

Risiko Ketidakpastian Durasi dengan Metode PERT pada Pekerjaan Struktur Atas Proyek Gedung Bertingkat

Alfira Dwi Karimah, Lila Ayu Ratna Winanda*, Munasih, Mohammad Erfan

Institut Teknologi Nasional Malang, Malang 65145, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Bangunan Gedung; Durasi
Proyek; Optimalisasi Waktu;
*Program Evaluation and Review
Technique*; Struktur Atas

***Correspondence email:**

lilawinanda@lecturer.itn.ac.id

Submitted: 15 Desember 2025

Revised: 30 Desember 2025

Accepted: 17 Januari 2026

Published: 03 Februari 2026

ABSTRAK

Ketidakpastian durasi sering terjadi pada pekerjaan struktur atas akibat keterkaitan antaraktivitas serta perubahan kondisi lapangan yang dinamis. Metode penjadwalan deterministik seperti *Critical Path Method* (CPM) dinilai kurang mampu merepresentasikan variasi durasi secara realistis, sehingga diperlukan pendekatan penjadwalan berbasis probabilistik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis durasi pekerjaan struktur atas menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) yang didukung oleh penyusunan jadwal dengan alat bantu perangkat lunak *Microsoft Project*. Metode PERT diterapkan melalui tiga estimasi waktu, yaitu waktu optimis, waktu paling memungkinkan, dan waktu pesimis, dengan data yang diperoleh melalui wawancara dan kuesioner kepada tenaga ahli berpengalaman di bidang konstruksi. Berdasarkan hasil analisis, durasi aktual pelaksanaan proyek mencapai 487 hari, sedangkan durasi ekspektasi berdasarkan metode PERT adalah 235 hari dengan nilai *Z-score* sebesar 9,79 yang menghasilkan probabilitas penyelesaian sebesar 47% pada durasi ekspektasi tersebut. Perbedaan yang signifikan antara durasi ideal dan kondisi aktual di lapangan menunjukkan adanya risiko keterlambatan sebesar 53% yang harus dihadapi oleh pelaksana, sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam menetapkan durasi proyek yang lebih realistis dan dapat ditoleransi. Upaya perencanaan waktu yang lebih akurat dapat dilakukan dengan menekan risiko keterlambatan melalui pengendalian dan percepatan aktivitas lintasan kritis, sehingga peluang penyelesaian proyek dapat ditingkatkan secara optimal.

ABSTRACT

Keywords:

*Building Construction; Project
Duration; Program Evaluation
and Review Technique; Time
Optimization; Upper Structure*

Uncertainty in duration often occurs in superstructure work due to the interdependence of activities and dynamic changes in field conditions. Deterministic scheduling methods such as the Critical Path Method (CPM) are considered incapable of representing duration variations realistically, thus requiring a probabilistic scheduling approach. Therefore, this study aims to analyze the duration of superstructure work using the Program Evaluation and Review Technique (PERT) method supported by scheduling using Microsoft Project software. The PERT method was applied through three time estimates, namely optimistic time, most likely time, and pessimistic time, with data obtained through interviews and questionnaires with experienced experts in the field of construction. Based on the analysis results, the actual duration of the project implementation reached 487 days, while the expected duration based on the PERT method was 235 days with a Z-score value of 9.79, resulting in a 47% probability of completion within the expected duration. The significant difference between the ideal duration and the actual conditions in the field indicates a 53% risk of delay that must be faced by the implementer, so that the results of this study can be used as a basis for consideration in determining a more realistic and tolerable project duration. More accurate time planning can be achieved by reducing the risk of delays through controlling and accelerating critical path activities, thereby optimizing the chances of project completion.

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi, terutama yang berskala besar seperti pembangunan gedung bertingkat, merupakan rangkaian kegiatan yang kompleks serta penuh tantangan. Salah satu permasalahan utama yang sering muncul adalah inefisiensi dalam pengelolaan waktu, di mana keterlambatan penyelesaian (*time overrun*) menjadi isu yang paling sering dijumpai (Islam and Agung, 2025). Kondisi ini umumnya disebabkan oleh perencanaan dan pengendalian waktu yang kurang efektif, yang kemudian diperburuk oleh variabel tak terduga di lapangan seperti perubahan kondisi kerja, cuaca, keterlambatan material, dan keterbatasan sumber daya (Kasus *et al.*, 2022). Pada pekerjaan struktur atas (*upper structure*), risiko keterlambatan bahkan lebih tinggi karena sifat pekerjaannya yang teknis dan saling bergantung (Shah and Suprpto, 2024). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknik penjadwalan yang akurat,

adaptif, serta mampu memperhitungkan potensi risiko untuk memastikan penyelesaian proyek sesuai rencana (Langkun *et al.*, 2025).

