksi.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah Data Jadwal Proyek PT Cahya Mandiri Gemilang. Data ini meliputi, nama kegiatan, durasi setiap kegiatan, jumlah barang yang dibutuhkan, dan harga barang yang dibutuhkan. Berikut ini adalah gambar Jadwal Proyek PT Cahya Mandiri Gemilang:

Tabel 1. Jadwal Proyek

[illegible]

Jalur Kritis (CPM)

Sebuah model kegiatan proyek dapat diilustrasikan dari masing-masing aktivitas (Agusetiawan dan Lukmandono, 2023). Metode jalur kritis Terdiri dari berbagai komponen yang dapat dijelaskan sebagai berikut (Aji et al., 2022):

- ES (*Earliest Activity Start Time*) adalah waktu paling awal untuk memulai suatu aktivitas. Sementara itu, EF (*Earliest Activity Finish Time*) merujuk pada waktu selesai paling awal dari aktivitas tersebut, di mana EF aktivitas terakhir sama dengan ES aktivitas yang berikutnya.
- LS (Waktu Mulai Aktivitas Terbaru): waktu paling akhir untuk memulai suatu pekerjaan.
- LF (Waktu Selesai Aktivitas Terakhir): waktu paling akhir untuk menyelesaikan suatu aktivitas.
- T (Waktu Durasi Aktivitas): waktu untuk melakukan suatu aktivitas.
- S (Activity Slack) merujuk pada waktu mulai atau selesai suatu pekerjaan.

Teknik Evaluasi dan Peninjauan Program (PERT)

Metode CPM dan PERT memiliki hasil yang sejalan, meskipun terdapat perbedaan mendasar di antara keduanya. CPM bersifat deterministik, sementara PERT memiliki pendekatan probabilistik (Astari, 2021). Dalam setiap proyek, terdapat tiga jenis estimasi waktu untuk kegiatan yang perlu diperhatikan (Daud, 2024):

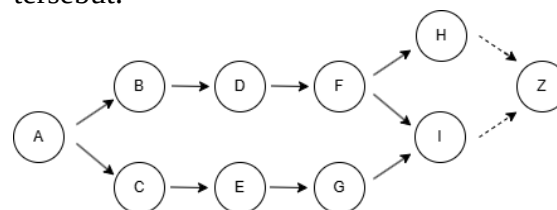
- Waktu Optimis (a): merupakan perkiraan waktu terbaik yang bisa dicapai jika semua berjalan sesuai rencana.
- *Most Likely Time* (m): adalah estimasi waktu yang paling realistis berdasarkan situasi yang mungkin terjadi.
- Waktu Pesimis (b): mencerminkan waktu terpanjang yang diperlukan dalam kondisi terburuk.
- Waktu Rata-Rata yang Diharapkan (T_e) serta Standar Deviasi (S) untuk setiap kegiatan dapat ditentukan melalui distribusi statistik berikut ini (Ibrahim dan Murnawan, 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah tahapan pemrosesan data yang dilakukan:

Diagram Jaringan

Model jaringan yang diterapkan dalam penelitian ini mengacu pada konsep AON (*Activity On Node*). Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan model jaringan tersebut.



Gambar 1. Diagram Jaringan Kerja

Durasi Jadwal Proyek

Durasi proyek adalah total masa yang dibutuhkan untuk merampungkan aktivitas proyek dari awal hingga akhir, termasuk waktu yang dibutuhkan untuk jalur kritis.

Tabel 2. Durasi Jadwal Proyek

Kode	Jadwal Proyek	Durasi (Hari)
A	Fit-Up/Erection	54
B	Welding Joint	48
C	Instal Valve	12
D	Instal Gasket	6
E	Instal Bolt & Nut	6
F	Instal Pompa PU-82485	42
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	12
H	Fabrikasi dan Instal Support	6

Perhitungan Metode Jalur Kritis (Critical Path Method/CPM)

Langkah pertama yaitu perhitungan forward. Terdapat beberapa nilai penting yang perlu diperhatikan, yaitu nilai ES (*Earliest Start*) dan EF (*Earliest Finish*). Hasil dari perhitungan maju ini dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Forward Pass Metode CPM

Kode	Jadwal Proyek	Durasi (Hari)	Ketergantungan	Forward Pass	
				ES	EF
A	Fit-Up/Erection	54	-	0	54
B	Welding Joint	48	A	55	103
C	Instal Valve	12	A	55	67
D	Instal Gasket	6	B	104	110
E	Instal Bolt & Nut	6	C	68	74
F	Instal Pompa PU-82485	42	D	111	153
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	12	E	75	87
H	Fabrikasi dan Instal Support	6	F	154	160
I	Test Package	6	F, G	154	160

