
ANALISIS PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERT (Program *Evaluation And Review Technique*)

Nerli Khairani¹, Anastasya Putri Wibowo², Anggi Pasha Aritonang³, Elizabeth Hutasoit⁴, Niquita Sepha Kanaya⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Negeri Medan

nerlinst@yahoo.co.id¹, annastasyaputri17@gmail.com²,
aritonanganggi980@gmail.com³, elizabethhutasoit2005@gmail.com⁴,
niquitasephakanaya@gmail.com⁵

ABSTRACT; *This article aims to provide a comprehensive overview of the differences in education systems between developed and developing countries, particularly regarding quality, equity, and factors influencing education quality. This research uses a qualitative approach through a literature review, examining various sources such as books, journals, and relevant previous research. The results of the study indicate that developed countries generally have adequate education funding, high teacher qualification standards, adaptive curricula, and optimal use of technology in the learning process. Conversely, developing countries still face challenges such as limited facilities, unequal access to education, uneven teacher quality, and curricula that tend to be rigid and memorization-oriented. This analysis concludes that differences in socio-economic conditions and policies play a significant role in shaping the quality of the education systems of these two groups of countries. Therefore, developing countries need to strengthen policies, improve the quality of teaching staff, ensure equitable access to education, and invest continuously in educational infrastructure and technology to catch up and create a more inclusive and sustainable education system.*

Keywords: *Education, Developed Countries, Developing Countries, Quality Of Education, Equal Access.*

ABSTRAK; Artikel ini bertujuan memberikan gambaran menyeluruh mengenai perbedaan sistem pendidikan antara negara maju dan negara berkembang, khususnya terkait kualitas, pemerataan, serta faktor-faktor yang memengaruhi mutu pendidikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui kajian pustaka dengan menelaah berbagai sumber seperti buku, jurnal, serta penelitian terdahulu yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa negara maju umumnya memiliki pendanaan pendidikan yang memadai, standar kualifikasi guru yang tinggi, kurikulum adaptif, serta pemanfaatan teknologi yang optimal dalam proses pembelajaran. Sebaliknya, negara berkembang masih menghadapi tantangan berupa keterbatasan sarana, ketidakmerataan akses pendidikan, kualitas guru yang belum merata, serta kurikulum yang cenderung kaku dan berorientasi pada hafalan. Analisis ini menyimpulkan bahwa perbedaan kondisi sosial-ekonomi dan kebijakan berperan besar dalam membentuk kualitas sistem pendidikan kedua kelompok negara tersebut. Oleh karena itu, negara berkembang perlu melakukan penguatan kebijakan,

peningkatan kualitas tenaga pendidik, pemerataan akses pendidikan, serta investasi berkelanjutan dalam infrastruktur dan teknologi pendidikan agar mampu mengejar ketertinggalan dan mewujudkan sistem pendidikan yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Pendidikan, Negara Maju, Negara Berkembang, Kualitas Pendidikan, Pemerataan Akses.

PENDAHULUAN

Kegiatan konstruksi merupakan salah satu sektor penting dalam mendukung pembangunan fisik dan ekonomi di berbagai daerah. Pertumbuhan penduduk, perkembangan wilayah, dan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan fasilitas permukiman mendorong tingginya permintaan terhadap proyek-proyek pembangunan. Di tengah meningkatnya kebutuhan tersebut, pelaksanaan proyek konstruksi tidak dapat dipisahkan dari tantangan seperti keterbatasan sumber daya, ketidakpastian durasi aktivitas, serta potensi terjadinya ketidakefisienan waktu dan biaya (Sebastian & Oei Fuk Jin, 2025). Oleh karena itu, perencanaan dan penjadwalan proyek menjadi aspek yang sangat krusial agar pelaksanaan proyek berjalan optimal sesuai target yang telah ditetapkan. Hal ini selaras dengan pendapat berbagai literatur yang menyatakan bahwa manajemen proyek diperlukan untuk mengarahkan, mengorganisasi, dan mengendalikan seluruh aktivitas proyek secara efektif agar tujuan dapat tercapai dalam waktu yang tepat dan biaya yang efisien (Massie et al., 2022). Salah satu bentuk proyek konstruksi yang banyak dilakukan di berbagai daerah adalah pembangunan perumahan.