Dalam upaya mengurangi risiko keterlambatan tersebut, industri konstruksi telah menerapkan berbagai metode manajemen proyek. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah *Critical Path Method* (CPM) (Leimena and Fahmi, 2024). Metode ini bersifat deterministik dengan hanya menggunakan satu nilai estimasi durasi untuk setiap aktivitas, sehingga efektif dalam mengidentifikasi lintasan kritis serta menentukan waktu minimum penyelesaian proyek (Aprillia and A, 2023). Namun demikian, *Critical Path Method* (CPM) memiliki keterbatasan ketika dihadapkan pada proyek dengan tingkat ketidakpastian tinggi, karena durasi setiap aktivitas tidak dapat diprediksi secara pasti (Dwiretnani Annisaa, Handayani Elvira, 2023). Pada kondisi seperti ini, *Critical Path Method* (CPM) tidak cukup fleksibel untuk menggambarkan variasi waktu yang disebabkan oleh faktor teknis maupun non-teknis (Lauriska, Negro and Priyana, 2025).

Ketika suatu proyek memiliki variabilitas durasi yang signifikan, *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) menjadi metode yang lebih sesuai. Berbeda dengan *Critical Path Method* (CPM) yang hanya menggunakan satu angka pasti, *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) menggunakan tiga jenis estimasi waktu, yaitu waktu optimis, waktu paling mungkin, dan waktu pesimis (Marpaung, Daulay and Tambunan, 2022; Aprillia and A, 2023; Kojongian, Dundu and Arsjad, 2025; Ngestiaji, Aditama and Winanda, 2025). Dengan pendekatan probabilistik melalui distribusi Beta, *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) menghasilkan nilai ekspektasi durasi yang lebih realistis karena mempertimbangkan unsur ketidakpastian secara statistik. Selain itu, kemampuan PERT dalam menghitung probabilitas penyelesaian proyek pada waktu tertentu menjadikannya alat penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat, terutama dalam konteks pengendalian waktu (Fahri, Rakhmawati and Panjaitan, 2024). (Dwiretnani Annisaa, Handayani Elvira, 2023)

Berdasarkan kebutuhan untuk meningkatkan keakuratan perencanaan waktu pada pekerjaan struktur atas, serta mempertimbangkan keunggulan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam menangani variabilitas durasi, penelitian ini memandang metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) sebagai pendekatan yang tepat untuk diterapkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat ketidakpastian durasi serta risiko penyelesaian proyek pada pekerjaan struktur atas menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan model penjadwalan yang lebih realistis dan adaptif terhadap kondisi lapangan, serta menjadi rekomendasi strategis bagi manajer proyek dalam menyusun rencana waktu yang lebih akurat (Sari *et al.*, 2025).

METODE

Data dan Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Asrama Tsurayya *Islamic School* yang berlokasi di Kabupaten Malang, dengan fokus utama pada pekerjaan struktur atas yang memiliki tingkat ketidakpastian durasi tinggi. Data primer dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner kepada *engineer* lapangan, kontraktor pelaksana, dan konsultan pengawas yang terlibat langsung dalam proses konstruksi. Selain itu, penelitian juga menggunakan data sekunder berupa kurva S, *time schedule*, serta laporan harian proyek sebagai dasar analisis durasi dan urutan aktivitas. Penggabungan kedua jenis data ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi aktual proyek serta estimasi waktu yang digunakan dalam perencanaan.

Tahap analisis dimulai dengan pengumpulan estimasi waktu optimis, paling mungkin, dan pesimis untuk setiap aktivitas, yang kemudian dihitung menggunakan metode PERT guna memperoleh nilai durasi ekspektasi. Setelah itu dilakukan perhitungan standar deviasi dan variansi untuk menilai tingkat ketidakpastian durasi setiap aktivitas. Nilai - nilai tersebut kemudian dipetakan dalam *network diagram* menggunakan alat bantu penjadwalan *Microsoft Project* untuk mengidentifikasi hubungan ketergantungan antaraktivitas serta lintasan kritis yang menentukan waktu minimum penyelesaian proyek. Selanjutnya dilakukan analisis tingkat kemungkinan proyek dapat diselesaikan sesuai durasi rencana melalui perhitungan distribusi normal (Z), sehingga diperoleh gambaran seberapa besar peluang proyek mencapai target waktu yang telah ditetapkan.

Tahap akhir analisis berfokus pada identifikasi aktivitas dengan ketidakpastian tertinggi dan aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Aktivitas - aktivitas tersebut dianggap memiliki risiko paling signifikan terhadap durasi total proyek sehingga memerlukan pengendalian yang lebih intensif. Melalui seluruh rangkaian proses analisis tersebut, penelitian ini mampu menggambarkan tingkat risiko ketidakpastian durasi serta memberikan rekomendasi agar pelaksanaan pekerjaan struktur atas dapat dikelola secara lebih efektif dan tepat waktu.