Dari tabel tersebut, kita dapat mengidentifikasi bahwa jalur kritis cenderung melibatkan aktivitas-aktivitas yang memiliki hubungan ketergantungan langsung dan tidak memiliki kelonggaran waktu. Proyek ini diperkirakan akan selesai dalam 162 hari, berdasarkan nilai EF (*Early Finish*) terbesar yang muncul pada aktivitas terakhir, yaitu “Test Package” (Kode I). Dengan menggunakan metode Forward Pass ini, kita dapat melihat aktivitas mana saja yang harus dikelola dengan ketat agar proyek tidak mengalami keterlambatan. Aktivitas dengan EF yang tinggi seperti “Test

Package” menandakan bahwa aktivitas tersebut merupakan tahap akhir dan tidak boleh mengalami keterlambatan.

Langkah selanjutnya Perhitungan mundur menggunakan LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Backward Pass Metode CPM

Kode	Jadwal Proyek	Durasi (Hari)	Ketergantungan	Backward Pass	
				LS	LF
I	Test Package	6	-	154	160
H	Fabrikasi dan Instal Support	6	I	147	153
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	12	I	141	153
F	Instal Pompa PU-82485	42	H	104	146
E	Instal Bolt & Nut	6	G	134	140
D	Instal Gasket	6	F	97	103
C	Instal Valve	12	E	121	133
B	Welding Joint	48	D	48	96
A	Fit-Up/Erection	54	B, C	1	54

Dari tabel ini, aktivitas yang tidak memiliki kelonggaran akan menjadi bagian dari jalur kritis proyek. Proyek ini masih diperkirakan akan selesai dalam 162 hari, sesuai dengan nilai LF terbesar dari aktivitas terakhir, “Test Package” (I).

langkah selanjutnya adalah menghitung total float. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengidentifikasi lintasan kritis dalam proyek instalasi pipa air di PT. Cahya Mandiri Gemilang yang dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Total Float Metode CPM

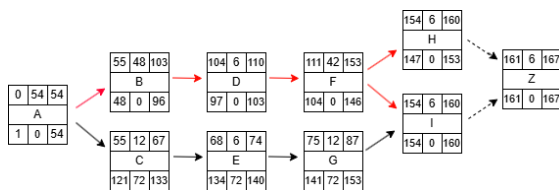
Kode	Jadwal Proyek	Total Float
A	Fit-Up/Erection	0
B	Welding Joint	0
C	Instal Valve	72
D	Instal Gasket	0
E	Instal Bolt & Nut	72
F	Instal Pompa PU-82485	0
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	72
H	Fabrikasi dan Instal Support	0
I	Test Package	0

Total Float = 0: Aktivitas adalah bagian dari jalur kritis. Aktivitas ini tidak memiliki fleksibilitas waktu dan harus diselesaikan tepat sesuai jadwal.

Sedangkan total Float > 0: Aktivitas memiliki fleksibilitas waktu dan dapat ditunda hingga waktu tertentu tanpa mempengaruhi jadwal proyek.

Tabel 6. Aktivitas CPM

Kode	Jadwal Proyek	Keterangan
A	Fit-Up/Erection	Kritis
B	Welding Joint	Kritis
C	Instal Valve	Tidak Kritis
D	Instal Gasket	Kritis
E	Instal Bolt & Nut	Tidak Kritis
F	Instal Pompa PU-82485	Kritis
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	Tidak Kritis
H	Fabrikasi dan Instal Support	Kritis
I	Test Package	Kritis



Gambar 2. Aktivitas Jalur Kritis Metode CPM

Seperti yang terlihat, panah merah menandakan jalur kritis, sedangkan panah hitam menunjukkan jalur yang tidak kritis. Dalam model jaringan kerja menggunakan metode CPM yang ditampilkan di atas, kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis adalah A-B-D-F-H-I. Sementara itu, kegiatan yang tidak tergolong dalam jalur kritis adalah C, E, dan G.

Perhitungan Teknik Evaluasi dan Peninjauan Program (PERT)

Pada metode ini memiliki kesamaan dengan metode CPM. Namun, pada metode Program Evaluation and Review Technique (PERT), terdapat tiga jenis estimasi waktu yang digunakan, yaitu waktu optimis, realistis, pesimis. Tiga estimasi.