Peningkatan kebutuhan tempat tinggal, terutama di kawasan berkembang dan padat penduduk, menjadikan proyek pembangunan perumahan sebagai kegiatan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berdampak langsung pada masyarakat (Siagian et al., 2023). Namun, proyek pembangunan perumahan juga memiliki tingkat kompleksitas yang cukup tinggi karena melibatkan banyak tahapan pekerjaan yang saling berkaitan, mulai dari pekerjaan awal, struktur, arsitektur, hingga instalasi penunjang. Kondisi ini menuntut adanya perencanaan aktivitas yang terstruktur serta penjadwalan yang akurat agar setiap kegiatan dapat dikoordinasikan dengan baik dan terhindar dari keterlambatan maupun pembengkakan biaya.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, salah satu metode perencanaan dan penjadwalan yang banyak digunakan adalah Program Evaluation and Review Technique (PERT). Menurut sumber literatur, PERT dikembangkan oleh U.S. Navy pada akhir

tahun 1950-an untuk menangani proyek berskala besar dan kompleks yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi terhadap durasi aktivitas (Wardhani & Ayub, 2025). Metode ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antar pekerjaan dalam proyek serta memperkirakan waktu penyelesaian dengan memperhatikan variasi waktu yang mungkin terjadi. Selain itu, PERT memberikan kemampuan untuk mengidentifikasi lintasan kritis, yaitu rangkaian kegiatan yang menentukan durasi total proyek, sehingga manajer proyek dapat lebih fokus dalam melakukan pengawasan pada aktivitas yang berisiko tinggi menyebabkan keterlambatan (Sholeh, 2024).

Pada pelaksanaan proyek pembangunan perumahan ini direncanakan mulai pada tanggal 01 Februari 2025 dan selesai pada tanggal 17 Mei 2025 dengan masa kerja 106 hari kalender. Namun, pelaksanaan proyek pembangunan perumahan tersebut ternyata selesai pada tanggal 7 Juni 2025, yang artinya pekerjaan mengalami keterlambatan selama 21 hari kerja, sehingga waktu rencana proyek tidak berjalan secara optimal. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek sehingga dapat diketahui berapa lama proyek tersebut seharusnya diselesaikan serta kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan metode PERT (Project Evaluation and Review Technique).

Penerapan metode PERT dalam proyek pembangunan perumahan menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi waktu dan mendukung pengendalian biaya selama proses pelaksanaan. Melalui analisis jaringan kerja menggunakan PERT, seluruh aktivitas dapat disusun dalam urutan yang jelas, hubungan ketergantungan dapat diidentifikasi, serta waktu penyelesaian proyek dapat diperkirakan secara lebih realistis. Berdasarkan hal tersebut, artikel ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan dan penjadwalan proyek pembangunan perumahan dengan menggunakan metode PERT sebagai upaya untuk menghasilkan perencanaan yang lebih efektif, efisien, dan mampu meminimalkan risiko keterlambatan dalam pelaksanaan proyek.

KAJIAN PUSTAKA

Perencanaan proyek merupakan langkah fundamental dalam manajemen proyek yang bertujuan untuk merancang alur kerja yang efisien dan memastikan waktu serta sumber daya yang optimal. Dalam proyek pembangunan perumahan, keandalan penjadwalan menjadi kunci dalam menghindari keterlambatan dan pembengkakan biaya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu perencanaan dan penjadwalan

proyek adalah PERT (Program Evaluation and Review Technique), yang bertujuan untuk meminimalisir ketidakpastian dalam durasi proyek.

Perencanaan Proyek dengan Metode PERT

Perencanaan yang matang dengan menggunakan PERT memungkinkan pengelolaan waktu yang lebih baik dalam proyek konstruksi, seperti pembangunan Museum XYZ, yang menjadi studi kasus dalam penelitian mereka. Mereka menggunakan PERT untuk menghitung estimasi waktu penyelesaian proyek dengan memperhitungkan tiga estimasi durasi: waktu optimis, waktu realistis, dan waktu pesimis. Hal ini memungkinkan manajer proyek untuk menentukan waktu rata-rata yang diharapkan (T_e) dan, berdasarkan varians dan deviasi standar, menilai ketidakpastian yang ada pada setiap kegiatan dalam proyek (Mutia Astari et al., 2021).

