

PENERAPAN *CRITICAL PATH METHOD* DALAM PENGENDALIAN WAKTU PROYEK KONSTRUKSI TANGGUL PELABUHAN SUNDA KELAPA

Samsul Muarif^{1*}, Denny Magni Sundara², Arnoldus Jean Cornelis³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Jl. Sunter Permai Raya No.1, RT.11/RW.6, Sunter Agung, Kecamatan Tanjung Priok, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14350.

*Email: muarifsamsul654@gmail.com

Abstrak

Proyek konstruksi tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa memerlukan manajemen waktu yang efektif untuk menghindari keterlambatan pada struktur pekerjaan yang kompleks. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan Critical Path Method (CPM) dalam pengendalian waktu proyek serta mengidentifikasi lintasan kritis dan durasi optimal penyelesaian. Menggunakan pendekatan kuantitatif, penelitian ini mengolah data aktivitas dan hubungan ketergantungan melalui metode analisis jaringan kerja (network planning). Analisis dilakukan dengan membandingkan perhitungan manual berbasis hubungan Finish to Start (FS) terhadap hasil perangkat lunak Microsoft Project yang mengombinasikan hubungan FS dan Start to Start (SS). Hasil penelitian mengungkapkan bahwa perhitungan manual secara serial menghasilkan estimasi durasi sebesar 1.078 hari. Namun, melalui penerapan overlapping pekerjaan dengan hubungan SS, durasi proyek dapat dioptimalkan secara signifikan menjadi sekitar 210 hari. Temuan ini menegaskan bahwa struktur hubungan antaraktivitas berpengaruh krusial terhadap total durasi proyek. Selain itu, analisis total float mengidentifikasi bahwa mayoritas aktivitas struktur berada pada lintasan kritis, sehingga memerlukan pengawasan ketat. Kesimpulannya, metode CPM terbukti efektif sebagai instrumen analisis dan pengendalian waktu konstruksi. Keberhasilan efisiensi waktu tidak hanya bergantung pada durasi individu setiap aktivitas, melainkan pada perancangan jaringan kerja yang strategis dan tepat guna.

Kata kunci: Critical Path Method, Lintasan kritis, Network Planning, Pengendalian Waktu, Proyek Konstruksi Tanggul

Abstract

The construction project of the Sunda Kelapa Port seawall requires effective time control to prevent delays. Schedule control is crucial, particularly in structural works that involve complex activity dependencies. This study aims to analyze the application of the Critical Path Method (CPM) in project time control and to identify the critical path and the optimal project duration. The research employs a quantitative approach using network planning analysis based on activity data, work durations, and dependency relationships from project documents. Calculations were performed manually using Finish to Start (FS) relationships and then compared with results from Microsoft Project, which applied a combination of Finish to Start (FS) and Start to Start (SS) relationships. The results indicate that the manual serial approach produces a duration of 1,078 days. However, based on the actual network planning implementing overlapping activities through Start to Start (SS) relationships, the duration can be compressed to approximately 210 days. This difference demonstrates that the structure of activity dependency has a significant influence on the total duration. The total float analysis shows that most structural activities lie on the critical path, requiring strict monitoring. Based on these findings, CPM is effective for analyzing and controlling construction project time.

Keywords: Critical Path Method, Critical Path, Network Planning, Seawall Construction Project

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Sunda Kelapa merupakan salah satu pelabuhan rakyat tertua di Indonesia yang hingga saat ini masih berfungsi sebagai simpul penting dalam aktivitas pelayaran tradisional, distribusi barang antarpulau, serta konektivitas wilayah pesisir di Jakarta Utara. Keberadaan pelabuhan ini tidak hanya memiliki nilai historis dan ekonomi, tetapi juga berperan strategis dalam mendukung sistem logistik regional. Namun demikian, lokasi pelabuhan yang berada langsung di

kawasan pesisir menjadikannya sangat rentan terhadap dinamika lingkungan laut, seperti pasang surut, gelombang, abrasi, dan kenaikan muka air laut. Tekanan lingkungan yang terjadi di wilayah pesisir Jakarta Utara, terutama akibat kombinasi antara kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah, telah meningkatkan risiko genangan, degradasi kawasan pesisir, serta kerusakan infrastruktur pelabuhan. Kondisi ini menuntut adanya upaya mitigasi yang efektif guna menjaga keberlanjutan fungsi pelabuhan serta melindungi fasilitas pendukungnya dari dampak hidrodinamika laut yang semakin kompleks.

Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah pembangunan struktur proteksi pantai berupa tanggul laut. Pembangunan tanggul dinilai efektif dalam mengurangi risiko banjir rob serta melindungi kawasan pesisir dari kerusakan akibat pengaruh hidrodinamika laut (Indrasari, 2020). Oleh karena itu, pembangunan tanggul di kawasan Pelabuhan Sunda Kelapa menjadi kebutuhan yang mendesak guna menjaga stabilitas operasional pelabuhan. Namun demikian, proyek pembangunan tanggul termasuk dalam kategori proyek konstruksi pesisir yang memiliki tingkat kompleksitas dan risiko tinggi karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang dinamis.

Karakteristik proyek konstruksi pesisir meliputi kondisi tanah lunak, fluktuasi pasang surut, keterbatasan waktu kerja, serta ketergantungan terhadap kondisi cuaca. Faktor-faktor tersebut menyebabkan ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek, khususnya dalam aspek durasi dan biaya. Ketidakpastian kondisi tanah dan variabilitas pasang surut menjadi faktor dominan yang memengaruhi perubahan jadwal serta menurunnya produktivitas pekerjaan, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan penyelesaian proyek (Perwiranegara et al., 2024).

Keterlambatan dalam proyek konstruksi tanggul tidak hanya berdampak pada pembengkakan biaya, tetapi juga dapat mengganggu aktivitas operasional pelabuhan, meningkatkan risiko kerusakan fasilitas akibat gelombang, serta memperbesar potensi banjir rob saat pasang tinggi. Oleh karena itu, pengendalian waktu proyek menjadi aspek yang sangat penting dan harus direncanakan secara sistematis sejak tahap awal pelaksanaan proyek. Dalam konteks tersebut, manajemen konstruksi berperan sebagai proses penerapan fungsi-fungsi manajemen yang meliputi perencanaan, pengorganisasian, penempatan tenaga kerja, pengarahan, serta pengendalian untuk mencapai tujuan proyek secara efektif dan efisien (Sholahuddin & Yedea Nur, 2024). Keberhasilan proyek sangat ditentukan oleh kemampuan dalam mengelola sumber daya serta menyusun perencanaan yang matang.