Tabel 7. Estimasi 3 waktu

Kode	Jadwal Proyek	Optimis	Realistis	Pesimis
A	Fit-Up/Erection	45	54	60
B	Welding Joint	40	48	55
C	Instal Valve	10	12	15
D	Instal Gasket	5	6	8
E	Instal Bolt & Nut	5	6	8
F	Instal Pompa PU-82485	35	42	50
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	10	12	15
H	Fabrikasi dan Instal Support	5	6	8
I	Test Package	5	6	8

Setelah menetapkan tiga estimasi waktu tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung durasi yang diinginkan (t_e) Sebagai referensi dalam penjadwalan setiap kegiatan, hasil perhitungan durasi yang diharapkan dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Durasi Waktu Metode PERT

Kode	Jadwal Proyek	Optimis	Realistis	Pesimis	T_e (Hari)
A	Fit-Up/Erection	45	54	60	271
B	Welding Joint	40	48	55	241,17
C	Instal Valve	10	12	15	60,5
D	Instal Gasket	5	6	8	30,33
E	Instal Bolt & Nut	5	6	8	30,33
F	Instal Pompa PU-82485	35	42	50	211,33
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	10	12	15	60,5
H	Fabrikasi dan Instal Support	5	6	8	30,33
I	Test Package	5	6	8	30,33

Waktu yang diharapkan (T_e) menunjukkan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan dengan mempertimbangkan ketidakpastian durasi. Aktivitas dengan T_e terbesar adalah Fit-Up/Erection (271 hari) dan Welding Joint (241,17 hari), yang mengindikasikan bahwa kedua aktivitas ini memiliki durasi terpanjang dalam proyek.

Aktivitas lain dengan T_e yang lebih kecil mungkin memiliki float atau kelonggaran waktu. Selisih antara waktu pesimis dan optimis untuk setiap aktivitas menunjukkan tingkat ketidakpastian dalam estimasi durasi. Semakin besar selisih antara pesimis dan optimis, semakin tinggi

risiko ketidakpastian pada aktivitas tersebut.

Untuk melakukan perhitungan forward pass, prosesnya sama seperti yang dilakukan dalam metode CPM. Hasil forward pass dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Forward Pass PERT

Kode	Jadwal Proyek	Durasi (Hari)	Ketergantungan	Forward Pass	
				ES	EF
A	Fit-Up/Erection	271	-	0	54
B	Welding Joint	241,17	A	55	295,17
C	Instal Valve	60,5	A	55	114,5
D	Instal Gasket	30,33	B	296,17	325,5
E	Instal Bolt & Nut	30,33	C	115,5	144,83
F	Instal Pompa PU-82485	211,33	D	326,5	536,83
G	Instal Circulation Pump PU-828581 & 828582	60,5	E	145,83	205,33
H	Fabrikasi dan Instal Support	30,33	F	537,83	567,16
I	Test Package	30,33	F, G	568,16	597,49

Aktivitas I (Test Package) memiliki nilai ES: 568.16 dan EF: 597.49, yang menunjukkan bahwa aktivitas terakhir pada jalur kritis ini memegang peranan penting dalam menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Berdasarkan EF aktivitas terakhir (I: 598 hari. Kemudian dilakukan perhitungan backward pass. Untuk menghitung backward pass, prosesnya mirip dengan perhitungan pada metode CPM. Hasil backward pass pada Tabel 10.

Tabel 10. Backward Pass PERT

Kode	Jadwal Proyek	Durasi (Hari)	Ketergantungan	Backward Pass	
				LS	LF
I	Test Package	30,33	-	568,16	597,49
H	Fabrikasi dan Instal Support	30,33	I	537,83	567,16
G	Instal Circulation Pump PU-828581 & 828582	60,5	I	507,66	567,16
F	Instal Pompa PU-82485	211,33	H	326,5	536,83
E	Instal Bolt & Nut	30,33	G	477,33	506,66
D	Instal Gasket	30,33	F	296,17	325,5
C	Instal Valve	60,5	E	416,83	476,33
B	Welding Joint	241,17	D	55	295,17
A	Fit-Up/Erection	271	B, C	1	54

Kegiatan terakhir (I - Paket Uji) memiliki LF 597,49 hari, yang sesuai dengan EF dari Forward Pass. Hal ini menegaskan bahwa proyek diperkirakan akan selesai dalam waktu 598 hari Hasil

perhitungan total float tersebut dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Total float dari PERT

Kode	Jadwal Proyek	Total Float
A	Fit-Up/Erection	0
B	Welding Joint	0
C	Instal Valve	362
D	Instal Gasket	0
E	Instal Bolt & Nut	362
F	Instal Pompa PU-82485	0
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	362
H	Fabrikasi dan Instal Support	0
I	Test Package	0

Total Float = 0: Aktivitas adalah bagian dari jalur kritis. Aktivitas ini tidak memiliki fleksibilitas waktu dan harus diselesaikan tepat sesuai jadwal. Sedangkan total Float > 0: Aktivitas memiliki fleksibilitas waktu dan dapat ditunda hingga waktu tertentu tanpa mempengaruhi jadwal proyek.