Metode PERT sangat efektif dalam proyek yang memiliki ketidakpastian tinggi dalam waktu penyelesaian, karena model ini menggunakan pendekatan probabilistik untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan. PERT membagi proyek menjadi rangkaian kegiatan yang lebih kecil, dan dengan menggunakan estimasi waktu yang berbeda untuk setiap kegiatan, proyek dapat dikelola dengan lebih fleksibel. Sebagai contoh, dalam penelitian Astari et al. (2021), dengan menggunakan PERT, mereka menghitung waktu penyelesaian proyek Museum XYZ dalam 129 hari dengan probabilitas 99,8%. Hal ini menunjukkan tingkat keandalan yang tinggi dalam estimasi waktu proyek (Mutia Astari et al., 2021).

Dengan menggunakan analisis probabilitas, PERT juga dapat menghitung kemungkinan proyek selesai dalam waktu tertentu. Misalnya, dalam penelitian Putra dan Gandhi (2019), proyek dapat dipercepat hingga 60 hari dengan probabilitas penyelesaian 2,39%, yang menunjukkan fleksibilitas proyek dalam menghadapi ketidakpastian waktu. Dalam hal ini, metode PERT memungkinkan penentuan waktu yang lebih fleksibel, yang sangat berguna untuk mengelola ketidakpastian dalam proyek yang memiliki banyak variabel. Dengan menggunakan tiga estimasi waktu—optimis, pesimis, dan yang paling mungkin—PERT mampu memperhitungkan kemungkinan keterlambatan yang bisa terjadi, mengingat bahwa sebagian besar proyek besar memiliki potensi untuk menghadapi hambatan yang tak terduga selama pelaksanaan (Putra & Gandhi, 2021).

Jalur Krisis dalam PERT

Salah satu elemen penting dalam metode PERT adalah identifikasi jalur kritis. Jalur kritis adalah rangkaian kegiatan yang tidak dapat tertunda, karena setiap keterlambatan pada kegiatan dalam jalur ini akan mengakibatkan keterlambatan pada waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dalam proyek perumahan tipe 120, kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis diidentifikasi menggunakan PERT dan dijadwalkan dengan sangat hati-hati. Perwitasari et al. (2021) mencatat bahwa dalam proyek tersebut, total durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan semua kegiatan pada lintasan kritis adalah 143 hari, yang menunjukkan pentingnya pengendalian ketat terhadap kegiatan-kegiatan dalam jalur ini. (Perwitasari et al., 2021).

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan dengan cara yang seefisien dan seefektif mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan berbagai sumber daya, salah satunya adalah sumber daya manusia yang memainkan peran penting dalam kesuksesan proyek. Manajemen proyek terdiri dari tiga fase utama, yaitu:

1. **Perencanaan:** Fase ini mencakup penetapan tujuan, pendefinisian proyek, dan pengaturan tim yang akan terlibat dalam proyek tersebut.
2. **Penjadwalan:** Pada tahap ini, penjadwalan berfungsi untuk menghubungkan berbagai elemen seperti sumber daya manusia, dana, dan materi dengan aktivitas-aktivitas yang harus dilakukan. Selain itu, penjadwalan juga mengatur urutan dan hubungan antar aktivitas dalam proyek.
3. **Pengendalian:** Fase pengendalian bertujuan untuk memantau penggunaan sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran proyek. Pada tahap ini, jika diperlukan, dilakukan revisi rencana dan pengalihan sumber daya agar proyek tetap dapat memenuhi target waktu dan biaya yang telah ditentukan (Taranau & Tjendani, 2023).