Salah satu aspek utama dalam manajemen konstruksi adalah penjadwalan proyek. Penjadwalan merupakan parameter penting dalam menentukan keberhasilan proyek karena berkaitan dengan pengaturan waktu, urutan pekerjaan, serta hubungan antar aktivitas (Nukuhehe et al., 2025). Penjadwalan yang baik memungkinkan penentuan waktu mulai dan selesai setiap aktivitas secara jelas, sehingga memudahkan proses pengendalian proyek. Selain itu, penjadwalan juga berfungsi sebagai alat monitoring dan evaluasi terhadap kemajuan proyek. Melalui penjadwalan, penggunaan sumber daya seperti tenaga kerja, material, dan peralatan dapat direncanakan secara lebih efektif dan efisien, sehingga pelaksanaan proyek dapat berjalan sesuai dengan target yang telah ditetapkan (Wilar et al., 2025).

Dalam proses perencanaan proyek, diperlukan suatu pendekatan yang mampu menggambarkan hubungan antar aktivitas secara sistematis. *Network planning* digunakan sebagai alat bantu untuk menyusun jadwal serta memantau perkembangan pelaksanaan proyek secara menyeluruh (Aprilia, Rolangon et al., 2024). Pendekatan ini memungkinkan setiap aktivitas dalam proyek dapat diidentifikasi keterkaitannya secara jelas. Selain *network planning*, kurva S juga digunakan sebagai alat untuk menggambarkan kemajuan proyek berdasarkan waktu pelaksanaan dan bobot pekerjaan. Kurva ini memberikan informasi mengenai perbandingan antara rencana dan realisasi pekerjaan sehingga dapat diketahui apakah terjadi keterlambatan atau percepatan dalam pelaksanaan proyek (Sinurat & Misdalena, 2024). Selain itu, kurva S juga berfungsi sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait pengendalian proyek (Sulistia & Agustina, 2023).

Dalam praktik penjadwalan proyek konstruksi, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan, seperti Bar Chart, PERT, dan *Critical Path Method* (CPM). Metode CPM memiliki keunggulan dalam mengidentifikasi lintasan kritis yang menentukan durasi total proyek. Aktivitas pada lintasan kritis tidak memiliki kelonggaran waktu, sehingga setiap keterlambatan akan berdampak langsung terhadap keseluruhan proyek (Azmi et al., 2025). Penerapan CPM diawali dengan penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS) yang bertujuan untuk menguraikan pekerjaan

proyek menjadi bagian yang lebih terstruktur (Rembulan & Yuhao, 2023). Selanjutnya, disusun jaringan kerja proyek untuk menggambarkan hubungan antar aktivitas secara logis sehingga memudahkan analisis waktu pelaksanaan (Hidayat & Ramadhany, 2021).

Melalui perhitungan maju dan mundur, CPM mampu menentukan waktu mulai dan selesai setiap aktivitas serta mengidentifikasi nilai float sebagai indikator kelonggaran waktu. Aktivitas dengan nilai float nol merupakan aktivitas kritis yang menentukan durasi proyek secara keseluruhan (Ningtyas et al., 2025). Dalam pengendalian proyek, CPM berperan sebagai alat yang membantu manajer proyek dalam memfokuskan perhatian pada aktivitas kritis. Dengan demikian, potensi keterlambatan dapat diantisipasi lebih awal melalui tindakan korektif seperti percepatan pekerjaan atau penyesuaian sumber daya (Hanok Mandaku et al., 2024). Pendekatan ini juga mendukung proses evaluasi terhadap kinerja waktu proyek agar tetap sesuai dengan perencanaan (Syahputra et al., 2024).

Penelitian lain menunjukkan bahwa CPM mampu mengidentifikasi aktivitas kritis dan non-kritis secara sistematis serta memberikan dasar yang jelas dalam pengendalian waktu proyek (Ro'mah et al., 2024). Selain itu, penerapan CPM juga dapat menghasilkan durasi proyek yang lebih efisien dan realistis sebagai dasar perencanaan (Rabbani et al., 2024). Dalam konteks proyek infrastruktur, CPM dinilai relevan karena mampu menggambarkan keterkaitan antar aktivitas serta membantu mitigasi keterlambatan melalui pemanfaatan float dan penjadwalan ulang (Lotfi et al., 2022). Hal ini menjadikan CPM sebagai metode yang efektif dalam meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek konstruksi (Bhikhubhai Panchal, 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *Critical Path Method* (CPM) dalam penyusunan jaringan kerja proyek konstruksi tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa guna menentukan lintasan kritis dan durasi optimal proyek. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi peran CPM dalam pengendalian waktu proyek agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lebih efisien dan tepat waktu.

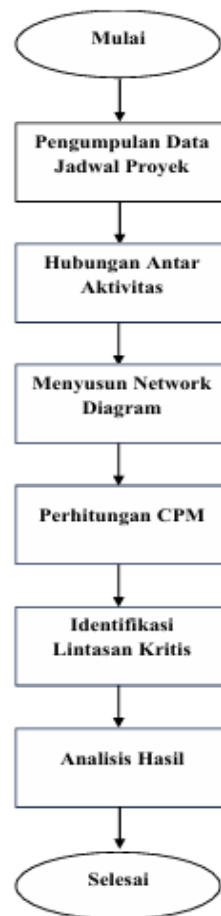
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa di Jakarta Utara selama periode Oktober hingga Januari 2026, dengan memanfaatkan data lapangan dan dokumen proyek yang masih aktual. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dengan jenis deskriptif kuantitatif, karena analisis difokuskan pada data numerik berupa durasi aktivitas pekerjaan yang diolah menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Hasil analisis disajikan secara objektif dalam bentuk durasi proyek, nilai total float, dan lintasan kritis, tanpa melakukan pengujian hipotesis, serta bertujuan memberikan gambaran sistematis dan solusi praktis dalam pengendalian waktu proyek (Sekarayu et al., 2022).

