

Skripsi Analisis Lintasan Jalur Kritis Pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu

An Undergraduate Thesis : Critical Path Analysis of the Construction Project of the Kotamobagu City Library Building

Syari Ayub Dj. Mangkat¹, Sherley Runtuu², Daisy D. G. Pangemanan³

^{1,2,3}Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

*e-mail: e-mail: ayubmangkat@gmail.com¹, sruntuu2016@gmail.com²

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
22.06.2026	17.07.2026	26.07.2026	03.09.2026

Abstract: This study aims to analyze the critical path of the Kotamobagu City Library Building Construction Project using the Critical Path Method (CPM). The research was conducted due to delays in project completion that could potentially affect the achievement of the planned project schedule. The data used include working drawings, time schedules, S-curves, cost estimates (RAB), Work Breakdown Structure (WBS), field progress data, activity durations, and predecessor-successor relationships. The analysis was carried out by developing a network plan, performing forward pass and backward pass calculations, determining total float, identifying the critical path, and comparing the contract duration, CPM analysis results, and actual project implementation duration. The results show that the project's critical path consists of activities A-B-C-D-E-G-H-K-P-Q, with a total completion duration of 196 calendar days. This duration is 16 days (8.89%) longer than the contractual duration of 180 calendar days, but 35 days shorter than the actual project duration of 231 calendar days. Activity D (foundation beams, columns, beams, slabs, and stairs works) was identified as the most dominant activity, with a duration of 55 days (28.06% of the total project duration), making it the primary priority for time control. The study also demonstrates that CPM can effectively identify critical activities, determine the float for each activity, and provide a basis for project time control by identifying activities that require priority supervision along the critical path. This study does not evaluate project acceleration techniques such as crashing, fast-tracking, or time-cost trade-off analysis.

Keywords: Critical Path Method (CPM), critical path, network planning, time control, construction project, Kotamobagu City Library Building.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis lintasan jalur kritis pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Penelitian dilakukan karena terjadi keterlambatan penyelesaian proyek yang berpotensi memengaruhi pencapaian target waktu pelaksanaan. Data yang digunakan meliputi gambar kerja, *time schedule*, kurva S, Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Work Breakdown Structure* (WBS), data progres lapangan, durasi aktivitas, serta hubungan *predecessor-successor*. Analisis dilakukan melalui penyusunan *network planning*, perhitungan *forward pass*, *backward pass*, *total float*, identifikasi lintasan kritis, serta perbandingan antara durasi kontrak, hasil analisis CPM, dan durasi aktual pelaksanaan proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lintasan kritis proyek terdiri atas aktivitas A-B-C-D-E-G-H-K-P-Q dengan durasi penyelesaian 196 hari kalender. Durasi tersebut lebih lama 16 hari (8,89%) dibandingkan durasi kontrak 180 hari kalender, namun lebih cepat 35 hari dibandingkan durasi aktual proyek yang mencapai 231 hari kalender. Aktivitas D (Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat, dan Tangga) merupakan aktivitas paling dominan dengan durasi 55 hari (28,06% dari total durasi proyek) sehingga menjadi prioritas utama dalam pengendalian waktu. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa metode CPM mampu mengidentifikasi aktivitas kritis, menentukan kelonggaran waktu (*float*) setiap aktivitas, serta memberikan dasar dalam penyusunan strategi pengendalian waktu proyek melalui penentuan prioritas pengawasan pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Percepatan durasi proyek tidak dilakukan dalam penelitian ini karena tidak diterapkan teknik optimasi seperti crashing, fast tracking, maupun analisis time-cost trade off.

Kata kunci: *Critical Path Method* (CPM), jalur kritis, *network planning*, pengendalian waktu, proyek konstruksi, Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu.

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang memanfaatkan sumber daya berupa tenaga kerja, material, peralatan, biaya, dan waktu untuk menghasilkan suatu produk fisik sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Di antara berbagai indikator keberhasilan proyek, aspek waktu menjadi salah satu parameter yang paling menentukan karena keterlambatan penyelesaian

pekerjaan dapat memengaruhi biaya, produktivitas, koordinasi pelaksanaan, serta pemanfaatan hasil pembangunan oleh pengguna (Kerzner, 2022). Oleh karena itu, penyusunan jadwal proyek yang sistematis menjadi bagian penting dalam manajemen sejak tahap perencanaan hingga penyelesaian.

Permasalahan keterlambatan masih menjadi tantangan utama dalam pelaksanaan proyek konstruksi di Indonesia. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan umumnya dipengaruhi oleh perubahan desain, keterlambatan pengadaan material, rendahnya produktivitas tenaga kerja, lemahnya koordinasi antar pihak, serta faktor eksternal seperti kondisi cuaca (Megawati & Lirawati, 2020). Selain faktor-faktor tersebut, penyusunan jadwal proyek yang belum mampu menggambarkan hubungan ketergantungan antaraktivitas secara jelas juga menyebabkan aktivitas yang menentukan durasi proyek sulit diidentifikasi sehingga pengendalian waktu menjadi kurang efektif (Aji et al., 2025).

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menganalisis penjadwalan proyek adalah *Critical Path Method* (CPM). Metode ini menyusun aktivitas proyek ke dalam suatu jaringan kerja (*network planning*) berdasarkan hubungan ketergantungan antaraktivitas, kemudian menghitung *Early Start* (ES), *Early Finish* (EF), *Late Start* (LS), *Late Finish* (LF), serta total float untuk menentukan jalur kritis proyek. Aktivitas yang berada pada jalur kritis tidak memiliki kelonggaran waktu sehingga keterlambatan pada salah satu aktivitas tersebut akan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan (Habibi et al., 2023; Raranta et al., 2025).

Berbagai penelitian mengenai penerapan CPM pada proyek konstruksi umumnya berfokus pada penentuan durasi proyek dan identifikasi jalur kritis. Namun demikian, sebagian besar penelitian hanya menyajikan hasil perhitungan lintasan kritis tanpa mengembangkan *network planning* secara rinci berdasarkan hubungan *predecessor-successor*, tanpa membandingkan hasil analisis dengan jadwal pelaksanaan proyek, serta belum memberikan pembahasan mengenai implikasi hasil CPM sebagai dasar pengendalian waktu proyek. Dengan kata lain, penelitian terdahulu lebih banyak menitikberatkan pada aspek perhitungan jadwal dibandingkan pemanfaatan hasil analisis sebagai alat pengambilan keputusan dalam pengendalian pelaksanaan proyek.

Selain itu, belum terdapat kajian yang secara komprehensif mengintegrasikan penyusunan *network planning*, analisis jalur kritis menggunakan *Critical Path Method* (CPM), serta evaluasi pengendalian waktu berdasarkan aktivitas kritis pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu. Hingga saat ini, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengkaji proyek tersebut menggunakan data *Work Breakdown Structure* (WBS), hubungan ketergantungan aktivitas, serta perbandingan antara jadwal rencana dan hasil analisis CPM sebagai dasar penentuan prioritas pengendalian waktu proyek. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan tersebut dengan menghasilkan model jaringan kerja yang lebih sistematis serta memberikan informasi mengenai aktivitas yang paling berpengaruh terhadap durasi penyelesaian proyek.

Objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu, yang merupakan proyek fasilitas publik yang didanai melalui Dana Alokasi Khusus (DAK) Tahun Anggaran 2022 dengan durasi kontrak selama 180 hari kalender. Sebagai proyek pemerintah, keberhasilan pelaksanaan tidak hanya diukur dari pencapaian mutu pekerjaan, tetapi juga dari ketepatan waktu penyelesaian agar fasilitas dapat segera dimanfaatkan oleh masyarakat. Hal ini sejalan dengan prinsip efisiensi dan efektivitas dalam Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.