HASIL

Analisis hasil pada penelitian ini difokuskan pada perhitungan durasi pekerjaan struktur atas menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Seluruh data yang digunakan merupakan hasil

pengolahan dari estimasi waktu optimis, *most likely*, dan pesimis yang diberikan oleh responden yang berpengalaman di bidang konstruksi. Data tersebut kemudian dihitung untuk memperoleh waktu harapan (*expected time*), standar deviasi, serta varians pada setiap pekerjaan. Hasil perhitungan ini selanjutnya digunakan untuk menentukan lintasan kritis proyek dan probabilitas penyelesaian pekerjaan struktur atas pada Proyek Asrama Tsurayya Islamic School. Dengan demikian, bagian ini menyajikan secara sistematis tahapan hasil mulai dari perhitungan durasi PERT hingga analisis probabilitas waktu penyelesaian proyek.

Perhitungan Estimasi Waktu Aktivitas

Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) menggunakan tiga jenis estimasi waktu, yakni waktu optimistis, waktu yang paling realistis, serta waktu pesimis (Lugina, Suseno and Sunakalis Geraldo Cikal, 2022). Untuk menentukan nilai durasi pada setiap aktivitas, proses pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan berbagai pihak, termasuk tim pelaksana pembangunan gedung, para praktisi yang memiliki pengalaman berbeda-beda, serta kalangan akademisi.

Tabel 1 Durasi Pekerjaan

No	Urain Pekerjaan	Durasi Optimis (a)	Durasi Yang Paling Mungkin (m)	Durasi Pesimis (b)	Waktu Diharapkan (te)
		(Hari)	(Hari)	(Hari)	(Hari)
4	LANTAI 3				
4,1	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m	17	20	29	19
4,2	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m	2	2	4	4
4,3	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 5m	4	6	9	7
4,4	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 5m	1	2	3	4
4,5	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 4m	2	3	4	5
4,6	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 4m	1	1	2	3
4,7	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 3m	1	2	3	4
4,8	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 3m	1	2	2	5
4,9	Pekerjaan Baja Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 8m	4	6	3	12
4,10	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 8m	1	2	3	4
4,11	Pekerjaan Baja Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 3m	1	2	4	3
4,12	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 3m	1	2	3	4
4,13	Pekerjaan Baja Balok B3 (300 mm x 150 mm) Bentang 8m	23	30	36	26

Sumber : Penelitian Penulis (2025)

Berdasarkan data pada Tabel 1, telah diperoleh nilai waktu optimis, *most likely*, dan pesimis untuk setiap aktivitas. Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu ekspektasi (*expected time*), standar deviasi, dan variansi durasi pekerjaan menggunakan metode PERT (Wahyudiono *et al.*, 2023).

$$te = (a + 4m + b) / 6 \quad (1)$$

Keterangan :

te = nilai rata – rata

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

Contoh perhitungan untuk Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m:

$$\begin{aligned} te &= (a + 4m + b) / 6 \\ &= (17 + (4 \times 20) + 29) / 6 \\ &= 19 \text{ hari} \end{aligned}$$

Pada Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m, durasi ekspektasi (Te) diperoleh sebesar 19 hari. Nilai ini merupakan estimasi waktu yang paling realistis untuk menyelesaikan pekerjaan balok tersebut, dengan mempertimbangkan variasi dan ketidakpastian yang mungkin terjadi di lapangan, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pengendalian jadwal proyek.

Mengidentifikasi Network Diagram

Output dari perhitungan menggunakan metode PERT kemudian diorganisasikan ke dalam bentuk jaringan kerja atau *network diagram*. Penyusunan diagram ini bertujuan untuk menggambarkan urutan serta keterkaitan antaraktivitas secara sistematis, sehingga alur pekerjaan dapat terlihat dengan jelas dan mudah dipahami. Pada tahap

ini, setiap hubungan antaraktivitas diidentifikasi dengan cermat, sehingga proses pendefinisian, pengelompokan, dan pengurutan pekerjaan dapat dilakukan secara terstruktur dan selaras dengan logika pelaksanaan proyek. Dengan demikian, *network diagram* tidak hanya memvisualisasikan aliran pekerjaan, tetapi juga menjadi alat penting dalam perencanaan, pengawasan, dan pengendalian jadwal proyek.