PERT memiliki sifat probabilistik, yang berarti metode ini dapat menyelesaikan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan yang berbasis pada distribusi normal atau Z. Kemungkinan ini diukur dengan tiga estimasi waktu yang digunakan dalam PERT. Estimasi waktu tersebut mencakup periode yang menggambarkan ketidakpastian dalam durasi setiap kegiatan. Alat ukur ini berfungsi untuk menentukan waktu yang diharapkan (t_e) untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Setelah ketiga waktu tersebut dinilai,

hubungan antara ketiganya dihitung untuk menghasilkan satu angka yang disebut waktu kegiatan yang diharapkan atau *expected duration* (t_e), yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_e = \frac{ta + 4tm + tb}{6}$$

Selain memperkirakan waktu yang diharapkan, PERT juga memiliki cara untuk menghitung resiko proyek berdasarkan dengan peluang menyelesaikan proyek lebih cepat atau sesuai dengan harapan.

$$\sigma^2 = \left[\frac{tb - ta}{6} \right]^2$$

$$v(te) = S^2 = \left[\left(\frac{1}{6} \right) (tb - ta) \right]^2$$

$$\text{Deviasi standar kegiatan : } S = \left(\frac{1}{6} \right) (tb - ta)$$

Dalam menentukan peluang tercapainya sasaran jadwal bisa dilakukan dengan mengasosiasikan waktu yang diharapkan (Te) dengan sasarannya (Td) yang dijelaskan dengan menggunakan persamaan :

$$Z = \frac{T(d) - T(e)}{S}$$

Keterangan :

Te : Waktu yang diharapkan

ta : Estimasi waktu tercepat

tm : Estimasi waktu paling realistis

tb : Estimasi waktu terlama

σ : Varians aktifitas

$V(te)$: Varian kejadian

S : Deviasi standar kegiatan (Fahri et al., 2024).

Simbol-simbol yang digunakan dalam Network Planning terdiri dari beberapa elemen dasar yang memudahkan dalam membaca diagram jaringan. Simbol pertama adalah anak panah (*arrow*), yang melambangkan suatu kegiatan atau aktivitas dengan durasi tertentu, dimana panjang atau kemiringannya tidak berarti apa-apa. Simbol kedua adalah lingkaran kecil (*node*), yang menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa, yaitu

titik awal atau akhir dari suatu kegiatan. Simbol ketiga adalah anak panah terputus-putus (*dummy*), yang menunjukkan kegiatan semu tanpa durasi atau penggunaan sumber daya. Aturan-aturan dasar dalam menggunakan simbol ini mencakup penggambaran hanya satu anak panah antara dua event yang sama, serta penamaan aktivitas yang harus mengalir dari event dengan nomor rendah ke nomor tinggi. Selain itu, setiap diagram jaringan harus memiliki satu initial event dan satu terminal event.

Hubungan antar simbol dalam diagram menunjukkan ketergantungan antar kegiatan, di mana beberapa kegiatan harus diselesaikan sebelum kegiatan lain dimulai, atau dapat berjalan bersamaan. Hal ini membantu dalam menentukan urutan pekerjaan dan memperkirakan durasi serta efisiensi waktu dalam proyek (Gini Hartati et al., 2023).

Langkah – Langkah penyelesaian masalah PERT

1. Menghitung *Expect time* setiap pekerjaan proyek dengan mempertimbangkan tiga waktu dugaan yaitu waktu pesimis, waktu paling mungkin, dan waktu optimis.
2. Menghitung nilai *variance* pada setiap pekerjaan proyek.
3. Membandingkan nilai *expect time* dengan nilai *variance* untuk mendapatkan probabilitas penyelesaian proyek.

Perhitungan *expected time*, *variance*, dan probabilitas penyelesaian proyek dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$v = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

$$z = \frac{(T(d) - EET)}{\sqrt{v}}$$

Keterangan :

Te : *Expected Time*

a : Waktu Pesimis

b : Waktu Optimis

m : Waktu Paling Mungkin

v : *Variance*

Te(d) : Waktu Target Proyek

EET : Waktu Kritis

Z : Probabilitas Penyelesaian (Perdana & Sari, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dengan memanfaatkan data asumsi untuk menganalisis perencanaan dan penjadwalan proyek pembangunan perumahan menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi aktivitas proyek, yaitu menyusun seluruh kegiatan yang terlibat beserta urutan dan hubungan ketergantungannya.