Variabel penelitian meliputi durasi aktivitas, hubungan ketergantungan antar aktivitas, waktu mulai dan selesai (ES, EF, LS, LF), nilai float, serta lintasan kritis sebagai penentu durasi proyek. Data yang digunakan terdiri dari data primer berupa *Work Breakdown Structure* (WBS) dan data sekunder dari dokumen proyek serta observasi lapangan. Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data jadwal proyek, identifikasi hubungan ketergantungan, penyusunan *network diagram*, hingga perhitungan CPM melalui *forward pass* dan *backward pass* untuk menentukan lintasan kritis dan durasi optimal proyek.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dengan tahapan yang meliputi identifikasi aktivitas dan durasi pekerjaan, penentuan hubungan ketergantungan antar aktivitas, serta penyusunan jaringan kerja proyek. Selanjutnya dilakukan perhitungan *forward pass* untuk memperoleh nilai *Early Start* (ES) dan *Early Finish* (EF), serta *backward pass* untuk memperoleh nilai *Late Start* (LS) dan *Late Finish* (LF). Berdasarkan hasil tersebut dihitung nilai *total float* dan *free float* untuk setiap aktivitas guna mengidentifikasi lintasan kritis proyek. Hasil analisis kemudian digunakan untuk menentukan durasi optimal penyelesaian proyek serta menyusun rekomendasi strategi percepatan waktu berdasarkan aktivitas kritis yang berpotensi mengalami kendala, sehingga pengendalian waktu proyek dapat dilakukan secara lebih efektif dan sesuai dengan target yang telah direncanakan.

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini menggambarkan tahapan penerapan *Critical Path Method* (CPM) dalam pengendalian waktu proyek konstruksi tanggul yang diawali dengan penetapan tujuan dan ruang lingkup analisis waktu proyek. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data jadwal proyek yang meliputi daftar aktivitas pekerjaan, durasi masing-masing aktivitas, serta urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan dokumen perencanaan dan pelaksanaan. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menentukan hubungan ketergantungan antar aktivitas sehingga diperoleh urutan logis pelaksanaan pekerjaan. Berdasarkan hubungan tersebut disusun *network diagram* sebagai representasi jaringan kerja proyek yang menjadi dasar perhitungan CPM, meliputi penentuan waktu mulai paling awal, waktu selesai paling awal, waktu mulai paling akhir, waktu selesai paling akhir, serta nilai kelonggaran waktu (float). Hasil perhitungan ini digunakan untuk mengidentifikasi lintasan kritis yang memiliki nilai float nol dan berpengaruh langsung terhadap durasi total proyek, kemudian dilanjutkan dengan analisis untuk mengevaluasi efektivitas pengendalian waktu serta mengidentifikasi potensi keterlambatan. Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pengendalian waktu proyek konstruksi tanggul.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis struktur penjadwalan proyek konstruksi tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa berdasarkan data *Work Breakdown Structure* (WBS) dan *network planning* yang disusun oleh kontraktor sebagai rencana awal pelaksanaan proyek, yang kemudian dievaluasi menggunakan *Critical Path Method* (CPM). WBS proyek terdiri dari empat kelompok pekerjaan utama, yaitu pekerjaan persiapan, bongkaran, struktur, dan tangga tanggul, yang masing-masing dijabarkan menjadi aktivitas operasional dengan durasi dan hubungan ketergantungan tertentu. Tahap awal

analisis dilakukan melalui identifikasi seluruh aktivitas berdasarkan WBS untuk memastikan ruang lingkup pekerjaan terakomodasi secara sistematis, kemudian dilanjutkan dengan penentuan durasi aktivitas yang mengacu pada network planning serta disesuaikan dengan kurva S rencana agar mencerminkan kondisi perencanaan yang realistis. Hasil identifikasi aktivitas dan durasi ini menjadi dasar utama dalam analisis CPM untuk menentukan lintasan kritis dan durasi logis proyek, sekaligus mengevaluasi implikasi pengendalian waktu. Struktur jaringan kerja proyek didominasi oleh hubungan *Finish to Start* (FS) dengan sedikit hubungan *Start to Start* (SS), yang menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas hanya dapat dimulai setelah aktivitas sebelumnya selesai, sehingga pola penjadwalan cenderung linear dan konservatif. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan pekerjaan paralel, ketergantungan berantai pada pekerjaan utama, serta minimnya fleksibilitas, yang pada akhirnya meningkatkan sensitivitas proyek terhadap gangguan dan berpotensi memperpanjang durasi total proyek.

Tabel 1. Work Breakdown Structure

No.	Uraian Pekerjaan
1	PEKERJAAN PERSIAPAN
2	Mobilisasi dan Demobilisasi
3	Staking Out
4	Sewa peralatan dan Listrik kerja
5	Sewa peralatan dan Air kerja
6	Perlengkapan Keamanan dan keselamatan kerja (SMK3L), dan verifikasi TKDN
7	Sewa kantor dan perlengkapan
8	Pagar Proyek, seng gelombang, H=1,8 m
9	PEKERJAAN BONGKARAN
10	Pekerjaan Bongkaran Beton bertulang Eksisting + pembuangan ke luar lokasi
11	Pekerjaan Galian Padat
12	Pekerjaan Pemindahan Geobag
13	Pekerjaan Pengembalian Posisi Geobag
14	Pekerjaan Pre-Boring
15	PEKERJAAN STRUKTUR
16	Pengadaan Tiang pancang Segiempat 25x25cm
17	Pengangkatan dan Pemancangan Tiang pancang Segiempat
18	Penyambungan tiang pancang segiempat 25x25cm
19	Pemotongan kepala tiang pancang segiempat 25x25cm
20	Beton bertulang Fc' 30 Mpa untuk Pilecap
21	Beton bertulang Fc' 30 Mpa dinding Tanggul type 1
22	Beton bertulang Fc' 30 Mpa dinding Tanggul type 2
23	Beton bertulang Fc' 30 Mpa dinding Tanggul type 3
24	Beton bertulang Fc' 30 Mpa Plat Sirip Tanggul type 1
25	Beton bertulang Fc' 30 Mpa Plat Sirip Tanggul type 2
26	Beton bertulang Fc' 30 Mpa Plat Sirip Tanggul type 3
27	Beton Bertulang Fc' 30 Mpa Sloof Tanggul Tipe 1
28	Beton Bertulang Fc' 30 Mpa Sloof Tanggul Tipe 2
29	Beton Bertulang Fc' 30 Mpa Sloof Tanggul Tipe 3
30	Pekerjaan isian Beton Fc' 20 Mpa
31	Beton Bertulang Fc' 20 Mpa Kanstin Tanggul type 1
32	Beton Bertulang Fc' 20 Mpa Kanstin Tanggul type 2
33	Beton Bertulang Fc' 20 Mpa Kanstin Tanggul type 3
34	PEKERJAAN TANGGA TANGGUL
35	Pekerjaan Galian Padat
36	Pengecoran Lantai Kerja
37	Urugan dengan Tanah Pilihan
38	Pasangan Bata
39	Plesteran
40	Pengecoran Beton