Tabel 2 Hubungan Antar Pekerjaan

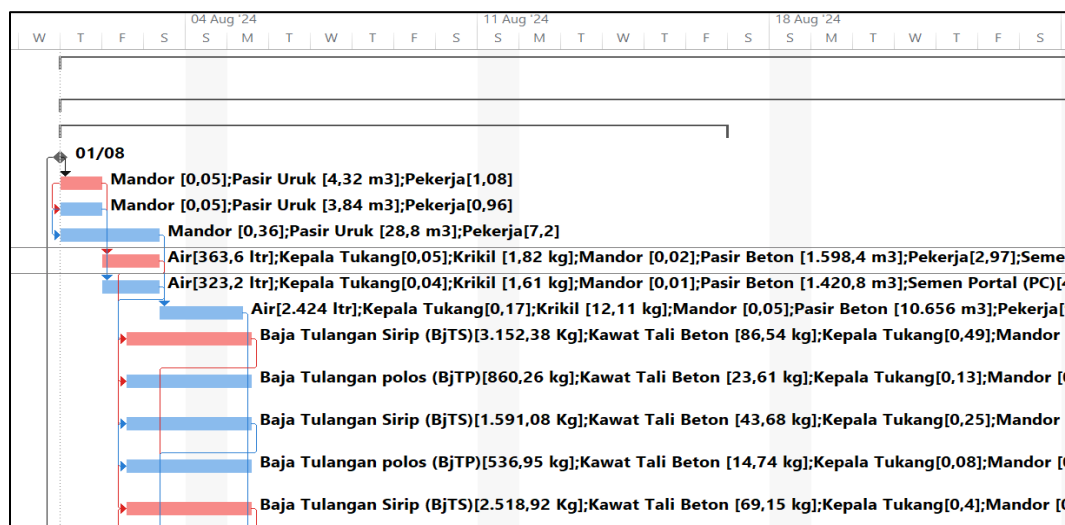
No	Uraian Pekerjaan	Durasi (HARI)	Hubungan Antar Pekerjaan
4	LANTAI 3		
4.1	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m	19	210SS+5 days
4.2	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m	4	213FS-5 days
4.3	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 5m	7	210SS+5 days
4.4	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 5m	4	215FS-2 days
4.5	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 4m	5	210SS+5 days
4.6	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 4m	3	217FS-1 day
4.7	Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 3m	4	210SS+5 days
4.8	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 3m	5	219FS-1 day
4.9	Pekerjaan Baja Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 8m	12	210SS+5 days
4.10	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 8m	4	221FS-3 days
4.11	Pekerjaan Baja Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 5m	3	210SS+5 days
4.12	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Balok B2 (350 mm x 175 mm) Bentang 5m	4	223FS-1 day
4.13	Pekerjaan Baja Balok B3 (300 mm x 150 mm) Bentang 8m	26	210SS+5 days

Sumber : Penelitian Penulis (2025)

Pada Tabel 2 di atas terlihat keterkaitan antaraktivitas melalui kolom *predecessor*, yang menunjukkan aktivitas mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum aktivitas berikutnya dapat dimulai. Informasi pada kolom antar pekerjaan tersebut menjelaskan hubungan ketergantungan yang membentuk urutan pelaksanaan proyek secara runtut. Dengan memahami hubungan ini, alur kerja dapat ditata dengan lebih sistematis sehingga memudahkan identifikasi aktivitas yang berpengaruh langsung terhadap kelancaran proses konstruksi.

Alat bantu penjadwalan seperti *Microsoft Project* menyediakan fitur *network diagram* yang menampilkan rangkaian aktivitas proyek dari awal hingga akhir secara visual (Kartika *et al.*, 2025). Pada Gambar 1, terlihat alur pekerjaan yang tersusun berdasarkan hubungan ketergantungan antaraktivitas. Warna merah dan biru yang muncul merupakan hasil sinkronisasi dengan tampilan *Gantt Chart*, di mana setiap warna menandakan perbedaan status aktivitas. Selain itu, lintasan kritis juga ditampilkan otomatis berdasarkan struktur ketergantungan yang telah dimasukkan melalui kolom *predecessor*, sehingga aktivitas yang berpengaruh langsung terhadap total durasi proyek dapat dikenali dengan jelas.

Pada bagian kanan tampilan *Microsoft Project*, *Gantt Chart* memperlihatkan batang - batang berwarna merah dan biru. Warna biru menunjukkan aktivitas yang berada pada jalur non-kritis, sedangkan warna merah menandakan aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis. Dalam proyek pembangunan Asrama Tsurayya Islamic School, terdapat beberapa pekerjaan yang masuk dalam kategori kritis, sehingga membutuhkan pengawasan dan pengendalian yang lebih intensif. Informasi ini menjadi acuan penting bagi manajer proyek untuk melakukan evaluasi serta menentukan langkah mitigasi agar potensi keterlambatan dapat diminimalkan.