Penelitian ini dibatasi pada analisis manajemen waktu proyek, meliputi penyusunan *network planning*, identifikasi hubungan ketergantungan antaraktivitas, perhitungan ES, EF, LS, LF, float, serta penentuan jalur kritis menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Penelitian tidak membahas optimasi biaya maupun mutu proyek, sehingga analisis difokuskan pada aspek pengendalian waktu pelaksanaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) menyusun *network planning* berdasarkan urutan dan ketergantungan aktivitas pekerjaan, (2) menganalisis waktu pelaksanaan proyek menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) untuk menentukan durasi proyek dan aktivitas pada jalur kritis, serta (3) menganalisis pengendalian waktu proyek berdasarkan aktivitas

kritis sebagai dasar penentuan prioritas monitoring dan tindakan korektif apabila terjadi deviasi selama pelaksanaan proyek. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam meningkatkan efektivitas pengendalian waktu pada proyek konstruksi, khususnya pada proyek pemerintah.

2. METODE

Data aktivitas penelitian diperoleh melalui penyusunan Work Breakdown Structure (WBS) berdasarkan dokumen proyek yang meliputi RAB, gambar kerja, time schedule, dan hasil observasi lapangan. Seluruh item pekerjaan kemudian dikelompokkan menjadi 17 aktivitas utama yang mewakili tahapan pelaksanaan konstruksi dan digunakan sebagai dasar penyusunan *network planning* serta analisis *Critical Path Method* (CPM).

Durasi setiap aktivitas yang digunakan dalam analisis *Critical Path Method* (CPM) diperoleh dari jadwal pelaksanaan proyek (*time schedule*) yang disusun oleh kontraktor pelaksana sebagai bagian dari dokumen kontrak proyek. Penentuan durasi aktivitas mengacu pada *Work Breakdown Structure* (WBS), urutan pelaksanaan pekerjaan, serta target waktu penyelesaian setiap item pekerjaan sebagaimana tercantum dalam dokumen perencanaan proyek. Seluruh durasi tersebut kemudian digunakan sebagai input utama dalam penyusunan *network planning* dan analisis lintasan kritis.

Untuk menjamin validitas data, durasi aktivitas diverifikasi melalui proses triangulasi dokumen dengan membandingkan jadwal pelaksanaan (*time schedule*) terhadap laporan harian, laporan mingguan, kurva S proyek, serta hasil observasi lapangan. Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa durasi yang digunakan dalam analisis CPM merepresentasikan kondisi pelaksanaan proyek yang sebenarnya dan bukan merupakan asumsi peneliti.

2.1. Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) merupakan metode penjadwalan proyek yang bersifat deterministik dan digunakan untuk menentukan durasi minimum penyelesaian proyek melalui identifikasi lintasan kritis, yaitu rangkaian aktivitas dengan durasi terpanjang dalam jaringan kerja. Metode ini berfokus pada hubungan ketergantungan antar aktivitas serta urutan pelaksanaannya, sehingga waktu penyelesaian proyek dapat dianalisis secara sistematis. Dalam praktiknya, CPM digunakan untuk menghitung waktu mulai dan selesai paling awal (*Early Start–Early Finish*) serta waktu paling akhir (*Late Start–Late Finish*) dari setiap aktivitas, sehingga keterkaitan dan prioritas pekerjaan dapat diketahui dengan jelas.

Metode CPM banyak diterapkan pada proyek konstruksi karena mampu mengidentifikasi aktivitas-aktivitas kritis yang tidak memiliki kelonggaran waktu (*float*), di mana keterlambatan pada aktivitas tersebut akan berdampak langsung terhadap keterlambatan proyek secara keseluruhan. Penerapan CPM juga terbukti efektif dalam perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian jadwal proyek, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan kinerja pelaksanaan proyek (Raranta et al., 2025). Penggunaan *Critical Path Method* (CPM) membantu mengidentifikasi aktivitas kritis, menentukan kelonggaran waktu (*float*), serta memberikan dasar bagi pengendalian jadwal proyek melalui informasi mengenai aktivitas yang paling berpengaruh terhadap durasi penyelesaian proyek. Percepatan durasi proyek tidak secara langsung dihasilkan oleh metode CPM, tetapi dapat dilakukan melalui teknik lanjutan seperti *crashing*, *fast tracking*, atau analisis *time-cost trade-off* berdasarkan hasil identifikasi jalur kritis.

1) Forward Pass (Perhitungan ES dan EF)

Forward pass merupakan proses perhitungan maju dalam *Critical Path Method* (CPM) yang digunakan untuk menentukan waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dan diselesaikan dalam suatu jaringan kerja proyek. Perhitungan ini dilakukan secara berurutan dari aktivitas awal hingga aktivitas akhir dengan mengikuti hubungan ketergantungan antar aktivitas dalam *network*

diagram (Akbar & Setiawan, 2023). Dalam proses ini, diperoleh dua parameter utama, yaitu sebagai berikut :

- Earliest Start* (ES) → waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai, dengan syarat seluruh aktivitas pendahulunya selesai.
- Earliest Finish* (EF) → waktu paling awal suatu aktivitas dapat diselesaikan berdasarkan durasi aktivitas tersebut.

Suatu aktivitas hanya dapat dimulai apabila aktivitas pendahulunya telah selesai, sehingga nilai ES untuk suatu aktivitas ditentukan oleh nilai EF terbesar dari seluruh aktivitas pendahulunya. Hubungan matematis dalam perhitungan *forward pass* adalah sebagai berikut:

$$EF = ES + D \quad (1)$$

Keterangan:

EF : *Earliest Finish*

ES : *Earliest Start*

D : Durasi aktivitas

Untuk aktivitas yang memiliki lebih dari satu pendahulu:

$$ES_j = \max (EF_i) \quad (2)$$

Keterangan:

ES_j : *Earliest Start* aktivitas ke-j

EF_i : *Earliest Finish* dari seluruh aktivitas pendahulu

Untuk aktivitas awal proyek:

$$ES_{awal} = 0 \quad (3)$$

Perhitungan *forward pass* dapat memberikan gambaran waktu tercepat dalam penyelesaian pekerjaan dalam suatu proyek apabila seluruh aktivitas dilaksanakan tanpa hambatan atau keterlambatan. Perhitungan maju digunakan untuk menentukan nilai ES dan EF sebagai dasar dalam analisis jadwal proyek dan identifikasi jalur kritis (Akbar & Setiawan, 2023).

2) *Backward Pass* (Perhitungan LS dan LF)

Backward pass (perhitungan mundur) merupakan tahapan dalam metode CPM yang digunakan untuk menentukan waktu paling akhir suatu aktivitas dapat dimulai (LS) dan diselesaikan (LF) tanpa menunda durasi proyek. Perhitungan ini dilakukan dari aktivitas akhir menuju aktivitas awal (Nadya et al., 2024). Dalam analisis CPM, *backward pass* menghasilkan dua parameter utama, yaitu sebagai berikut :

- Latest Finish* (LF) → waktu paling akhir suatu aktivitas dapat diselesaikan tanpa menunda penyelesaian proyek
- Latest Start* (LS) → waktu paling akhir suatu aktivitas dapat dimulai tanpa mengganggu jadwal proyek

Perhitungan mundur digunakan untuk mengidentifikasi batas keterlambatan maksimum suatu aktivitas, sehingga dapat diketahui tingkat kelonggaran (*float*) serta fleksibilitas penjadwalan dalam proyek (Nadya et al., 2024; Rahayu & Mawardi, 2024) menjelaskan bahwa. Secara matematis, hubungan dalam *backward pass* dirumuskan sebagai berikut:

- Hubungan Dasar

$$LS = LF - D \quad (4)$$

Keterangan:

LS : *Latest Start* (waktu mulai paling akhir)

LF : *Latest Finish* (waktu selesai paling akhir)

D : Durasi aktivitas

- Untuk aktivitas dengan lebih dari satu aktivitas penerus

$$LF_i = \min (LS_j) \quad (5)$$

Keterangan:

LF_i : *Latest Finish* aktivitas ke-i

LS_j : *Latest Start* dari seluruh aktivitas penerus

c) Untuk aktivitas akhir proyek:

$$LF_{akhir} = EF_{akhir} \quad (6)$$

Keterangan :

Aktivitas terakhir LF = EF (hasil *forward pass*)

3) Float / Slack (Waktu Menganggur)