Setiap aktivitas diberikan tiga estimasi waktu, yaitu waktu optimis (T_o), waktu paling mungkin (T_m), dan waktu pesimis (T_p). Ketiga komponen waktu tersebut dihitung untuk memperoleh waktu estimasi (T_e) sesuai dengan rumus PERT. Waktu estimasi yang diperoleh kemudian digunakan untuk menyusun diagram jaringan (*network diagram*) yang menggambarkan alur kegiatan proyek secara keseluruhan.

Berdasarkan diagram jaringan tersebut dilakukan penentuan lintasan kritis (*critical path*) guna mengetahui rangkaian kegiatan yang menentukan total durasi proyek. Selanjutnya dilakukan perhitungan varian waktu dan probabilitas penyelesaian proyek untuk menilai tingkat ketidakpastian durasi proyek. Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas perencanaan dan memberikan estimasi waktu penyelesaian proyek yang lebih terukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan Jaringan Kerja

Dalam menyusun perencanaan jaringan kerja (Network Planning) pada proyek pembangunan perumahan, langkah awal yang harus dilakukan adalah menguraikan seluruh kegiatan yang terlibat di dalam proyek serta menentukan hubungan ketergantungannya. Setiap aktivitas harus diidentifikasi secara jelas agar urutan pengerjaan dapat disusun secara sistematis.

Aktivitas yang berada pada lintasan kritis merupakan kegiatan yang tidak dapat mengalami keterlambatan, karena perubahan waktu pada aktivitas tersebut akan langsung berpengaruh terhadap total durasi penyelesaian proyek. Oleh sebab itu, penentuan kegiatan kritis sangat diperlukan agar pengendalian waktu dan biaya pelaksanaan dapat dilakukan secara optimal. Adapun rincian kegiatan proyek yang menjadi bagian dari proses penjadwalan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Penyusunan Jaringan Kerja

KODE KEGIATAN	AKTIVITAS SEBELUMNYA	DURASI (HARI)
B1	-	4
C1	B1	18
D1	C1	12
D2	D1	7
D3	D1	9
F1	D2, D3	3
F2	F1	2
F3	F2	3
H1	F3	3
H2	H1	4
H3	F3	5
H4	H2	4
H5	H2	6
H6	H2	4
I1	H6	12
I2	H6	10
I3	I1, I2	10
J1	H3	6
J2	J1	6
K1	J2, I3, H4, H5	11

Menentukan waktu optimis, realistis dan pesimis

Memperkirakan waktu pekerjaan dan membandingkannya dengan data-data pengalaman masa lalu (historical record) merupakan langkah penting dalam penyusunan jadwal proyek. Informasi historis tersebut membantu memberikan gambaran mengenai kondisi nyata di lapangan, sehingga estimasi durasi setiap aktivitas dapat ditentukan secara lebih akurat. Melalui pendekatan waktu optimis, realistis, dan pesimis, perencana dapat menilai kemungkinan variasi durasi yang mungkin terjadi akibat faktor teknis maupun nonteknis. Dengan demikian, estimasi waktu yang dihasilkan dapat menjadi

acuan yang lebih andal dalam proses perencanaan dan pengendalian proyek. Adapun rincian ketiga jenis estimasi waktu tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 3. Waktu Optimis, Relistis Dan Pesimis

Kode	Kegiatan (ringkasan)	Optimis (a)	Realistis (m)	Pesimis (b)
B1	Mobilisasi & Pemasangan blowplank / pagar kerja	3	4	5
C1	Pekerjaan Galian Tanah (perumahan)	14	18	22
D1	Pekerjaan Beton Footing / Pondasi	10	12	14
D2	Pekerjaan Besi Beton (penulangan)	6	7	8
D3	Pekerjaan Bekisting / formwork	7	9	11
F1	Pekerjaan Sloof & Kolom (strip/kolom)	2	3	4
F2	Pekerjaan Plat Lantai / Slab Ground	2	2	3
F3	Pekerjaan Kolom tambahan / tie beam	2	3	4
H1	Pemasangan Rangka Atap (kuda-kuda)	2	3	4
H2	Pekerjaan Penutup Atap (genteng/metal)	3	4	5
H3	Pemasangan Kusen Pintu & Jendela	4	5	6
H4	Pekerjaan Plafond (rangka & papan)	3	4	5
H5	Pekerjaan Instalasi Listrik (kasar)	5	6	7
H6	Pekerjaan Instalasi Plumbing (kasar)	3	4	5