Gambar 1 Tampilan pada alat bantu software penjadwalan lintasan kritis

Sumber : Penelitian Penulis (2025)

Target Jadwal Penyelesaian Proyek Dari Jalur Kritis

Perhitungan standar deviasi pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis dilakukan untuk menilai tingkat ketidakpastian durasi setiap aktivitas. Nilai ini dihitung dari tiga estimasi waktu metode PERT optimis, paling memungkinkan, dan pesimis sehingga dapat menggambarkan potensi penyimpangan durasi pada aktivitas yang tidak memiliki kelonggaran waktu. Aktivitas dengan standar deviasi tinggi menunjukkan risiko keterlambatan yang lebih besar dan memerlukan pengendalian lebih intensif. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pekerjaan Pada Lintasan Kritis

ID	Uraian Pekerjaan
LANTAI BASEMENT	
4	Mulai
5	Urugan Pasir Bawah Untuk Sloof S1 Bentang 8m
8	Cor Beton Lantai Kerja Untuk Sloof S1 Bentang 8m
11	Pekerjaan Pembesian Sloof S1 Bentang 8m Tulangan Utama Ulir D22+D13
15	Pekerjaan Pembesian Kolom Struktur (K1) 3.5m Tulangan Utama Ulir D22
27	Bekisting Untuk Kolom Struktur K1 3.5m
29	Beton Betulang Untuk Kolom Struktur K1 3.5m
34	LANTAI 1
60	Pekerjaan Pembesian Sloof S2 Bentang 1.5m Tulangan Sengkang Polos Ø10
70	Pekerjaan Pembesian Kolom Struktur (K1) 4m Tulangan Utama Ulir D22
105	Bekisting Untuk Kolom Struktur K1 4m
108	Beton Betulang Untuk Kolom Struktur K1 4m
115	LANTAI 2
134	Pekerjaan Pembesian Balok B1 Bentang 8m Tulangan Utama Ulir D19
156	Pekerjaan Pembesian Kolom Struktur (K1) 1m Tulangan Utama Ulir D22
197	Bekisting Untuk Kolom Struktur K1 1m
202	Beton Betulang Untuk K1 1m
205	Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Untuk Kolom Struktur K1
208	Pekerjaan Baja Base Plate (800 mm x 800 mm)
210	Pekerjaan Baja Kolom C1 & C2 (400 mm x 400 mm) Bentang 2.5m
212	LANTAI 3
229	Pekerjaan Baja Balok B3 (300 mm x 150 mm) Bentang 8m
237	Pemasangan Panel Lantai
238	Pekerjaan Baja Kolom C1 & C2 (400 mm x 400 mm) Bentang 3.5m
245	LANTAI 4
262	Pekerjaan Baja Balok B3 (300 mm x 150 mm) Bentang 8m
270	Pemasangan Panel Lantai
271	Pekerjaan Baja Kolom C1 & C2 (400 mm x 400 mm) Bentang 3.5m
278	LANTAI 5
295	Pekerjaan Baja Balok B3 (300 mm x 150 mm) Bentang 8m
303	Pemasangan Panel Lantai
304	Pekerjaan Baja Kolom C1 & C2 (400 mm x 400 mm) Bentang 3.5m
311	LANTAI 6
328	Pekerjaan Baja Balok B3 (300 mm x 150 mm) Bentang 8m
336	Pemasangan Panel Lantai
337	Pekerjaan Baja Kolom C1 & C2 (400 mm x 400 mm) Bentang 3.5m
338	Pekerjaan Cat Permukaan Baja dengan Meni Besi Kolom C1 & C2 (400 mm x 400 mm) Bentang 3.5m

Sumber : Penelitian Penulis, (2025)

Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis merupakan rangkaian pekerjaan yang secara langsung menentukan durasi total proyek. Aktivitas pada jalur ini tidak memiliki kelonggaran waktu (*float*), sehingga setiap keterlambatan, baik dalam bentuk penundaan pelaksanaan, kekurangan sumber daya, maupun kendala teknis di lapangan, akan berpengaruh langsung terhadap bertambahnya durasi penyelesaian proyek. Oleh karena itu, pengendalian dan pengawasan terhadap aktivitas kritis perlu dilakukan secara lebih intensif agar target waktu proyek dapat tercapai sesuai rencana.

Setelah itu, dilakukan perhitungan nilai standar deviasi dan varians untuk setiap pekerjaan. Kedua nilai ini digunakan untuk melihat tingkat penyimpangan dan variasi durasi atau biaya dari tiap aktivitas. Adapun rumus - rumus yang dapat digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

$$S = (b - a) / 6 \quad (2)$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

Contoh perhitungan untuk Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m :

$$S = (b - a) / 6 \quad (3)$$

$$= (29 - 17) / 6$$

$$= 2,0667$$

Sedangkan rumus untuk menghitung nilai varians diperoleh dari kuadrat standar deviasi, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= s^2 \text{ (4)} \\ &= 2,0667^2 \\ &= 4,2711 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, Pekerjaan Baja Balok B1 (450 mm x 200 mm) Bentang 8m memiliki *expected time* sebesar 19 hari dengan standar deviasi 2,0667 dan variansi 4,2711. Nilai - nilai ini menunjukkan durasi rata - rata serta tingkat ketidakpastian pekerjaan tersebut. Untuk melihat keseluruhan hasil analisis durasi dan penyimpangannya, tabel berikut menyajikan rekapitulasi *expected time*, standar deviasi, dan variansi dari seluruh aktivitas dalam pekerjaan struktur atas.