Float atau *slack* merupakan waktu kelonggaran yang terdapat pada suatu aktivitas dalam jaringan kerja proyek, yang menunjukkan bahwa aktivitas tersebut masih dapat ditunda tanpa menyebabkan penambahan waktu terhadap penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dalam *Critical Path Method* (CPM), nilai slack digunakan untuk mengetahui aktivitas yang memiliki kelonggaran waktu dalam pelaksanaannya (Arrumih & Astuti, 2020). Secara matematis, berdasarkan analisis CPM, float dapat dihitung menggunakan beberapa formulasi berikut:

a) Total Float (TF)

$$TF = LS - ES = LF - EF \quad (7)$$

Keterangan:

LS : *Latest Start* (waktu mulai paling akhir)

ES : *Earliest Start* (waktu mulai paling awal)

LF : *Latest Finish* (waktu selesai paling akhir)

EF : *Earliest Finish* (waktu selesai paling awal)

b) Berdasarkan durasi aktivitas

$$TF = LF - ES - D \quad (8)$$

Keterangan:

LF : *Latest Finish* (waktu selesai paling akhir)

ES : *Earliest Start* (waktu mulai paling awal)

D : Durasi Aktivitas

c) *Free Float* (FF)

$$FF = EF - ES - D \quad (9)$$

Keterangan:

EF : *Earliest Finish* (waktu selesai paling awal)

ES : *Earliest Start* (waktu mulai paling awal)

D : Durasi Aktivitas

Float merupakan waktu yang tersedia bagi suatu aktivitas untuk mengalami keterlambatan tanpa mengganggu jadwal proyek secara keseluruhan maupun aktivitas berikutnya secara langsung (Akbar & Setiawan, 2023)

2.2. Critical Path (Jalur Kritis)

Jalur kritis merupakan rangkaian aktivitas dalam suatu proyek yang memiliki durasi terpanjang dalam jaringan kerja serta tidak memiliki kelonggaran waktu (*float*), sehingga setiap keterlambatan pada aktivitas tersebut akan berdampak langsung terhadap keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dalam metode CPM, jalur kritis menjadi fokus utama karena menunjukkan aktivitas-aktivitas yang harus diselesaikan tepat waktu agar durasi proyek tetap sesuai rencana (Bagshaw, 2021). Beberapa penelitian menunjukkan pentingnya jalur kritis dalam pengelolaan proyek, di antaranya:

- 1) Metode CPM digunakan untuk menentukan jalur kritis dan mengoptimalkan waktu penyelesaian proyek (Afiya et al., 2023);
- 2) Aktivitas pada jalur kritis memiliki batas toleransi waktu yang sangat terbatas sehingga tidak boleh mengalami keterlambatan (Al Qordhowi & Fendrawan, 2025);
- 3) Aktivitas dalam jalur kritis merupakan kegiatan yang secara langsung mempengaruhi durasi total proyek (Badriyah et al., 2025);

- 4) Identifikasi jalur kritis membantu dalam pengendalian waktu proyek serta menentukan aktivitas yang berdampak langsung terhadap penyelesaian proyek (Wilar et al., 2025).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Work Breakdown Structure (WBS)*

Penguraian pekerjaan dilakukan secara hierarkis dimulai dari lingkup proyek pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu secara keseluruhan, kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok pekerjaan utama yang selanjutnya diuraikan kembali menjadi aktivitas-aktivitas yang lebih spesifik sesuai dengan urutan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Setiap aktivitas akan diidentifikasi hingga memiliki ruang lingkup, durasi, serta hubungan ketergantungan yang jelas.

Penguraian pekerjaan dilakukan secara hierarkis dimulai dari lingkup proyek pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu secara keseluruhan, kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok pekerjaan utama yang selanjutnya diuraikan kembali menjadi aktivitas yang lebih spesifik sesuai urutan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Berdasarkan *Work Breakdown Structure (WBS)* proyek, seluruh item pekerjaan yang terdapat dalam dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB), gambar kerja, time schedule, serta hasil observasi lapangan dikelompokkan menjadi 17 aktivitas utama.

Pengelompokan aktivitas menjadi 17 aktivitas utama dilakukan untuk menyesuaikan tingkat analisis penelitian dengan jadwal induk (master schedule) yang digunakan pada proyek. Beberapa pekerjaan yang secara teknis terdiri atas subaktivitas, seperti pekerjaan struktur (sloof, kolom, balok, plat lantai, dan tangga), direpresentasikan sebagai satu aktivitas utama karena pada dokumen penjadwalan kontraktor seluruh pekerjaan tersebut direncanakan sebagai satu paket pekerjaan struktur dengan durasi terpadu. Oleh karena itu, jaringan kerja yang disusun merupakan representasi pada tingkat aktivitas utama (*summary activities*), bukan pada tingkat rincian setiap subaktivitas.

3.1.1. Hubungan Ketergantungan Aktivitas (*Predecessor Relationship*)

Hubungan ini ditentukan untuk menggambarkan urutan pelaksanaan pekerjaan sesuai metode konstruksi sehingga setiap aktivitas pekerjaan dapat dimulai setelah aktivitas pendahulunya memenuhi syarat penyelesaian. Penentuan hubungan ini dilakukan berdasarkan data *time schedule*, *Work Breakdown Structure (WBS)*, serta urutan teknis pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu. Aktivitas *predecessor* harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum aktivitas pekerjaan berikutnya (*successor*) dimulai, sehingga hubungan tersebut membentuk alur logis.

Seluruh hubungan ketergantungan aktivitas dalam penelitian ini dimodelkan menggunakan hubungan *Finish-to-Start (FS)* tanpa lead maupun lag. Pemodelan tersebut mengikuti network planning yang terdapat pada dokumen jadwal pelaksanaan proyek kontraktor, di mana suatu aktivitas baru dijadwalkan dimulai setelah aktivitas pendahulunya selesai. Oleh karena itu, hubungan *Start-to-Start (SS)*, *Finish-to-Finish (FF)*, maupun penggunaan lead dan lag tidak dimasukkan dalam model analisis karena tidak tercantum pada dokumen penjadwalan proyek yang menjadi sumber data penelitian.

Meskipun pada praktik konstruksi beberapa pekerjaan memungkinkan dilaksanakan secara tumpang tindih (*overlapping*), penelitian ini mempertahankan hubungan aktivitas sebagaimana tercantum pada jadwal resmi proyek agar hasil analisis tetap konsisten dengan kondisi perencanaan.

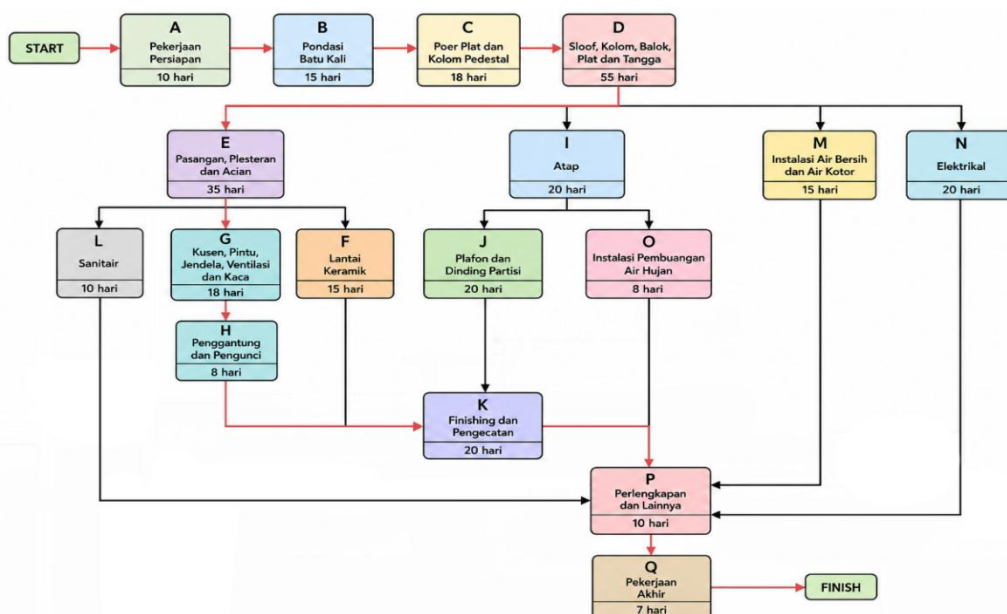
Tabel 1. Hubungan Ketergantungan Aktivitas