I1	Pekerjaan Saluran Air Bersih (sambungan)	10	12	14
I2	Pekerjaan Saluran Air Kotor / Drainase	8	10	12
I3	Pemasangan Sanitair & Fitting (finishing MEP)	8	10	12
J1	Pekerjaan Plesteran & Acian Dalam-Luar	5	6	7
J2	Pemasangan Lantai (keramik/parket)	5	6	7
K1	Pengecatan, Landscape ringan & Serah Terima	9	11	13

Menghitung rata-rata durasi

Setelah memperoleh nilai waktu optimis (*a*), realistis (*m*), dan pesimis (*b*) untuk setiap aktivitas pekerjaan, langkah selanjutnya adalah menghitung durasi rata-rata (*te*) atau waktu yang diharapkan. Perhitungan ini penting dilakukan untuk mengetahui perkiraan durasi yang paling mendekati kondisi sebenarnya, dengan mempertimbangkan kemungkinan penyelesaian pekerjaan dalam skenario terbaik hingga terburuk.

Metode PERT menggunakan pendekatan probabilistik dengan memberikan bobot lebih besar pada nilai realistis (*m*). Hal ini tercermin pada rumus perhitungan durasi rata-rata sebagai berikut:

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Dengan keterangan:

a: waktu optimis (hari)

m : waktu realistis(hari)

b = waktu pesimis (hari)

Rumus tersebut memungkinkan perencana untuk mengakomodasi ketidakpastian durasi aktivitas, sehingga hasil estimasi lebih stabil dan dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan network planning dan penentuan jalur kritis.

Sebagai contoh, pada pekerjaan Mobilisasi dan Pemasangan Blowplank / Pagar Kerja diperoleh nilai:

$$a = 3 \text{ hari}$$

$$m = 4 \text{ hari}$$

$$b = 5 \text{ hari}$$

Maka perhitungan durasi rata-rata dilakukan sebagai berikut:

$$e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$te = \frac{3 + 4 \times 4 + 5}{6}$$

$$te = \frac{3 + 16 + 5}{6}$$

$$te = \frac{24}{6} = 4 \text{ hari}$$

Dengan demikian, durasi pekerjaan yang diharapkan (te) untuk aktivitas tersebut adalah 4 hari.

Hasil perhitungan durasi rata-rata (te) untuk seluruh pekerjaan selanjutnya akan disajikan pada Tabel berikutnya.

Tabel 4. Rata-Rata Durasi

Kode	a	m	b	Perhitungan TE = (a + 4m + b)/6	TE (hari)
B1	3	4	5	(3 + 16 + 5) / 6	4
C1	14	18	22	(14 + 72 + 22) / 6	18
D1	10	12	14	(10 + 48 + 14) / 6	12
D2	6	7	8	(6 + 28 + 8) / 6	7
D3	7	9	11	(7 + 36 + 11) / 6	9
F1	2	3	4	(2 + 12 + 4) / 6	3
F2	2	2	3	(2 + 8 + 3) / 6	2.17
F3	2	3	4	(2 + 12 + 4) / 6	3
H1	2	3	4	(2 + 12 + 4) / 6	3
H2	3	4	5	(3 + 16 + 5) / 6	4
H3	4	5	6	(4 + 20 + 6) / 6	5
H4	3	4	5	(3 + 16 + 5) / 6	4

H5	5	6	7	$(5 + 24 + 7) / 6$	6
H6	3	4	5	$(3 + 16 + 5) / 6$	4
I1	10	12	14	$(10 + 48 + 14) / 6$	12
I2	8	10	12	$(8 + 40 + 12) / 6$	10
I3	8	10	12	$(8 + 40 + 12) / 6$	10
J1	5	6	7	$(5 + 24 + 7) / 6$	6.00
J2	5	6	7	$(5 + 24 + 7) / 6$	6.00
K1	9	11	13	$(9 + 44 + 13) / 6$	11.00

Dengan menggunakan nilai t_e (durasi yang diharapkan), langkah selanjutnya adalah menyusun diagram jaringan. Diagram ini berfungsi untuk mengidentifikasi jalur kritis dalam proyek. Dalam proses penyusunannya, dilakukan dua tahap perhitungan, yaitu perhitungan maju (forward pass) untuk menentukan waktu mulai dan selesai paling awal, serta perhitungan mundur (backward pass) untuk menentukan waktu mulai dan selesai paling akhir dari setiap aktivitas.