Dalam penelitian ini, *Work Breakdown Structure* (WBS) yang awalnya disusun secara rinci hingga level operasional kemudian diagregasi menjadi paket pekerjaan utama dalam analisis *Critical Path Method* (CPM) untuk menyederhanakan jaringan kerja tanpa menghilangkan hubungan ketergantungan yang bersifat kritis. Pendekatan ini menjaga konsistensi antara WBS, schedule proyek, dan analisis CPM melalui pemetaan aktivitas, sehingga seluruh aktivitas tetap merepresentasikan kondisi pekerjaan yang sebenarnya. Selanjutnya, setelah aktivitas dan durasi ditentukan, dilakukan penentuan hubungan ketergantungan antar aktivitas berdasarkan *network planning* dan karakteristik teknis proyek, sehingga terbentuk urutan kerja yang logis dan jaringan kerja yang mampu menggambarkan alur pelaksanaan proyek secara sistematis dan realistis.

Tabel 2. Mapping aktivitas WBS

No	Uraian Aktivitas Detail	Kode	Aktivitas Agregat
1	Mobilisasi alat	A	Persiapan Proyek
2	Mobilisasi tenaga kerja	A	Persiapan Proyek
3	Pembersihan lahan	A	Persiapan Proyek
4	Pengukuran dan setting out	A	Persiapan Proyek
5	Pengadaan material utama	B	Pengadaan Material
6	Pengadaan material pendukung	B	Pengadaan Material
7	Transportasi material	B	Pengadaan Material
8	Penyimpanan material	B	Pengadaan Material
9	Galian tanah	C	Pekerjaan Tanah
10	Pembuangan tanah	C	Pekerjaan Tanah
11	Perataan tanah	C	Pekerjaan Tanah
12	Pemadatan tanah	C	Pekerjaan Tanah
13	Pekerjaan pondasi awal	D	Pekerjaan Pondasi
14	Pembesian pondasi	D	Pekerjaan Pondasi
15	Pengecoran pondasi	D	Pekerjaan Pondasi
16	Curing beton pondasi	D	Pekerjaan Pondasi
17	Pekerjaan struktur bawah	E	Struktur Bawah
18	Pemasangan bekisting	E	Struktur Bawah
19	Pembesian struktur bawah	E	Struktur Bawah
20	Pengecoran struktur bawah	E	Struktur Bawah
21	Pekerjaan struktur atas	F	Struktur Atas
22	Pemasangan bekisting atas	F	Struktur Atas
23	Pembesian struktur atas	F	Struktur Atas
24	Pengecoran struktur atas	F	Struktur Atas
25	Pekerjaan dinding	G	Pekerjaan Arsitektur
26	Pemasangan bata/beton ringan	G	Pekerjaan Arsitektur
27	Plesteran dan acian	G	Pekerjaan Arsitektur
28	Pekerjaan lantai	H	Pekerjaan Lantai
29	Pemasangan keramik	H	Pekerjaan Lantai
30	Finishing lantai	H	Pekerjaan Lantai
31	Pekerjaan atap	I	Pekerjaan Atap
32	Rangka atap	I	Pekerjaan Atap
33	Penutup atap	I	Pekerjaan Atap
34	Instalasi listrik	J	Pekerjaan MEP
35	Instalasi air bersih	J	Pekerjaan MEP
36	Instalasi drainase	J	Pekerjaan MEP
37	Pengecatan	K	Pekerjaan Finishing
38	Finishing interior	K	Pekerjaan Finishing
39	Pembersihan akhir	L	Pekerjaan Akhir
40	Demobilisasi	M	Penutupan Proyek

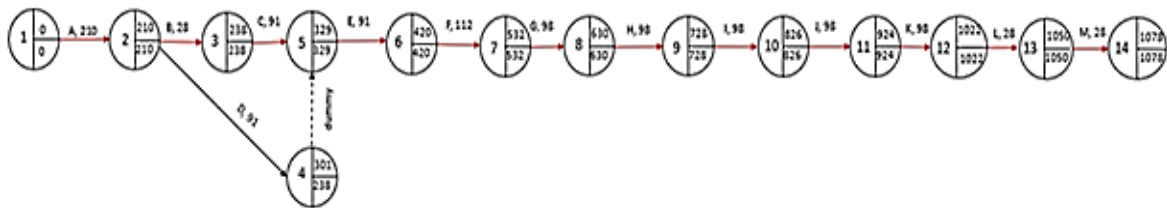
Pada Tabel 2. menunjukkan keterkaitan antara WBS rinci Tabel 1. dan WBS teragregasi Tabel 2. Setiap aktivitas agregat (kode A–M) merupakan hasil pengelompokan beberapa item pekerjaan berdasarkan kesamaan jenis pekerjaan, tahapan pelaksanaan, dan hubungan logis dalam *network planning*. Penyusunan matriks ini bertujuan untuk meningkatkan transparansi dan

traceability dalam proses transformasi WBS, sehingga pembaca dapat dengan jelas menelusuri asal-usul setiap aktivitas dalam analisis CPM.