Kode	Kegiatan	<i>Predecessor</i>	<i>Successor</i>
A	Pekerjaan Persiapan	-	B
B	Pekerjaan Pondasi Batu Kali	A	C
C	Pekerjaan Poer Plat dan Kolom Pedestal	B	D
D	Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat dan Tangga	C	E, I, M, N
E	Pekerjaan Pasangan, Plesteran dan Acian	D	F, G, L
F	Pekerjaan Lantai Keramik	E	K

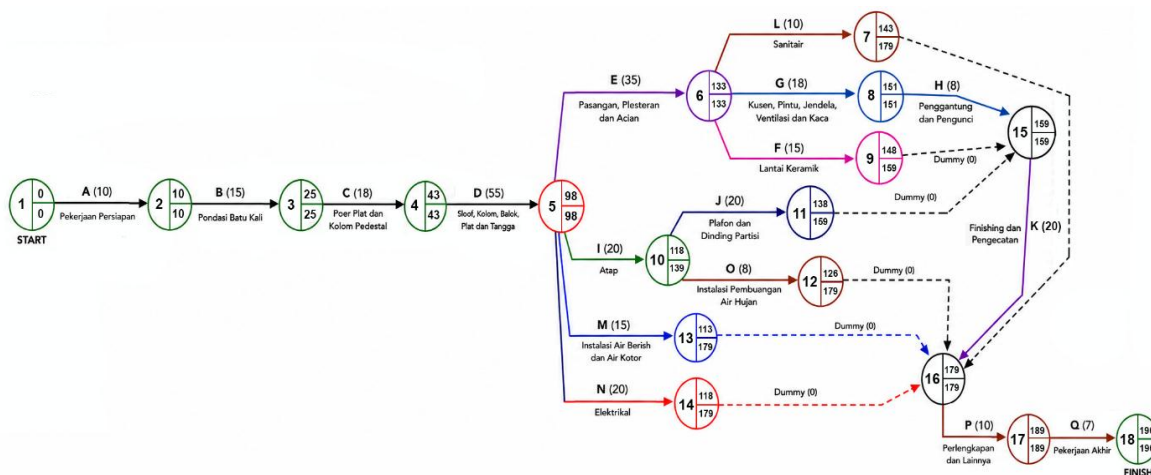
G	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela, Ventilasi dan Kaca	E	H
H	Pekerjaan Penggantung dan Pengunci	G	K
I	Pekerjaan Atap	D	J, O
J	Pekerjaan Plafon dan Dinding Partisi	I	K
K	Pekerjaan Finishing dan Pengecatan	F, H, J	P
L	Pekerjaan Sanitair	E	P
M	Pekerjaan Instalasi Air Bersih dan Air Kotor	D	P
N	Pekerjaan Elektrikal	D	P
O	Pekerjaan Instalasi Pembuangan Air Hujan	I	P
P	Pekerjaan Perlengkapan dan Lainnya	K, L, M, N, O	Q
Q	Pekerjaan Akhir	P	-

3.1.2. Diagram Jaringan Kerja (Network Diagram)

Diagram network disusun menggunakan dua bentuk representasi jaringan, yaitu *Activity on Node* (AON) dan *Activity on Arrow* (AOA). Kedua diagram disusun berdasarkan data aktivitas, durasi pekerjaan, serta hubungan predecessor–successor sehingga memiliki urutan pelaksanaan yang sama, namun berbeda dalam cara penyajian jaringan.



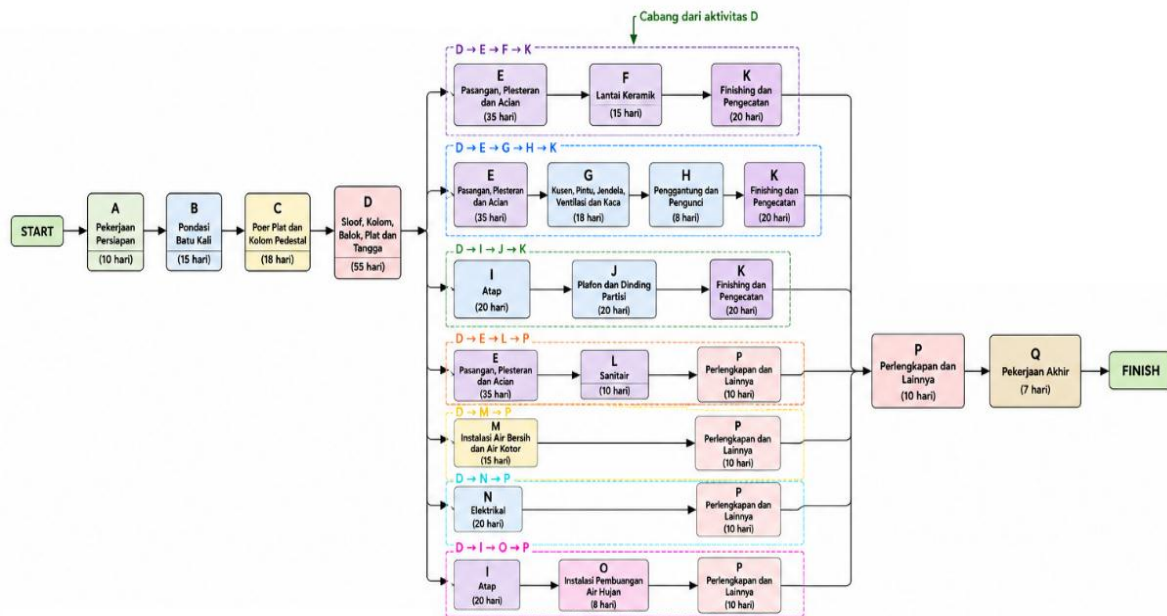
Gambar 1. Diagram Network – Activity On Node (AON)



Gambar 2. Diagram Network – Activity on Arrow (AOA)

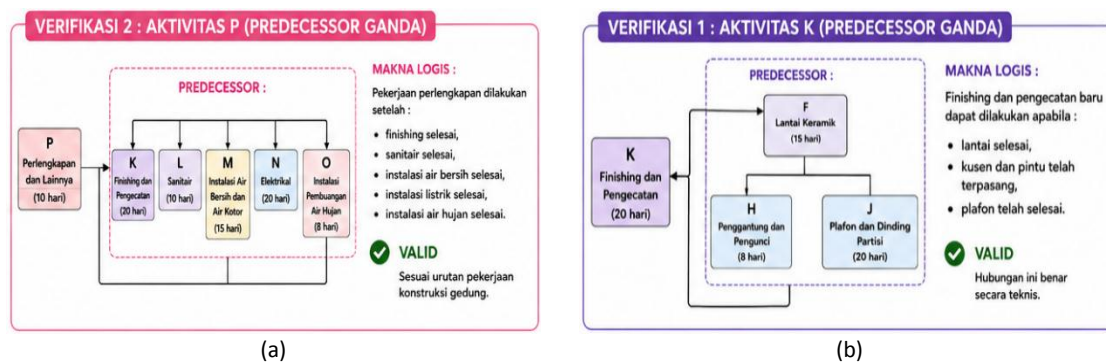
3.1.3. Verifikasi Logika Jaringan

Berdasarkan hasil verifikasi terhadap diagram jaringan proyek, diketahui bahwa seluruh aktivitas telah memenuhi kaidah penyusunan jaringan kerja (*network planning*). Tidak ditemukan hubungan yang membentuk *looping* (*circular logic*), sehingga alur pekerjaan bergerak secara progresif dari aktivitas awal hingga aktivitas akhir.