Selanjutnya, dari seluruh aktivitas yang dianalisis, aktivitas - aktivitas yang berada pada lintasan kritis digunakan untuk menghitung nilai sLK (standar deviasi & lintasan kritis), yang menjadi dasar perhitungan probabilitas penyelesaian proyek. Nilai sLK diperoleh dengan menjumlahkan kuadrat standar deviasi masing-masing aktivitas pada lintasan kritis, kemudian diakarkan. Perhitungan rinci nilai sLK disajikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} sLk &= 0,167+0,167+0,167+0,317+0,483+0,317+0,167+0,350+0,717+0,317+0,483+0,300+0,317+0,167+0,167 \\ &\quad +0,500+1,350+0,733+1,367+1,583+2,150+1,367+1,583+2,150+1,367+1,583+2,150+1,367+1,583+0,300 \\ &= 25,733 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} vLk &= \sqrt{sLK} \\ &= \sqrt{25,733} \\ &= 5,072 \end{aligned}$$

Setelah pekerjaan yang berada pada jalur kritis berhasil diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah menghitung durasi probabilistik dalam penyusunan jadwal menggunakan metode PERT. Penentuan durasi berbasis probabilitas ini memiliki hubungan langsung dengan rangkaian kegiatan pada lintasan kritis. Selanjutnya, dilakukan penyusunan skala peluang dengan memanfaatkan tabel distribusi probabilitas yang disesuaikan dengan nilai waktu ekspektasi (Te). Berdasarkan data proyek didapatkan hasil durasi 487 hari. Nilia ini merupakan target durasi pekerjaan (Td). Berdasarkan hasil penjadwalan pada dengan pendekatan metode PERT mendapatkan hasil durasi 235 hari. Nilai ini merupakan target ekspektasi (Te). Untuk memperkirakan peluang penyelesaian proyek atau menentukan durasi total penyelesaian, digunakan pendekatan distribusi normal melalui perhitungan nilai *Z-score* (Nanda, Kurniawati and Riswanto, 2023), engan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z &= (Td - Te) / sLK \\ &= (487 - 235) / 25,733 \\ &= 9,79 \text{ hari} \end{aligned}$$

Persentase probabilitas dari tiap nilai Distribusi Normal (Z) diperoleh melalui prosedur perhitungan yang ditunjukkan pada perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas} &= (Te - vLk) / Td \\ &= (235 - 5,072) / 487 \\ &= 47 \times 100\% \\ &= 47 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan probabilitas menggunakan metode PERT, diketahui bahwa target durasi proyek 487 hari hanya memiliki peluang selesai sebesar 47%. Artinya, dengan jadwal yang digunakan saat ini, proyek lebih berpeluang mengalami keterlambatan daripada selesai tepat waktu. Kondisi ini menunjukkan bahwa jadwal proyek masih mengandung ketidakpastian yang cukup tinggi.

Jika manajer proyek menginginkan tingkat kepastian yang lebih baik, misalnya probabilitas 80%, maka durasi yang digunakan tidak bisa tetap pada 487 hari. Manajer perlu memilih durasi lain yang pada tabel probabilitas menunjukkan peluang keberhasilan yang lebih besar. Dengan kata lain, semakin tinggi tingkat probabilitas yang diinginkan, semakin besar pula durasi ekspektasi yang harus disiapkan.

Ilustrasi tersebut menegaskan bahwa pemilihan durasi proyek harus disesuaikan dengan tingkat risiko yang dapat diterima oleh manajemen. Bila toleransi risikonya rendah, maka proyek harus direncanakan dengan durasi yang lebih aman. Namun jika manajemen menerima risiko lebih tinggi, durasi yang lebih singkat masih dapat dipertahankan.

Tabel 4 Perhitungan Probabilitas Waktu Pelaksanaan

Probabilitas Waktu Pelaksanaan		
TE	$Z = (Td-Te) / sLK$	Probabilitas
230	10,06	46,19
235	9,86	47,22
240	9,67	48,24
250	9,28	50,30
260	8,88	52,35
270	8,49	54,40
280	8,10	56,46
290	7,71	58,51
300	7,32	60,56
310	6,93	62,62
320	6,54	64,67
330	6,14	66,72
340	5,75	68,78
350	5,36	70,83
360	4,97	72,88
370	4,58	74,94
380	4,19	76,99
390	3,80	79,04
400	3,41	81,10
410	3,01	83,15
420	2,62	85,20
430	2,23	87,26
440	1,84	89,31
450	1,45	91,36
460	1,06	93,42
470	0,67	95,47
480	0,27	97,52
490	-0,12	99,58
495	-0,31	100,00

Sumber : Penelitian Penulis (2025)