Tabel 12. Aktivitas Metode PERT

Kode	Jadwal Proyek	Keterangan
A	Fit-Up/Erection	Kritis
B	Welding Joint	Kritis
C	Instal Valve	Tidak Kritis
D	Instal Gasket	Kritis
E	Instal Bolt & Nut	Tidak Kritis
F	Instal Pompa PU-82485	Kritis
G	Instal Circulation Pompa PU-828581 & 828582	Tidak Kritis
H	Fabrikasi dan Instal Support	Kritis
I	Test Package	Kritis

Berdasarkan tabel di atas, jalur kritis dalam jadwal proyek didefinisikan oleh aktivitas-aktivitas yang memiliki status “Kritis”. Aktivitas ini harus diselesaikan sesuai waktunya karena keterlambatan salah satu aktivitas akan mempengaruhi keseluruhan jadwal proyek.

Jalur kritis proyek terdiri dari aktivitas-aktivitas yang harus dipantau secara ketat untuk memastikan proyek berjalan sesuai jadwal tanpa penundaan. Aktivitas non-kritis lainnya bersifat mengambang, sehingga penundaan pada aktivitas ini tidak secara langsung mempengaruhi penyelesaian proyek.

Perbedaan Antara Metode Jalur Kritis (CPM) Dan Teknik Evaluasi dan Peninjauan Program (PERT)

Tabel 13. Perbedaan Dua Metode

Deskripsi	Metode	
	CPM	PERT
Kegunaan	Dalam metode ini, penggunaan waktu hanya menggunakan satu dugaan waktu	Dalam metode ini, penggunaan waktu menggunakan tiga dugaan waktu
Total Durasi	Berdasarkan hasil perhitungan dengan lintasan kritis yang didapat yaitu A-B-C-D-E-F-G-H-I, dengan total waktu 162 hari kerja.	Berdasarkan hasil perhitungan dengan lintasan kritis yang didapat yaitu A-B-C-D-E-F-G-H-I, dengan total waktu 598 hari kerja.
Tipe Aktivitas	Aktivitas dianggap bersifat probabilistik dan memiliki variabilitas yang tinggi.	Aktivitas dianggap deterministik dan memiliki durasi yang lebih pasti.
Penggunaan Sumber Daya	Tidak secara eksplisit mempertimbangkan alokasi sumber daya.	Mempertimbangkan sumber daya dan biaya proyek.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode PERT dan CPM merupakan alat bantu yang efektif dalam perencanaan dan pengendalian proyek. Metode PERT lebih cocok digunakan untuk proyek yang memiliki ketidakpastian yang tinggi karena mempertimbangkan tiga estimasi waktu (optimis, realistis, dan pesimis), sedangkan metode CPM lebih efektif digunakan untuk proyek dengan aktivitas yang memiliki waktu pasti dan biaya yang dapat dikelola dengan lebih presisi. Dari hasil perhitungan forward pass dan backward pass tersebut, jalur kritis proyek dapat diidentifikasi dengan jelas, sehingga manajer proyek dapat menentukan aktivitas-aktivitas yang harus diawasi secara ketat agar proyek selesai sesuai jadwal. Identifikasi jalur kritis ini juga membantu dalam alokasi sumber daya yang lebih efisien dan mitigasi risiko keterlambatan proyek.

Dengan demikian, penerapan metode PERT dan CPM dalam manajemen proyek dapat meningkatkan efisiensi waktu, Mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya serta meminimalkan risiko keterlambatan proyek. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah mengintegrasikan metode ini dengan

pendekatan manajemen risiko dan teknologi digital untuk meningkatkan akurasi perencanaan dan pengendalian proyek.