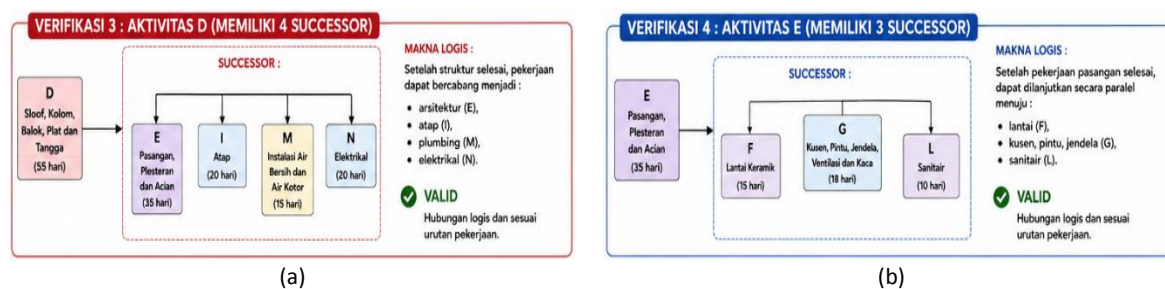
Gambar 3. Pemeriksaan Looping (*Circular Logic*)

Pemeriksaan terhadap hubungan *predecessor* ganda juga menunjukkan bahwa setiap aktivitas pekerjaan yang memiliki lebih dari satu pendahulu, seperti aktivitas K (*finishing* dan pengecatan) serta aktivitas P (*perlengkapan dan lainnya*), telah disusun sesuai urutan teknis pelaksanaan.



Gambar 4. *Predecessor* ganda (a) Aktivitas P (c) Aktivitas K

Selain itu, aktivitas D (Sloof, Kolom, Balok, Plat dan Tangga) memiliki 4 *successor*, yang artinya Pekerjaan ini membentuk kerangka bangunan yang menjadi dasar bagi pekerjaan-pekerjaan berikutnya. Selama struktur utama belum selesai, pekerjaan arsitektur (E), atap (I), Plumbing (M), maupun elektrik (N) belum dapat dilaksanakan karena belum tersedia media atau tempat pemasangannya. Untuk aktivitas E (Pasangan, Plesteran dan Acian) juga memiliki 3 *successor*, yang artinya setelah pekerjaan arsitektural selesai, kondisi bangunan sudah siap untuk memasuki beberapa pekerjaan finishing dan utilitas seperti pekerjaan lantai keramik (F), kusen (G) serta sanitair (L).



Gambar 5. Successor ganda (a) Aktivitas D (c) Aktivitas E

3.2. Analisis Critical Path Method (CPM)

Analisis ini bertujuan untuk menentukan waktu paling awal dan paling lambat suatu aktivitas dapat dilaksanakan, menghitung kelonggaran waktu (*float*), serta mengidentifikasi aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Perhitungan *Critical Path Method* (CPM) dilakukan melalui tiga tahapan utama yaitu *Forward Pass*, *Backward Pass*, dan *Slack/Float*.

Tabel 2. Perhitungan *Forward Pass*, *Backward Pass*, dan *Slack/Float*

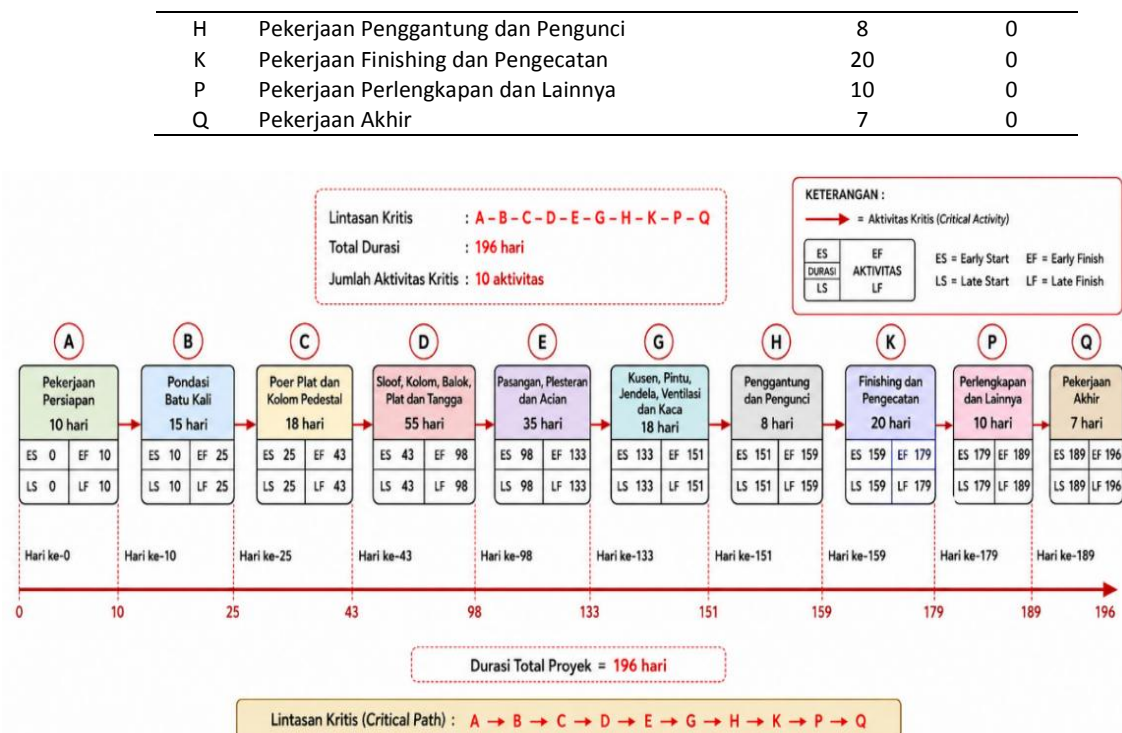
Kode	Kegiatan	Durasi (hari)	ES	EF	LS	LF	Float
A	Pekerjaan Persiapan	10	0	10	0	10	0
B	Pekerjaan Pondasi Batu Kali	15	10	25	10	25	0
C	Pekerjaan Poer Plat dan Kolom Pedestal	18	25	43	25	43	0
D	Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat dan Tangga	55	43	98	43	98	0
E	Pekerjaan Pasangan, Plesteran dan Acian	35	98	133	98	133	0
F	Pekerjaan Lantai Keramik	15	133	148	144	159	11
G	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela, Ventilasi dan Kaca	18	133	151	133	151	0
H	Pekerjaan Penggantung dan Pengunci	8	151	159	151	159	0
I	Pekerjaan Atap	20	98	118	119	139	21
J	Pekerjaan Plafon dan Dinding Partisi	20	118	138	139	159	21
K	Pekerjaan Finishing dan Pengecatan	20	159	179	159	179	0
L	Pekerjaan Sanitair	10	133	143	169	179	36
M	Pekerjaan Instalasi Air Bersih dan Air Kotor	15	98	113	164	179	66
N	Pekerjaan Elektrikal	20	98	118	159	179	61
O	Pekerjaan Instalasi Pembuangan Air Hujan	8	118	126	171	179	53
P	Pekerjaan Perlengkapan dan Lainnya	10	179	189	179	189	0
Q	Pekerjaan Akhir	7	189	196	189	196	0

3.3. Jalur Kritis (*Critical Path*)

Penentuan jalur kritis (*Critical Path*) merupakan tahapan utama dalam metode CPM yang bertujuan untuk mengidentifikasi rangkaian aktivitas yang secara langsung menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jalur kritis adalah lintasan kegiatan yang memiliki total durasi terpanjang dari awal hingga akhir proyek dan seluruh aktivitas pada lintasan tersebut memiliki nilai *float* sama dengan nol. Dengan kata lain, setiap keterlambatan yang terjadi pada aktivitas di jalur kritis akan menyebabkan keterlambatan terhadap penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Tabel 3. Perhitungan *Forward Pass*, *Backward Pass*, dan *Slack/Float*

Kode	Kegiatan	Durasi (hari)	Float
A	Pekerjaan Persiapan	10	0
B	Pekerjaan Pondasi Batu Kali	15	0
C	Pekerjaan Poer Plat dan Kolom Pedestal	18	0
D	Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat dan Tangga	55	0
E	Pekerjaan Pasangan, Plesteran dan Acian	35	0
G	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela, Ventilasi dan Kaca	18	0