Perhitungan PERT

A. Forward Pass (perhitungan maju)

Tabel 5. Forward Pass

No	Kode	Early Start (EETi)	Durasi (hari)	Early Finish (EETj)	Keterangan
1	B1	0	4	4	-
2	C1	4	18	22	-
3	D1	22	12	34	-
4	D2	34	7	41	-
5	D3	34	9	43	-

6	F1	43	3	46	Pendahulu: D2 (EF=41) & D3 (EF=43) → diambil EF terbesar = 43
7	F2	46	2	48	-
8	F3	48	3	51	-
9	H1	51	3	54	-
10	H2	54	4	58	-
11	H3	51	5	56	Pendahulu: F3 (EF=51)
12	J1	56	6	62	Pendahulu: H3 (EF=56)
13	J2	62	6	68	Pendahulu: J1 (EF=62)
14	H4	58	4	62	Pendahulu: H2 (EF=58)
15	H5	58	6	64	Pendahulu: H2 (EF=58)
16	H6	58	4	62	Pendahulu: H2 (EF=58)
17	I1	62	12	74	Pendahulu: H6 (EF=62)
18	I2	62	10	72	Pendahulu: H6 (EF=62)
19	I3	74	10	84	Pendahulu: I1 (EF=74) & I2 (EF=72) → diambil EF terbesar = 74
20	K1	84	11	95	Pendahulu: J2 (EF=68), I3 (EF=84), H4 (EF=62), H5 (EF=64) → diambil EF terbesar = 84

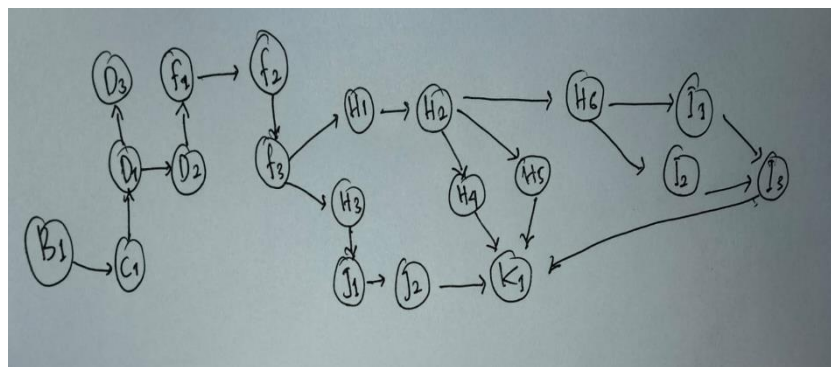
Berdasarkan hasil perhitungan Forward Pass, diketahui bahwa seluruh rangkaian pekerjaan pada proyek dapat disusun secara berurutan mulai dari aktivitas awal B1 hingga aktivitas akhir K1. Dari hasil perhitungan waktu mulai paling awal (ES) dan waktu selesai

paling awal (EF), diperoleh bahwa proyek dapat diselesaikan dalam waktu 95 hari, yaitu saat aktivitas terakhir (K1) mencapai $EF = 95$. Nilai ES dan EF juga menunjukkan bahwa beberapa aktivitas memiliki lebih dari satu pendahulu, sehingga waktu mulai paling awal ditentukan oleh EF terbesar dari aktivitas pendahulunya, seperti pada kegiatan F1, I3, dan K1. Secara keseluruhan, Forward Pass memberikan gambaran bahwa durasi minimum yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan, tanpa adanya keterlambatan, adalah 95 hari.