Tabel 3. Hubungan Antar Aktivitas

Kode	Aktivitas	Predecessor	Durasi (hari)
A	Pekerjaan Persiapan	-	210
B	Galian Padat	A (FS)	28
C	Pengadaan Tiang Pancang	B (FS)	91
D	Pre-Boring	B (SS)	91
E	Pemancangan Tiang	C,D (FS)	91
F	Pilecap	E (FS)	112
G	Sloof	F (FS)	98
H	Dinding Tanggul	G (FS)	98
I	Plat Sirip	H (FS)	98
J	Isian Beton	I (FS)	98
K	Kanstin	J (FS)	98
L	Tangga Tanggul	K (FS)	28
M	Pengecoran Akhir	L (FS)	28

Berdasarkan hasil identifikasi aktivitas, durasi, dan hubungan ketergantungan, selanjutnya disusun jaringan kerja proyek (*network planning*) yang menggambarkan hubungan antar aktivitas dari awal hingga akhir proyek dalam bentuk diagram jaringan. Jaringan kerja ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur pelaksanaan proyek serta posisi masing-masing aktivitas dalam keseluruhan rangkaian pekerjaan, sehingga menjadi dasar utama dalam analisis *Critical Path Method* (CPM) untuk menentukan lintasan kritis dan durasi proyek.



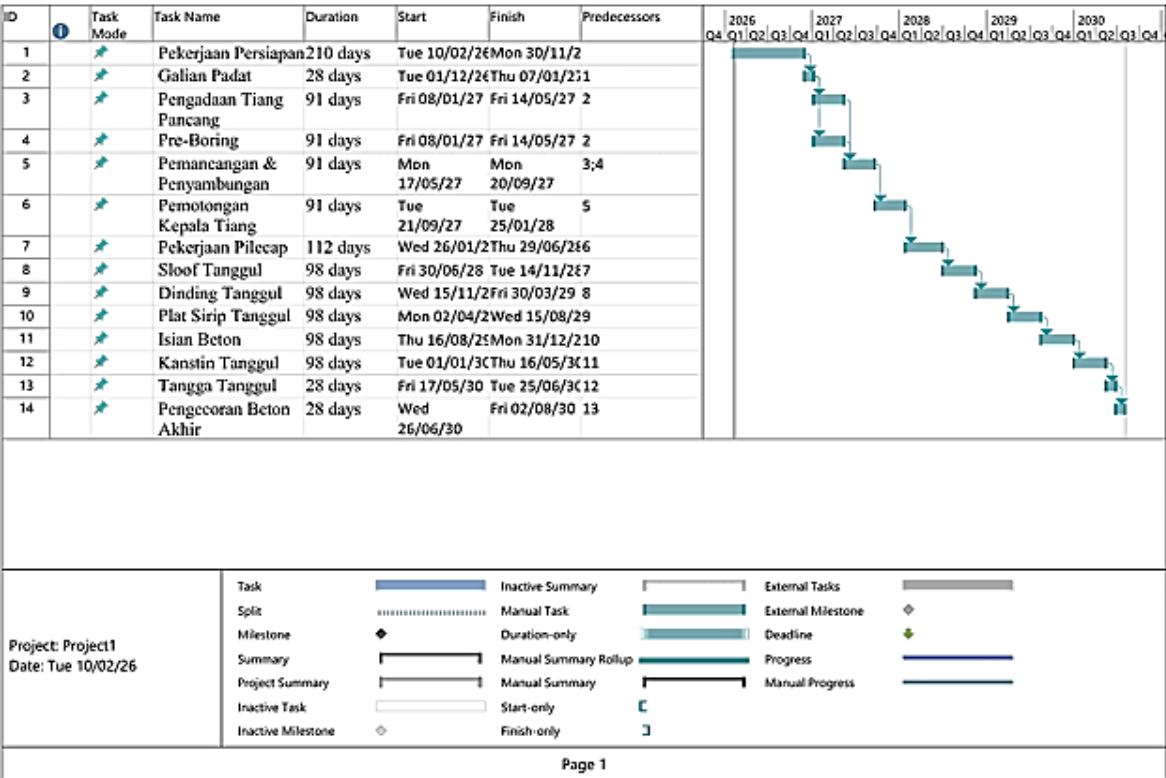
Gambar 2. Network Diagram Finish to Start

Analisis Forward Pass dilakukan untuk menentukan waktu mulai paling awal (*Earliest Start/ES*) dan waktu selesai paling awal (*Earliest Finish/EF*) setiap aktivitas dengan perhitungan yang dimulai dari aktivitas awal proyek dan dilanjutkan sesuai urutan jaringan kerja. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi penyelesaian proyek sangat dipengaruhi oleh aktivitas dengan durasi panjang dan ketergantungan kompleks, sementara nilai ES dan EF menggambarkan jadwal tercepat yang dapat dicapai apabila seluruh aktivitas berjalan tanpa hambatan.

Tabel 4. Perhitungan Forward Pass

Kode	Durasi	ES	EF
A	210	0	210
B	28	210	238
C	91	238	329
D	91	210	301
E	91	329	420
F	112	420	532
G	98	532	630
H	98	630	728
I	98	728	826
J	98	826	924
K	98	924	1022
L	28	1022	1050
M	28	1050	1078

Perhitungan *forward pass* dilakukan untuk menentukan waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dan diselesaikan. Dimana dapat dilihat bahwa Durasi logis jaringan kerja dihasilkan sebesar 1078 hari.



Gambar 3. Gantt Chart Finish To Start

Analisis *Backward Pass* dilakukan untuk menentukan waktu mulai paling lambat (*Latest Start/LS*) dan waktu selesai paling lambat (*Latest Finish/LF*) setiap aktivitas tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Perhitungan dilakukan dari aktivitas akhir menuju aktivitas awal proyek, sehingga diperoleh informasi mengenai batas toleransi waktu setiap aktivitas yang selanjutnya menjadi dasar dalam penentuan kelonggaran waktu (*float*).