Gambar 6. Lintasan Kritis (Critical Path)

3.4. Perbandingan Durasi

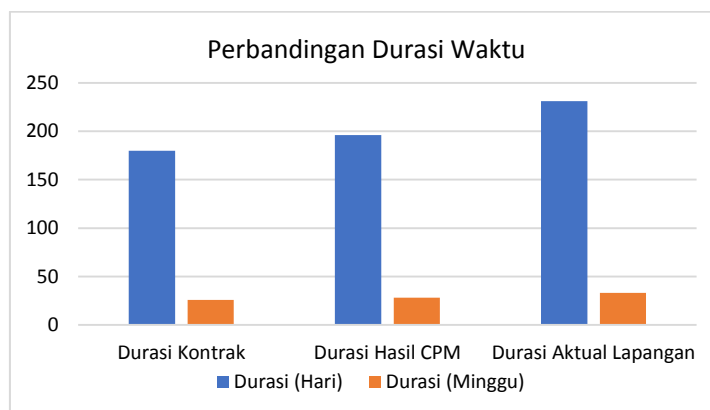
Berdasarkan data kontrak, laporan progres pekerjaan lapangan (aktual), dan hasil analisis CPM, diperoleh perbandingan durasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4. Jadwal Rencana dan Jadwal Aktual Aktivitas

Kode	Aktivitas	Mulai Rencana	Selesai Rencana	Mulai Aktual	Selesai Aktual
A	Pekerjaan Persiapan	19-Apr-22	28-Apr-22	19-Apr-22	28-Apr-22
B	Pekerjaan Pondasi Batu Kali	29-Apr-22	13 Mei 2022	29-Apr-22	15 Mei 2022
C	Pekerjaan Poer Plat dan Kolom Pedestal	14 Mei 2022	31 Mei 2022	16 Mei 2022	04-Jun-22
D	Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat dan Tangga	01-Jun-22	25-Jul-22	05-Jun-22	13 Agu 2022
E	Pekerjaan Pasangan, Plesteran dan Acian	26-Jul-22	29 Agu 2022	14 Agu 2022	22-Sep-22
F	Pekerjaan Lantai Keramik	30 Agu 2022	13-Sep-22	23-Sep-22	9 Okt 2022
G	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela, Ventilasi dan Kaca	14-Sep-22	1 Okt 2022	10 Okt 2022	31 Okt 2022
H	Pekerjaan Penggantung dan Pengunci	2 Okt 2022	9 Okt 2022	01-Nov-22	09-Nov-22
I	Pekerjaan Atap	10 Okt 2022	29 Okt 2022	10-Nov-22	3 Des 2022
J	Pekerjaan Plafon dan Dinding Partisi	30 Okt 2022	18-Nov-22	4 Des 2022	26 Des 2022
K	Pekerjaan Finishing dan pengecatan	19-Nov-22	8 Des 2022	27 Des 2022	19-Jan-23
L	Pekerjaan Sanitair	9 Des 2022	18 Des 2022	20-Jan-23	30-Jan-23
M	Pekerjaan Instalasi Air Bersih dan Air Kotor	19 Des 2022	02-Jan-23	31-Jan-23	16-Feb-23
N	Pekerjaan Elektrikal	03-Jan-23	22-Jan-23	17-Feb-23	10-Mar-23
O	Pekerjaan Instalasi Pembuangan Air Hujan	23-Jan-23	30-Jan-23	11-Mar-23	19-Mar-23
P	Pekerjaan Perlengkapan dan Lainnya	31-Jan-23	09-Feb-23	20-Mar-23	01-Apr-23
Q	Pekerjaan Akhir	10-Feb-23	16-Feb-23	02-Apr-23	11-Apr-23

Tabel 5. Perbandingan durasi waktu

No.	Uraian	Durasi (Hari)	Durasi (Minggu)	Selisih Terhadap Kontrak (Hari)	Persentase (%)
1	Durasi Kontrak	180	25,71	0	100
2	Durasi Hasil CPM	196	28,00	+16	108,89
3	Durasi Aktual Lapangan	231	33,00	+51	128,33



Gambar 7. Grafik perbandingan durasi waktu

3.5. Analisis Deviasi Durasi Setiap Aktivitas

Selain membandingkan durasi kontrak, hasil analisis Critical Path Method (CPM), dan durasi aktual proyek secara keseluruhan, perlu dilakukan analisis deviasi pada masing-masing aktivitas pekerjaan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas yang mengalami penyimpangan durasi terbesar sehingga dapat diketahui aktivitas yang paling berkontribusi terhadap keterlambatan penyelesaian proyek. Dengan demikian, hasil analisis tidak hanya menunjukkan adanya keterlambatan proyek secara umum, tetapi juga menjelaskan sumber keterlambatan pada tingkat aktivitas.

Tabel 2. Analisis Deviasi Durasi Aktivitas

Kode	Kegiatan	Durasi Rencana (hari)	Durasi Aktual (hari)	Deviasi
A	Pekerjaan Persiapan	10	10	0
B	Pekerjaan Pondasi Batu Kali	15	17	+2
C	Pekerjaan Poer Plat dan Kolom Pedestal	18	20	+2
D	Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat dan Tangga	55	70	+15
E	Pekerjaan Pasangan, Plesteran dan Acian	35	40	+5
G	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela, Ventilasi dan Kaca	18	22	+4
H	Pekerjaan Penggantung dan Pengunci	8	9	+1
K	Pekerjaan Finishing dan Pengecatan	20	24	+4
P	Pekerjaan Perlengkapan dan Lainnya	10	13	+3
Q	Pekerjaan Akhir	7	10	+3

3.6. Dampak Keterlambatan terhadap Jalur Kritis

- 1) Dampak terhadap durasi penyelesaian proyek, dimana selain adanya keterlambatan pada aktivitas lintasan kritis, selama pelaksanaan proyek juga kemungkinan terjadi berbagai faktor tambahan seperti penurunan produktivitas tenaga kerja, keterlambatan material, perubahan pekerjaan, kondisi cuaca, maupun kendala koordinasi yang menyebabkan durasi aktual menjadi jauh lebih panjang daripada hasil perencanaan CPM.
- 2) Dampak terhadap aktivitas sebelumnya, karena seluruh aktivitas lintasan kritis memiliki float nol, maka keterlambatan pada satu aktivitas akan menyebabkan seluruh aktivitas setelahnya ikut mengalami pergeseran.
- 3) Dampak terhadap pengendalian waktu, dimana keberadaan jalur kritis menunjukkan bahwa aktivitas tersebut harus memperoleh prioritas utama dalam pengawasan lapangan. Apabila salah satu aktivitas tersebut mengalami keterlambatan maka pengawas proyek harus segera mengambil tindakan korektif karena tidak tersedia cadangan waktu untuk mengimbangi keterlambatan tersebut.
- 4) Dampak terhadap aktivitas nonkritis, berbeda dengan aktivitas kritis, beberapa aktivitas memiliki nilai float positif sehingga masih mempunyai toleransi keterlambatan. Namun

apabila keterlambatan melebihi nilai float tersebut maka aktivitas tersebut akan berubah menjadi aktivitas kritis dan akhirnya akan menambah durasi proyek.

- 5) Dampak terhadap biaya proyek, penambahan durasi proyek menyebabkan biaya tidak langsung (*indirect cost*) meningkat, seperti biaya pengawasan, administrasi proyek, sewa alat, utilitas, keamanan, serta biaya operasional lainnya. Selain itu, apabila keterlambatan melebihi waktu kontrak, kontraktor berpotensi dikenakan denda keterlambatan (*liquidated damages*) sesuai ketentuan kontrak
- 6) Dampak terhadap target kontrak, dari data sebelumnya mengindikasikan bahwa jadwal kontrak 180 hari relatif sulit dicapai apabila seluruh aktivitas dilaksanakan sesuai urutan dan durasi aktual yang diperoleh dari hasil analisis. Bahkan, meskipun menggunakan CPM sebagai metode optimasi penjadwalan, proyek masih membutuhkan tambahan waktu sekitar 8,89% dibanding kontrak. Kondisi aktual menunjukkan keterlambatan yang lebih besar, yaitu 28,33%, sehingga terdapat selisih 35 hari antara hasil CPM dan pelaksanaan di lapangan. Hal ini mengindikasikan adanya faktor-faktor pelaksanaan yang belum sepenuhnya terkendali selama proses konstruksi.