DAFTAR PUSTAKA (12pt, bold)

- Agusetiawan, A., & Lukmandono. (2023). Penentuan Jadwal dan Biaya Efektif Melalui Integrasi Metode CPM (Critical Path Metode) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique) Pada CV. Pemuda Karya Persada Surabaya. *Itats* , 1-14.
- Aji, B. S., Bhirawa, W. T., & Yulianto, D. (2022). Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Kantor Cabang PT. VMF Serang Dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT. *Jurnal Teknik Industri* , 11 (1), 1-17.
- Astari, Subagyo & Kusnadi. (2021). Perencanaan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Jurnal Konstruksia* , 13 (1), 164-180.
- Daud, M. (2024). Penerapan Manajemen Proyek dengan Metode CPM dan PERT pada Pembangunan Gedung Operasi RSUD Dr. H. Kumpulan Pane Kota Tebing Tinggi . *Jurnal Arti* , 19 (2), 88-97.
- Dewi, H. R., Maksum, A. H., & Rachmat, M. T. (2023). eningkatan Efektivitas dan Efisiensi Sumber Daya dengan Perencanaan Manajemen Proyek Menggunakan Metode CPM dan PERT di PT. Anugrah Damai Mandiri. *Jurnal Serambi Engineering* , VIII (2), 5056-5065.
- Hendriyani, I., Kencanawati, M., & Darmawan, M. V. (2023). Penerapan Metode CPM dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Pemasangan Pipa di Perumahan

- Graha Wiyata Asri Balikpapan. *Jurnal Transukam* , 5 (3), 236-242.
- Hidayanto, F. (2023). Mengoptimalkan Pelaksanaan Proyek Instalasi Gas Medis Dengan CPM dan PERT di RS Hastien Rengasdengklok. *Industrikrisna* , 12 (2), 1-15.
- Husna, Ilmiyah & Resti (2022). Implementasi CPM dan PERT dalam Memprediksi Durasi serta Biaya Pembangunan Musala Al-Ikhlas di Kotawaringin Barat . *Journal Focus Action of Research Mathematic* , 5 (1), 97-109.
- Ibrahim & Murnawan (2024). Perencanaan Proyek Pemasangan Jalur Pipa Angin dan Kompresor pada beberapa Mesin Produksi di PT X . *Jutin* , 7 (2), 1157-1164.
- Jasman, Z. F. (2021). Penerapan Analisa Manajemen Waktu Dengan Metode CPM dan PERT Pada Proyek Pembangunan Pukesmas LOA Pari di Kecamatan Tenggaraong. *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil* , 1-17.
- Lamjaya, P., & Butarbutar, F. (2022). Optimalisasi Proyek Instalasi Gas Medis Dengan Menggunakan Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation And Review Technique (PERT) di RSIA Asih Jakarta Selatan. *Teknokris* , 25 (2), 41-49.
- Leimena, I. M., & Fahmi. (2024). Accelerate Time Using the Critical Path Method (CPM) and Project Evaluation and Review Technique (PERT) methods in the Buin Batu School Swimming Pool Pipe and Pump Machine Installation Project . *Jitter* , 11 (1), 55-64.
- Lubis, A. M., Suhendar, E., & Suharmanto, P. (2021). Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jalan Tol Becakayu Seksi 1BC Dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal* , 3 (2), 75-89.
- Marwan, A., Anderson, G., Tamalika, T., Maryadi, D., & Ardaysi, M. (2024). Optimasi Waktu Pelaksanaan Pada Manajemen Proyek Pembangunan Gedung Poltekkes Jurusan Farmasi Tahap 1 Dengan Metode CPM dan PERT. *Jietri* , 2 (01), 21-26.
- Padhil, A., Anwari, M. S., Mail, A., P, A. D., & Hafid, M. F. (2022). Evaluasi Penjadwalan Proyek Kapal Penyeberangan RO-RO 500 GT Melalui Pendekatan Metode CPM dan PERT Studi Kasus PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa Industri* , 4 (2\), 80-87.
- Rabbani, R. M. (2024). Penerapan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM Dan PERT Pada Proyek Pembangunan Perumahan Permata Nusa Indah . *Prosiding Seminar Nasional Teknik UBJ* , 1-11.
- Rembulan, G. D., & Yuhao, S. (2023). Penerapan Metode CPM dan PERT Pada Proyek Konstruksi Gereja Kemah Tabernake PIK 2 Jakarta Utara. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering* , 7 (2), 147-160.
- Sofiah, R., & Siswoyo. (2024). Optimalisasi Waktu Pada Pelaksanaan Proyek Gedung Dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi* , 12 (1), 023-028.
- Sutrisno, Pramudya & Listyanto (2023). Penerapan Metode CPM dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Pembangunan Masjid dan Asrama Yatim Piatu Barokah Amanah Mustaqbal. *Jurnal Serambi Engineering* , VIII (2), 5390-5400.
- Wiranda, F. I., & Murnawan, H. (2024). Manajemen Proyek Pengerjaan Pipa Air pada PT. X Menggunakan Metode CPM dan PERT . *Jutin* , 7 (2), 1139-1146.