Tabel 5. Perhitungan Backward Pass

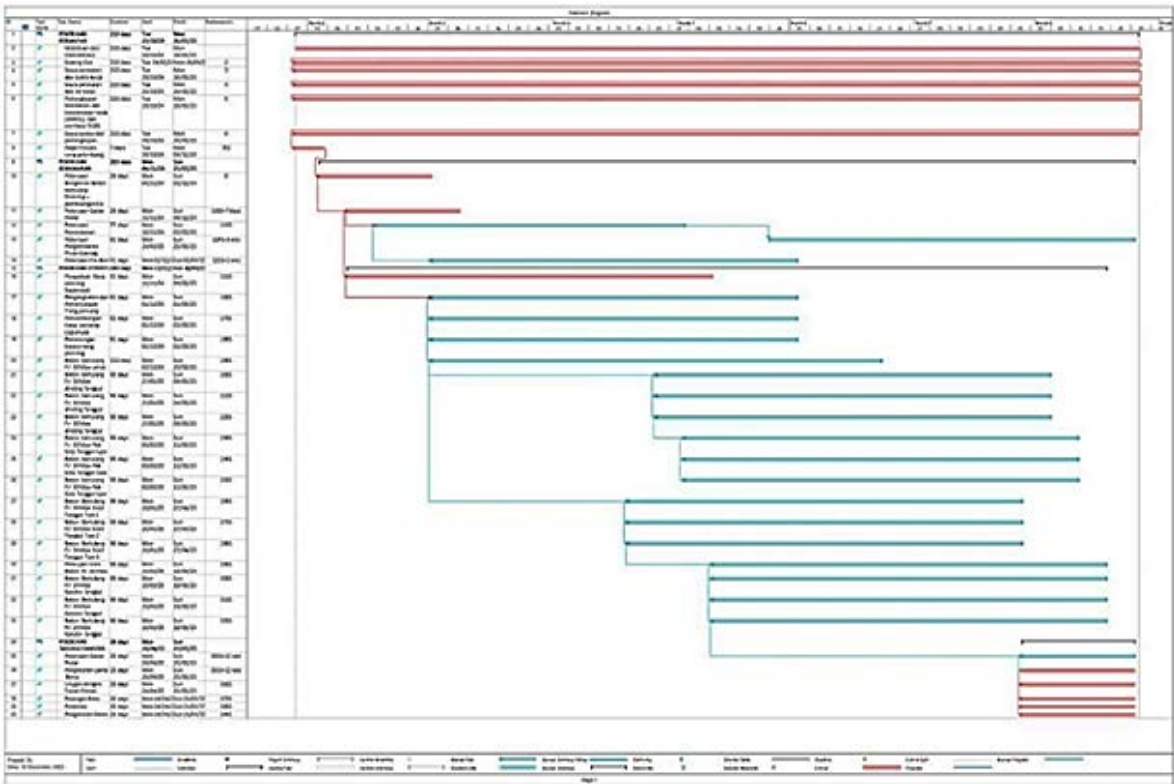
Kode	Durasi	LS	LF
M	28	1050	1078
L	28	1022	1050
K	98	924	1022
J	98	826	924
I	98	728	826
H	98	630	728
G	98	532	630
F	112	420	532
E	91	329	420
C	91	238	329
D	91	238	329
B	28	210	238
A	210	0	210

Analisis float dan penentuan lintasan kritis dilakukan berdasarkan hasil perhitungan *Forward Pass* dan *Backward Pass* dengan menghitung nilai *Total Float* (TF) dan *Free Float* (FF) untuk setiap aktivitas. Nilai float menunjukkan tingkat fleksibilitas waktu suatu aktivitas, di mana aktivitas dengan *total float* nol dikategorikan sebagai aktivitas kritis. Rangkaian aktivitas kritis ini membentuk lintasan kritis proyek yang secara langsung menentukan durasi penyelesaian proyek, sehingga setiap keterlambatan pada aktivitas tersebut akan berdampak langsung terhadap keterlambatan proyek secara keseluruhan dan memerlukan pengendalian yang lebih ketat.

Tabel 5. Perhitungan Total Float

Kode	Durasi	ES	EF	LS	LF	Total Float	Status
A	210	0	210	0	210	0	Kritis
B	28	210	238	210	238	0	Kritis
C	91	238	329	238	329	0	Kritis
D	91	210	301	238	329	28	Tidak Kritis
E	91	329	420	329	420	0	Kritis
F	112	420	532	420	532	0	Kritis
G	98	532	630	532	630	0	Kritis
H	98	630	728	630	728	0	Kritis
I	98	728	826	728	826	0	Kritis
J	98	826	924	826	924	0	Kritis
K	98	924	1022	924	1022	0	Kritis
L	28	1022	1050	1022	1050	0	Kritis
M	28	1050	1078	1050	1078	0	Kritis

Berdasarkan hasil perhitungan *forward pass* dan *backward pass*, diperoleh lintasan kritis proyek konstruksi tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa yaitu A–B–C–E–F–G–H–I–J–K–L–M dengan durasi total sebesar 1078 hari pada model serial, sementara aktivitas D memiliki *total float* 28 hari yang menunjukkan adanya fleksibilitas tanpa memengaruhi penyelesaian proyek. Dominasi hubungan *Finish to Start* (FS) secara berantai menyebabkan sebagian besar aktivitas menjadi kritis dan durasi proyek menjadi panjang karena tidak adanya pekerjaan paralel. Berbeda dengan hasil tersebut, penerapan CPM menggunakan *Microsoft Project* menunjukkan struktur jaringan kerja yang lebih dinamis dengan durasi proyek sekitar 210 hari melalui penggunaan hubungan *Start to Start* (SS), *lag time*, serta pelaksanaan aktivitas secara paralel (*overlapping*). Pendekatan ini merupakan bentuk strategi percepatan (*fast tracking*) yang memungkinkan optimalisasi hubungan antar aktivitas tanpa mengubah durasi masing-masing pekerjaan, sehingga secara signifikan mampu menekan durasi total proyek.



Gambar 3. Gantt Chart Start To Start

Perbandingan antara hasil perhitungan CPM secara manual dan penerapan CPM menggunakan *Microsoft Project* dilakukan untuk memperjelas perbedaan dalam struktur jaringan kerja, logika ketergantungan aktivitas, serta durasi total proyek. Perbandingan ini disajikan secara sistematis guna memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas masing-masing pendekatan dalam pengendalian waktu proyek.