Perhitungan persentase probabilitas durasi proyek dapat mengalami perubahan sesuai dengan variasi nilai waktu ekspektasi atau *Time Expectation* (T_e), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4. Nilai T_e pada tabel tersebut disusun dengan interval kenaikan sebesar 10 hari untuk mempermudah proses interpretasi dan membuat penyajian data lebih terstruktur. Penggunaan interval ini juga membantu dalam melihat kecenderungan perubahan probabilitas secara bertahap, sehingga analisis terhadap peluang penyelesaian proyek pada durasi tertentu dapat dilakukan dengan lebih jelas dan mudah dipahami.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PERT mampu memberikan gambaran realistis mengenai tingkat ketidakpastian durasi pada pekerjaan struktur atas. Dengan durasi ekspektasi sebesar 235 hari dan probabilitas penyelesaian hanya 47%, dapat disimpulkan bahwa jadwal proyek tidak berada dalam kondisi aman. Probabilitas di bawah 50% mengindikasikan bahwa proyek lebih besar kemungkinan mengalami keterlambatan daripada selesai sesuai rencana. Kondisi ini menjadi bukti bahwa estimasi awal responden cenderung terlalu optimis dan belum memasukkan faktor risiko secara menyeluruh.

Apabila probabilitas 47% dianggap terlambat, artinya proyek membutuhkan evaluasi menyeluruh terhadap aktivitas lintasan kritis. Namun, apabila probabilitas ini dianggap tidak terlambat, maka manajemen proyek harus siap menerima tingkat risiko yang cukup besar. Biasanya, proyek konstruksi memerlukan probabilitas minimal 70 – 90% agar dianggap aman secara waktu. Dengan demikian, 47% tidak dapat dikategorikan sebagai durasi yang aman karena tidak memberikan jaminan yang cukup terhadap keberhasilan penyelesaian tepat waktu.

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa terdapat tingkat risiko sebesar 53% yang harus ditanggung oleh pelaksana dalam menyelesaikan seluruh rangkaian pekerjaan. Temuan ini dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam menetapkan durasi pelaksanaan proyek yang masih berada dalam batas toleransi pelaksana.

Untuk meningkatkan peluang penyelesaian, durasi rencana seharusnya dinaikkan hingga mendekati nilai probabilitas 80%. Perhitungan menunjukkan bahwa durasi aman berada pada kisaran 256 hari. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa terdapat tingkat risiko sebesar 20% yang harus ditanggung oleh pelaksana dalam menyelesaikan seluruh rangkaian pekerjaan. Hal ini berarti bahwa jadwal proyek perlu dikaji ulang dan disesuaikan agar risiko keterlambatan dapat diminimalkan. Selain itu, langkah percepatan dapat diterapkan, seperti menambah tenaga kerja,

meningkatkan jumlah alat, atau menambah jam kerja (*overtime*) pada aktivitas kritis.