3.6. Pembahasan

Hasil analisis menggunakan Critical Path Method (CPM) menunjukkan bahwa durasi penyelesaian Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Kota Kotamobagu berdasarkan jaringan kerja adalah 196 hari kalender, sedangkan durasi kontrak yang ditetapkan sebesar 180 hari kalender dan durasi aktual pelaksanaan mencapai 231 hari kalender. Hasil tersebut menunjukkan bahwa durasi analisis CPM lebih lama 16 hari (8,89%) dibandingkan jadwal kontrak, sedangkan realisasi pelaksanaan mengalami keterlambatan 51 hari (28,33%) terhadap kontrak atau 35 hari (17,86%) lebih lama dibandingkan hasil analisis CPM. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa jadwal kontrak yang ditetapkan relatif optimistis, sementara pelaksanaan proyek di lapangan masih dipengaruhi oleh berbagai kendala yang menyebabkan penyelesaian proyek melebihi durasi yang diperkirakan melalui analisis jaringan kerja.

Berdasarkan hasil analisis jaringan kerja, lintasan kritis proyek terdiri atas aktivitas A–B–C–D–E–G–H–K–P–Q dengan nilai Total Float (TF) = 0 pada seluruh aktivitas tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa setiap keterlambatan pada aktivitas lintasan kritis akan secara langsung memperpanjang durasi proyek karena tidak memiliki kelonggaran waktu. Sebaliknya, aktivitas F, I, J, L, M, N, dan O merupakan aktivitas nonkritis yang masih memiliki *float*, sehingga keterlambatan pada aktivitas tersebut tidak langsung memengaruhi waktu penyelesaian proyek selama tidak melebihi batas kelonggaran yang tersedia.

Analisis deviasi durasi menunjukkan bahwa seluruh aktivitas pada lintasan kritis mengalami keterlambatan dengan besaran yang berbeda. Aktivitas A (Pekerjaan Persiapan) selesai sesuai jadwal, sedangkan aktivitas B dan C masing-masing mengalami deviasi 2 hari akibat keterlambatan mobilisasi material dan produktivitas tenaga kerja pada tahap awal pekerjaan struktur. Meskipun deviasinya relatif kecil, kedua aktivitas tersebut tetap memengaruhi aktivitas berikutnya karena berada pada lintasan kritis.

Deviasi terbesar terjadi pada Aktivitas D (Pekerjaan Sloof, Kolom, Balok, Plat, dan Tangga), yaitu 15 hari, dari durasi rencana 55 hari menjadi durasi aktual 70 hari. Sebagai aktivitas dengan durasi terpanjang dan berada pada lintasan kritis (*Total Float* = 0), keterlambatan pada aktivitas ini secara langsung menggeser jadwal seluruh aktivitas penerus. Selain itu, aktivitas E, G, K, P, dan Q juga mengalami deviasi berturut-turut sebesar 5 hari, 4 hari, 4 hari, 3 hari, dan 3 hari. Akumulasi keterlambatan pada aktivitas-aktivitas lintasan kritis tersebut menjadi penyebab utama penyelesaian proyek melebihi jadwal kontrak.

Keterlambatan pada aktivitas D dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain perubahan volume pekerjaan akibat *addendum* kontrak (*variation order*), keterlambatan pengadaan material, curah hujan yang menghambat pekerjaan struktur, keterbatasan tenaga kerja dan peralatan, koordinasi antarpekerjaan yang kurang optimal, serta metode pelaksanaan yang belum efektif.

Kondisi tersebut menyebabkan produktivitas pekerjaan struktur menurun sehingga durasi pelaksanaan menjadi lebih panjang dibandingkan jadwal yang direncanakan. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa perubahan pekerjaan, cuaca, keterlambatan material, keterbatasan sumber daya, dan koordinasi pelaksanaan merupakan faktor utama penyebab keterlambatan proyek konstruksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CPM tidak hanya mampu mengidentifikasi lintasan kritis dan menentukan durasi proyek, tetapi juga memberikan gambaran mengenai aktivitas yang paling berpengaruh terhadap keterlambatan proyek. Selisih 35 hari antara hasil analisis CPM dan durasi aktual menunjukkan bahwa masih terdapat peluang peningkatan efisiensi pelaksanaan apabila aktivitas-aktivitas kritis dikendalikan secara lebih optimal sejak awal proyek melalui peningkatan pengawasan, pengendalian produktivitas tenaga kerja, percepatan pengadaan material, peningkatan koordinasi antarpekerjaan, serta penerapan strategi percepatan seperti *crashing* atau *fast tracking* pada aktivitas yang memungkinkan tanpa mengurangi mutu pekerjaan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa Critical Path Method (CPM) merupakan metode analisis penjadwalan yang efektif untuk mengidentifikasi aktivitas kritis, mengevaluasi deviasi waktu pelaksanaan, serta menjelaskan penyebab keterlambatan proyek. Oleh karena itu, CPM dapat dijadikan dasar dalam pengendalian jadwal dan pengambilan keputusan guna meningkatkan kinerja pelaksanaan proyek konstruksi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan lintasan kritis proyek yang terdiri atas sepuluh aktivitas, yaitu A–B–C–D–E–G–H–K–P–Q, dengan total durasi penyelesaian selama 196 hari kalender. Seluruh aktivitas pada lintasan tersebut memiliki Total Float (TF) = 0, sehingga tidak memiliki kelonggaran waktu dan setiap keterlambatan pada salah satu aktivitas akan secara langsung menambah durasi penyelesaian proyek. Sebaliknya, aktivitas non-kritis (F, I, J, L, M, N, dan O) memiliki nilai float 11–66 hari, sehingga masih memiliki toleransi keterlambatan tanpa memengaruhi durasi total proyek selama tidak melebihi nilai float yang tersedia.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa durasi kontrak proyek selama 180 hari kalender lebih pendek dibandingkan durasi hasil analisis CPM sebesar 196 hari kalender, dengan selisih 16 hari (8,89%), yang mengindikasikan bahwa target waktu kontrak relatif sulit dicapai apabila pelaksanaan proyek mengikuti hubungan ketergantungan aktivitas secara normal tanpa strategi percepatan. Selain itu, durasi aktual pelaksanaan mencapai 231 hari kalender, sehingga terjadi keterlambatan 51 hari terhadap kontrak dan 35 hari terhadap hasil analisis CPM. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya pengaruh faktor lapangan, seperti keterlambatan pengadaan material, keterbatasan tenaga kerja, koordinasi pekerjaan, kondisi cuaca, dan kendala teknis lainnya.

Metode CPM sebagai alat perencanaan dan pengendalian waktu proyek mampu mengidentifikasi aktivitas kritis, menghitung nilai float setiap aktivitas, serta menentukan lintasan kritis proyek. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam menetapkan prioritas pengawasan dan pengendalian waktu selama pelaksanaan proyek. Strategi percepatan proyek direkomendasikan difokuskan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis, terutama pekerjaan struktur (Aktivitas D) yang memiliki durasi terpanjang, yaitu 55 hari atau sekitar 28,06% dari total durasi proyek. Dengan demikian, penerapan CPM dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pengendalian waktu, optimalisasi sumber daya, dan penyusunan strategi percepatan untuk meningkatkan efektivitas pelaksanaan proyek konstruksi.