Tabel 6. Perbandingan CPM Manual Dan *Microsoft Project*

No	Aspek yang Dibandingkan	CPM Manual	Microsoft Project	Analisis Perbedaan
1	Metode Perhitungan	<i>Forward & Backward Pass</i> secara manual	Perhitungan otomatis berbasis CPM	Prinsip sama, sistem komputasi berbeda
2	Jenis Hubungan Dominan	<i>Finish to Start (FS)</i>	<i>Start to Start (SS) + Lag</i>	<i>MS Project</i> menggunakan <i>overlapping</i>
3	Pola Pelaksanaan	Serial (berurutan)	Paralel (tumpang tindih)	Perbedaan struktur logika
4	Durasi Total Proyek	1078 hari	±210 hari	Perbedaan akibat <i>dependency logic</i>
5	Jumlah Aktivitas Kritis	Hampir seluruh aktivitas struktur	Lebih selektif dan dinamis	Distribusi float berbeda
6	Total Float	Mayoritas 0 (kritis)	Tersebar pada beberapa aktivitas	<i>MS Project</i> lebih fleksibel
7	Strategi Penjadwalan	Konvensional	<i>Fast Tracking</i>	<i>MS Project</i> lebih optimal
8	Sensitivitas Keterlambatan	Tinggi karena serial	Tinggi karena kompleksitas paralel	Risiko berbeda karakter
9	Tingkat Realistik di Lapangan	Rendah (model teoritis)	Tinggi (implementasi aktual)	<i>MS Project</i> mencerminkan praktik konstruksi
10	Fungsi dalam Penelitian	Model analisis pembanding	Model implementasi aktual	Keduanya saling melengkapi

Secara keseluruhan, penerapan *Critical Path Method* (CPM) menunjukkan bahwa struktur jaringan kerja proyek konstruksi tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa didominasi oleh aktivitas kritis dengan fleksibilitas waktu terbatas, di mana pendekatan serial berbasis hubungan *Finish to Start* (FS) menghasilkan durasi proyek sebesar 1078 hari. Namun, melalui penerapan *Microsoft Project* dengan hubungan *Start to Start* (SS), *lag time*, dan metode kerja paralel (*fast tracking*), durasi proyek dapat dipersingkat menjadi sekitar 210 hari tanpa mengubah durasi masing-masing aktivitas, melainkan melalui optimalisasi hubungan antar pekerjaan. Peluang percepatan ini terutama terlihat pada aktivitas seperti pre-boring, pengadaan tiang pancang, dan pemancangan yang dapat dilakukan secara paralel melalui segmentasi area kerja, penambahan sumber daya, serta pengaturan distribusi pekerjaan. Meskipun demikian, penerapan *overlapping* meningkatkan sensitivitas jadwal terhadap gangguan, sehingga membutuhkan pengendalian yang lebih ketat melalui monitoring progres, koordinasi antar tim, serta pengawasan aktivitas kritis agar percepatan tidak menimbulkan risiko terhadap mutu dan keselamatan kerja.

Berdasarkan seluruh hasil analisis, diperoleh bahwa perhitungan *Critical Path Method* (CPM) secara manual dengan pendekatan *Finish to Start* (FS) menghasilkan durasi proyek hingga 1078 hari karena pola pelaksanaan yang bersifat linear dan tanpa pekerjaan paralel, sehingga sebagian besar aktivitas menjadi kritis. Sebaliknya, penerapan CPM menggunakan *Microsoft Project* menunjukkan bahwa dengan penggunaan hubungan *Start to Start* (SS), *lag time*, dan metode *overlapping*, durasi proyek dapat ditekan menjadi sekitar 210 hari melalui optimalisasi logika ketergantungan aktivitas tanpa mengubah durasi masing-masing pekerjaan. Perbandingan ini menegaskan bahwa lintasan kritis bersifat dinamis tergantung pada struktur jaringan kerja, di mana model paralel memberikan fleksibilitas lebih besar dibandingkan model serial. Meskipun strategi percepatan melalui *overlapping* terbukti efektif, pendekatan ini meningkatkan kompleksitas koordinasi dan sensitivitas terhadap gangguan sehingga membutuhkan pengendalian yang lebih ketat. Secara keseluruhan, CPM tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis lintasan kritis, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam pengendalian waktu proyek melalui penentuan prioritas aktivitas, optimalisasi sumber daya, serta evaluasi risiko keterlambatan secara sistematis dan terukur. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data perencanaan (*baseline schedule*) yang disusun menggunakan *Critical Path Method* (CPM), sehingga analisis pengendalian waktu yang dilakukan bersifat prospektif. Dalam hal ini, baseline CPM tidak hanya berfungsi sebagai alat penjadwalan, tetapi juga sebagai acuan dalam pengendalian waktu proyek secara konseptual dan operasional. Melalui identifikasi jalur kritis, setiap potensi keterlambatan pada aktivitas kritis dapat diprediksi akan berdampak langsung terhadap durasi total proyek. Oleh karena itu, baseline ini dapat digunakan untuk mensimulasikan proses monitoring dan pengendalian dengan cara membandingkan rencana terhadap kondisi yang diperkirakan terjadi di lapangan, mengidentifikasi potensi deviasi, serta merumuskan strategi mitigasi seperti percepatan (*crashing*), penambahan sumber daya, atau penyesuaian urutan pekerjaan. Dengan demikian, meskipun penelitian ini belum menggunakan data aktual proyek, hasil analisis CPM tetap mampu menunjukkan peran penting dalam pengendalian waktu proyek, khususnya sebagai alat prediksi risiko keterlambatan dan dasar pengambilan keputusan. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data aktual guna menguji efektivitas baseline CPM secara empiris dalam kondisi lapangan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Critical Path Method* (CPM) pada proyek konstruksi tanggul Pelabuhan Sunda Kelapa menunjukkan bahwa durasi proyek sangat dipengaruhi oleh struktur hubungan aktivitas dalam jaringan kerja. Perhitungan manual dengan pendekatan *Finish to Start* (FS) menghasilkan durasi proyek hingga 1078 hari karena pola pelaksanaan yang bersifat linear tanpa pekerjaan paralel, sedangkan penerapan *Microsoft Project* dengan hubungan *Start to Start* (SS) dan *lag time* memungkinkan *overlapping* aktivitas sehingga durasi proyek dapat dipersingkat menjadi sekitar 210 hari. Hal ini menegaskan bahwa perubahan logika ketergantungan aktivitas mampu meningkatkan efisiensi waktu tanpa mengubah lingkup pekerjaan. CPM terbukti efektif tidak hanya dalam mengidentifikasi lintasan kritis dan nilai float, tetapi juga sebagai alat strategis dalam pengendalian waktu proyek. Namun, penerapan strategi *overlapping* meskipun mampu mempercepat durasi, juga meningkatkan kompleksitas koordinasi dan sensitivitas terhadap gangguan, sehingga diperlukan pengendalian dan monitoring yang lebih ketat.