Kondisi lapangan menunjukkan bahwa aktivitas baja dan pekerjaan struktur lantai atas menjadi sumber ketidakpastian terbesar. Variabilitas produktivitas tenaga kerja, antrean pekerjaan yang panjang, serta hambatan logistik menjadi penyebab utama deviasi durasi. Oleh karena itu, peningkatan pengawasan dan pengendalian pada aktivitas tersebut sangat penting. Kolaborasi antara kontraktor, konsultan, dan manajemen proyek juga harus diperkuat untuk memastikan bahwa hambatan dapat ditangani segera sebelum memengaruhi aktivitas berikutnya dalam lintasan kritis.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode PERT efektif digunakan untuk mengestimasi durasi pekerjaan struktur atas pada Proyek Asrama Tsurayya *Islamic School*. Hasil analisis menunjukkan durasi ekspektasi 235 hari, sedangkan durasi aktual mencapai 487 hari, sehingga tampak adanya keterlambatan signifikan akibat hambatan di lapangan. Lintasan kritis terdiri dari pekerjaan bekisting, pembesian, pengecoran, dan baja profil yang memiliki standar deviasi tinggi dan menjadi sumber utama ketidakpastian durasi. Probabilitas penyelesaian proyek pada durasi ekspektasi hanya sebesar 47%, Hasil ini menunjukkan bahwa sebesar 53% resiko yang harus dihadapi oleh pelaksana untuk menyelesaikan seluruh tahapan pekerjaan. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya analisis probabilistik dalam penjadwalan, karena PERT mampu mengidentifikasi aktivitas kritis, risiko durasi, serta mendukung pengambilan keputusan dalam pengendalian waktu proyek. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan bahwa setiap durasi yang direncanakan memiliki potensi untuk dianalisis lebih lanjut bisa melalui percepatan *Time Cost Trade Off* (TCTO). Dengan mengeksplorasi berbagai alternatif percepatan pada setiap aktivitas kritis, analisis yang dilakukan dapat menghasilkan gambaran biaya dan waktu yang lebih lengkap dan komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprillia, S.C. and A, Q.Q. (2023) "Optimalisasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan rumah tinggal di Kecamatan Rantau Pulung Kutai Timur menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan Program *Evaluation and Review Technique* (PERT)," *jurnal.fmipa.unmul.ac.id*, 2(1), pp. 11–24.
- Dwiretnani Annisaa, Handayani Elvira, S.N. (2023) "Evaluasi Penjadwalan Waktu Proyek Pembangunan Gedung Menggunakan *Critical Path Method* (CPM) Annisaa," *Jurnal Talenta Sipil*, 6(1995), pp. 391–400. Available at: <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v6i2.334>.
- Fahri, M.I., Rakhmawati, F. and Panjaitan, D.J. (2024) "Optimasi Waktu Dan Biaya Pembangunan Box Underpass Proyek Jalan Tol Ruas Sigli-Banda Aceh Dengan Menggunakan Metode Pert Dan Evm," *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7, pp. 44–56.
- Islam, U. and Agung, S. (2025) "Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Pert Dan Fast Track Dari Hasil Pembangunan Kek Mandalika Paket 1 Nano Suharyono 1 ,Rachmat Mudiyono 2 ,Sumirin 3 .," *Journal of Mandalika Literature*, 6(3), pp. 917–923.
- Kartika, D. et al. (2025) "Analisis Optimasi Percepatan Waktu Proyek Konstruksi untuk Mengatasi Keterlambatan Jadwal," *Jurnal Infomanpro*, 14(2), pp. 63–71.
- Kasus, S. et al. (2022) "Analisis Perbandingan Penjadwalan Proyek Dengan Metode CPM , PERT , KURVA-S," *Media Komunikasi Ilmiah Dibidang Teknik e-ISSN*, 23(1), pp. 77–89.
- Kojongian, J., Dundu, A. and Arsjad, T. (2025) "Penerapan Metode PERT Untuk Penjadwalan Gedung Kuliah FMIPA," 23(91).
- Langkun, C.N. V et al. (2025) "Penerapan Metode PERT Untuk Penjadwalan Gedung Kuliah FMIPA Jurusan Farmasi Universitas Sam Ratulangi," 23(91).
- Lauriska, N.F., Negoro, Y.P. and Priyana, E.D. (2025) "Analisis Waktu Dan Biaya Proyek Sistem Sie Water Menggunakan Metode CPM DAN PERT," 4(4), pp. 1550–1558.
- Leimena, I.M. and Fahmi (2024) "Percepatan waktu menggunakan metode cpm dan pert pada proyek instalasi pipa dan mesin pompa swimming pool buin batu school," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 11(1).
- Lugina, L., Suseno, A. and Sunakalis Geraldo Cikal (2022) "Penerapan Metode Project Evaluation and Review Technique (PERT) dan *Critical Path Method* (CPM) terhadap Pembangunan Gedung," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6, pp. 880–888.
- Marpaung, R., Daulay, I.N. and Tambunan, V. (2022) "Optimalisasi penjadwalan proyek pembangunan pabrik kelapa sawit dengan menggunakan metode PERT dan CPM pada PT . Bintang Riski Abadi," 17, pp. 117–127.
- Nanda, M.P., Kurniawati, M. and Riswanto, S. (2023) "Penggunaan Metode Project Evaluation Review Technique (PERT) Dalam Evaluasi Perencanaan," *Jurnal Teknik Sipil*, 17(3), pp. 163–173. Available at: <https://doi.org/10.24002/jts.v17i3.7181>.

Alfira Dwi Karimah, Lila Ayu Ratna Winanda*, Munasih, Mohammad Erfan: *Risiko Ketidakpastian Durasi dengan Metode PERT pada Pekerjaan Struktur Atas Proyek Gedung Bertingkat*

- Ngestiaji, R.D.P., Aditama, V. and Winanda, L.A.R. (2025) *Penerapan Metode Pert Pada Penjadwalan Pembangunan Tugu Alun-Alun Kota Mojokerto*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Sari, D.M. *et al.* (2025) “Biaya dan Waktu Proyek Gedung Satnarkoba dengan Metode CPM dan Metode PERT,” *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), p. 900. Available at: <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v8i2.969>.
- Shah, T.A. and Suprpto, B.A.R. (2024) “Optimasi Manajemen Waktu Proyek Menggunakan Metode Cpm Dan Pert Pada Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Rumah Sakit Birrul Walidain Kabupaten Lamongan,” *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(2), pp. 96–103.
- Wahyudiono, S. *et al.* (2023) “Penerapan Metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) Pada Proyek Malang Creative Center (MCC) Berdasarkan *Building Information Modelling* (BIM) *Application Of the Program Evaluation and Review Technique (PERT) Method in The Malang Creati*,” *Media Teknik Sipil*, 21(2), pp. 66–76.