Pengendalian waktu pada proyek konstruksi sebaiknya diprioritaskan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis karena seluruh aktivitas tersebut memiliki total float sebesar nol. Pengelola proyek perlu melakukan monitoring harian terhadap aktivitas kritis serta menyiapkan langkah mitigasi apabila terjadi keterlambatan, seperti penambahan tenaga kerja, penyesuaian metode pelaksanaan, atau percepatan pengadaan material. Selain itu, penyusunan jadwal proyek hendaknya mempertimbangkan hubungan ketergantungan aktivitas secara lebih rinci agar target waktu kontrak lebih realistis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pihak yang telah membantu, dalam hal ini menyediakan data yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiya, S. N., Alhaq, A. S. dan Kusnadi. (2023). Analisis Penerapan Manajemen Waktu Dengan Metode CPM Pada Proyek Pembangunan Perumahan Griya Mahari, *Jurnal Terapan Teknik Industri (JENUIS)*, 4(2), 271-283.
DOI: <https://doi.org/10.37373/jenius.v7i1>
- Aji, N. M., Nindiani, A., Sasmi, W. T., dan Perdana, M. F. (2025). *Construction Project Scheduling Optimization with Critical Path Method (CPM) and Precedence Diagram Method (PDM)*. SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, 22(2), 251-264.
DOI: <https://doi.org/10.24014/sitekin.v22i2.37258>
- Akbar, S. R. A. A. dan Setiawan, E. (2023). Analisis Network Diagram Dengan Metode CPM dan PERT Pada Project Pekerjaan Pemasangan Komponen Kelistrikan Kereta Listrik Makasar Pare-Pare. *Prosiding Simposium Nasional RAPI XXII*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. 98-108. DOI: <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/rapi/article/view/3487>
- Al Qordhowi, A. F. Y. dan Fendrawan, R. (2025). Analisis efektifitas penerapan Critical Path Method (CPM) pada Proyek Pembangunan Tanggul Kali Lamong Kabupaten Gresik. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1), 769-776.
DOI: <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i1.36105>
- Arrumih, K. dan Astuti, Y. P. (2020). Optimalisasi Masalah Penjadwalan Proyek Pembangunan Menggunakan Metode PERT-CPM. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(2), 110-119.
DOI: <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n2.p110-119>
- Badriyah, P. A., Tjakra, J. dan Malingkas, G. Y. (2025). Analisis Manajemen Waktu Dengan Critical Path Method (CPM) pada Proyek Pembangunan Reservoir SPAM Kota Manado. *TEKNO*, 23(91), 613-620.
DOI: <https://doi.org/10.35793/jts.v23i91.61847>
- Bagshaw, K. B. (2021). PERT and CPM In Project Management With Practical Examples. *American Journal of Operations Research*, 11(4), 215-226.
DOI: <https://doi.org/10.4236/ajor.2021.114013>
- Dagut, A. M., Tameno, N., Waruwu, H. A., dan Tungga, C. A. (2024). Implementasi pengelolaan Dana Alokasi Khusus (DAK) fisik bidang pendidikan di Kabupaten Manggarai. *Glory: Jurnal Ekonomi & Ilmu Sosial*.
- Diandra, N. (2025). Analyzing Construction Schedule Deviation Using S-Curve: A Residential Project Case. *Jurnal Teknologi dan Desain (JTD)*, 1(1), 58-68.
DOI: <https://doi.org/10.51170/jtd.v1i1.115>
- Fauzi, M. F., Rumbyarso, Y. P. A. dan 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), 106-115. DOI: <https://doi.org/10.62287/jtti.v2i3.79>
- Habibi, I., Nugraha, F. Z., dan Sutrisno. (2023). Penerapan Critical Path Method pada penyelesaian proyek rehabilitasi jalan Parigi Lama di Kabupaten Sumedang. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, 4(1), 1-10.
DOI: <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v4i01.8307>
- Heizer, J. dan Render, B. (2008). *Operations management* (9th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Jamal dan Rezki, M. I. (2025). Analisis faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi di Indonesia. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 10(1), 1-8.
DOI: <https://doi.org/10.52447/jkts.v10i1.8071>

- Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2020 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Keuangan Daerah*. Jakarta: Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2024). *Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2024 tentang Pengelolaan Dana Alokasi Khusus Fisik*. Jakarta: Kementerian Keuangan Republik Indonesia.
- Kerzner, H. (2022). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Megawati, L. A., dan Lirawati. (2020). Analisis faktor keterlambatan proyek konstruksi bangunan gedung. *Jurnal Teknik*, 21(2), 27–34.
- Nadia, S., Febrianti, D., dan Fazlina, R. (2024). Analisis Pengendalian Waktu Pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Critical Path Method (Studi Kasus: Pembangunan Perumahan Mess Polri Jl. Ujung Karang – Meulaboh). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil UTU (JITSU)*, 1(1), 1–10.
DOI: <https://doi.org/10.35308/jitsu.v1i1.9983>
- Pane, M. N., Mardiaman, dan Azhar, M. (2023). Penentuan faktor keterlambatan waktu pelaksanaan proyek APBN/APBD dengan anggaran tahun tunggal untuk mengurangi klaim. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 96–109.
DOI: <https://doi.org/10.21009/jmenara.v18i2.35422>
- Presiden Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Rahayu, N. dan Mawardi, E. (2024). Analisa Penjadwalan Proyek Kontruksi Menggunakan Metode CPM dan Kurva S (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Olahraga Pemerintah Kabupaten Aceh Barat). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil UTU (JITSU)*, 1(1), 1–10.
DOI: <https://doi.org/10.35308/jitsu.v1i1.9971>
- Raranta, M. E., Manoppo, F. J. dan Malingkas, G. Y. (2025). Implementation of The Critical Path Method (CPM) in Web Applications For Project Scheduling With Python Programming. *International Journal of Social Research (IJSR)*, 4(7), 1844–1854.
DOI: <https://doi.org/10.55324/josr.v4i7.2674>
- Ridwan, A. (2025). Optimalisasi manajemen waktu proyek menggunakan metode Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation and Review Technique (PERT). *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, 15(2), 354–361.
DOI: <https://doi.org/10.30649/japk.v15i2.160>
- Rosita, D., Candra, A. dan Khairunnisa. (2024). Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Dengan Menggunakan Metode CPM Dan PERT (Studi Kasus Gedung Universitas Pamulang Kampus 3 Witana Harja). *JITMI: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 7(2), 75–84.
DOI: <https://doi.org/10.32493/jitmi.v7i2.y2024.p75-84>
- Sinurat, F. dan Misdalena, F. (2024). Analisis Manajemen Proyek Dengan Metode Critical Path Method (CPM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Chandra Tanjung Karang. *Jurnal Konstruksi*, 22(2), 98–107.
DOI: <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.22-2.2131>
- Sofiah, R., dan Siswoyo, S. (2024). Optimalisasi Waktu Pada Pelaksanaan Proyek Gedung Dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus Gedung Laboratorium School Internasional Unesa Surabaya). *axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 12(1), 023–028.
DOI: <https://doi.org/10.30742/axial.v12i1.3659>
- Sulistia, D. dan Agustina, I. D. (2023). Penjadwalan Proyek Dengan Kurva-S Pada Pembangunan Perumahan di Kota Bekasi. *Jurnal AI Ulum: LPPM Universitas AI Washliyah Medan*, 11(2), 100–106.
DOI: <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i2.540>

- Surahman, S., Saputri, Y., Athoya, M. F., Isandarus, A., Rabbani, I. H., Rahmayanti, N. I., dan Hidayati, D. (2024). *House construction of time scheduling using critical path method (CPM) in Selili district*. *Enrichment: Journal of Management*, 14(2), 276–285.
DOI: <https://doi.org/10.35335/enrichment.v14i2.1897>
- Tresnadi, A., Suparno, S., Sutrisno, S. dan Kusdiana, W. (2021). Time Acceleration Analysis and Optimal Cost of Hospital Hospital Development Project on Ship Building Using Critical Path Method (Case Study: PT. PAL Indonesia (Persero)). *International Journal of ASRO*, 12(01), 137-145.
DOI: <https://doi.org/10.37875/asro.v12i01.390>
- Wilar, W. P. R., Malingkas, G. Y. dan Mangare, J. B. (2025). Penerapan Manajemen Waktu dengan Metode CPM (Critical Path Method) Pada Proyek Pembangunan Laboratorium SMKS Kema Perintis. *TEKNO*, 23(91), 107–116.
DOI: <https://doi.org/10.35793/jts.v23i91.60792>