Oleh karena itu, disarankan agar penyusunan *network planning* mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi dan kompleksitas, melakukan monitoring aktivitas kritis secara berkala, serta mengembangkan analisis lanjutan seperti *time-cost trade off*, integrasi dengan analisis risiko, dan evaluasi berkala antara hasil perangkat lunak dengan kondisi aktual di lapangan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diposisikan sebagai baseline perencanaan yang dapat digunakan sebagai acuan awal dalam pengendalian waktu proyek. Untuk meningkatkan akurasi dan aplikabilitas hasil, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis *Time-Cost Trade Off (TCTO)* guna mengevaluasi skenario percepatan yang realistis, serta mengintegrasikan analisis risiko dan produktivitas sumber daya agar perencanaan waktu proyek menjadi lebih komprehensif dan sesuai dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, Rolangon, A., Dundu, A. K. T., & Malingkas, G. Y. (2024). Penerapan Metode CPM (Critical Path Method). Tahun, 22(90), p-ISSN.
- Azmi, Y., Prasetyo, Y. W., & Purnomo, D. A. (2025). Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Untuk Pengelolaan Risiko dan Optimasi Waktu Proyek (Studi Kasus : Renovasi Kantor Depo Mekanik Daop IX Jember). Media Konstruksi, <https://doi.org/10.33772/jmk.v10i2.149>
- Bhikhubhai Panchal, P. (2025). Use of Integrated Intelligence Scheduling System (Iiss) for Heavy Civil Construction Projects. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, <https://doi.org/10.56975/jetir.v12i5.560867>
- Farhan Fauzi, M., Prima, Y., Rumbyarso, A., & Siagian, B. M. (2024). Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan CPM dan PERT Pada Proyek Pembangunan Gedung KONI Jakarta Pusat. Jurnal Teknik Dan Teknologi Indonesia, 2(3), 1–11.
- Hanok Mandaku, M. Thezar Afifudin, & Gloria C. Parera. (2024). Penerapan Metode Critical Path Method (Cpm) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal Patroli Xvi 2012. Jurnal Mitra Teknik Industri, 3, 12.
- Hidayat, A., & Ramadhany, C. (2021). Analisa Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Lubuk Ulak Dengan Metode CPM. Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil, 07(02), 71–79..
- Indrasari, D. (2020). Identifikasi Masalah Dan Model Pengelolaan Wilayah Pesisir: Studi Kasus Provinsi Dki Jakarta. Jurnal Kajian Teknik Sipil, 5(1), 43–56. <https://doi.org/10.52447/jkts.v5i1.4114>
- Lotfi, R., Yadegari, Z., Hosseini, S. H., Khameneh, A. H., Tirkolaee, E. B., & Weber, G. W. (2022). a Robust Time-Cost-Quality-Energy-Environment Trade-Off With Resource-Constrained in Project Management: a Case Study for a Bridge Construction Project. Journal of Industrial and Management Optimization, 18(1), 375–396. <https://doi.org/10.3934/jimo.2020158>
- Ningtyas, R. A., Yulistian, M. B., Pelu, M. R. S., Pranoto, O., Daffarel, R. C., Rahmayeni, Y. P., & Putra, O. A. (2025). Tinjauan Penerapan Critical Path Method (Cpm) Dan Program Evaluation and Review Technique (Pert) Dalam Pembangunan Proyek Gedung. Construction and Material Journal, 7(1), 65–71. <https://doi.org/10.32722/cmj.v7i1.6562>
- Nukuhehe, S., Saleh, L. M., & Gaspersz, W. (2025). Analisis Penjadwalan Proyek Kontruksi Dengan Critical Path Method (CPM) Pada Proyek Pembangunan Poliklinik Fakultas Kedokteran Universitas Pattimura Ambon. Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa, <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v1i8.184>
- Perwiranegara, A. F., Wibowo, K., & Mudiyo, R. (2024). Strategi Manajemen Resiko Pada Proyek Pengendalian Banjir Dan Rob Sungai Loji – Banger Paket 1 Alamsyah Fatih Perwiranegara, Kartono Wibowo, Rachmat Mudiyo. 5(2).
- Rabbani, R. M., Muhazir, I. A., Widyantoro, M., & Pd, S. (2024). Penerapan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM Dan PERT Pada Proyek Pembangunan Perumahan Permata Nusa Indah Application of Project Management Using the CPM and PERT Methods in the Permata Nusa Indah Housing Development Project Teknik Industri , Fakultas Te. 1(1), 1–11.
- Rembulan, G. D., & yuhao, sun. (2023). (Journal of Industrial and Manufacture Engineering). JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering), 5(1), 30–40.

- Ro'mah, M., Adianto, T., & Galuh, D. L. C. (2024). Analisis Penerapan Manajemen Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Critical Path Method (Cpm) Pada Gedung Student Center Universitas Atma Jaya Yogyakarta (Uajy). *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 9(1), 1–13.
- Sekarayu, R., Dhanistha, W. L., & Suntoyo, S. (2022). Analisis Penjadwalan Kegiatan Pengerukan pada Proyek Pembangunan Pelabuhan Bias Munjul. *Jurnal Teknik ITS*, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.88509>
- Sholahuddin, M., & Yedea Nur, O. (2024). Penerapan Critical Path Method (Cpm) Pada Proyek Rekonstruksi Jalan Untuk Mengidentifikasi Kegiatan. *Jurnal Teknik Sipil*, 04(02).
- Sinurat, F., & Misdalena, F. (2024). Analisis Manajemen Proyek Dengan Metode Critical Path Method (CPM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Chandra Tanjung Karang. *Jurnal Konstruksi*, <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.22-2.2131>
- Sulistia, D., & Agustina, I. D. (2023). *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan P-ISSN 2338-5391 | E-ISSN 2655-9862 Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*. 11(2), 100–106.
- Syahputra, R., Pasaribu, M. F., & Syarif, A. A. (2024). Penerapan Metode CPM (Critical Path Method) Pada Proyek Peningkatan Sarana Dan Prasarana TPS Limbah dan Fasilitasnya Di PT. Putra Kuala Tanjung. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya* <https://doi.org/10.56862/irajtma.v3i1.90>
- Wilar, W. P. R., Malingkas, G. Y., & Mangare, J. B. (2025). Penerapan Manajemen Waktu Dengan Metode CPM (Critical Path Method) Pada Proyek Pembangunan Laboratorium SMKS Kema Perintis. *Tekno*, 23(91), 108–116.