B. Backward Pass

Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Late Finish	Late Start
B1	4	56	52
C1	18	38	20
D1	12	30	18
D2	7	23	16
D3	9	28	19
F1	3	19	16
F2	2	16	14
F3	3	13	10
H1	3	10	7
H2	4	6	2
H3	5	12	8
H4	4	11	6
H5	6	12	6
H6	4	10	6
I1	12	16	4
I2	10	16	6
I3	10	6	0
J1	6	12	6
J2	6	17	11
K1	11	0	0

Berdasarkan hasil perhitungan Backward Pass, diperoleh informasi mengenai waktu paling akhir setiap aktivitas dapat dimulai dan diselesaikan tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Perhitungan dimulai dari aktivitas terakhir K1, kemudian ditelusuri mundur menuju aktivitas awal. Nilai Late Finish (LF) dan Late Start (LS) menunjukkan bahwa aktivitas dengan beberapa penerus menggunakan nilai LS terkecil dari aktivitas penerusnya sebagai acuan, sehingga tidak ada cabang pekerjaan yang tertunda. Dari hasil tersebut tampak bahwa beberapa kegiatan memiliki LS dan LF yang relatif ketat, menandakan tidak adanya kelonggaran waktu dan berpotensi menjadi bagian dari jalur kritis. Secara keseluruhan, Backward Pass memberikan gambaran mengenai batas waktu maksimum setiap aktivitas dapat dimulai atau diselesaikan, sehingga seluruh pekerjaan tetap dapat dirampungkan sesuai jadwal proyek.



Gambar 5.1 Diagram Jaringan PERT

Gambar 5.1 menunjukkan struktur jaringan kerja proyek pembangunan perumahan yang disusun menggunakan metode PERT sebagai dasar untuk mengidentifikasi alur pekerjaan serta hubungan ketergantungan antaraktivitas. Diagram ini menggambarkan bahwa seluruh rangkaian pekerjaan dimulai dari aktivitas awal B1 sebagai tahap mobilisasi, kemudian mengalir secara berurutan melalui proses pekerjaan tanah, struktur dasar, pekerjaan kolom hingga rangka atap, dan dilanjutkan dengan pekerjaan instalasi hingga tahap akhir serah terima. Setiap anak panah pada diagram merepresentasikan aktivitas dengan durasi t_e yang telah dihitung, sedangkan node menunjukkan titik awal dan akhir dari setiap kegiatan. Dari hasil penyusunan jaringan ini terlihat bahwa beberapa aktivitas saling bertumpuk dan memiliki lebih dari satu pendahulu, sehingga penentuan waktu mulai paling awal bergantung pada aktivitas dengan waktu selesai paling lambat. Kondisi ini memperlihatkan kompleksitas alur proyek serta pentingnya pemahaman hubungan antar pekerjaan agar tidak terjadi gangguan aliran kegiatan.

Secara khusus, diagram tersebut juga menegaskan jalur kritis yang menghubungkan rangkaian aktivitas $B1 \rightarrow C1 \rightarrow D1 \rightarrow D3 \rightarrow F1 \rightarrow F2 \rightarrow F3 \rightarrow H1 \rightarrow H2 \rightarrow H6 \rightarrow I1 \rightarrow I3 \rightarrow K1$ sebagai lintasan yang menentukan total durasi proyek. Pada jalur ini seluruh aktivitas memiliki slack waktu nol, sehingga setiap keterlambatan sekecil apa pun akan langsung berdampak pada durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan pendekatan yang digunakan dalam jurnal panduan, di mana jalur kritis ditandai sebagai lintasan dengan pengaruh terbesar terhadap waktu penyelesaian proyek. Melalui analisis jaringan tersebut dapat dipahami bahwa pengawasan dan pengalokasian sumber daya perlu difokuskan pada aktivitas-aktivitas jalur kritis agar proyek tetap berada dalam durasi optimal 95 hari seperti hasil perhitungan forward pass.

Selain itu, keberadaan aktivitas paralel seperti pekerjaan kusen, plafon, dan instalasi listrik pada jalur non-kritis menunjukkan adanya fleksibilitas terhadap waktu pengerjaan, karena aktivitas tersebut masih memiliki slack waktu yang tidak memengaruhi durasi total. Diagram PERT ini secara keseluruhan memberikan gambaran visual yang jelas mengenai urutan, prioritas, serta kritikalitas setiap aktivitas, sebagaimana digunakan dalam jurnal panduan sebagai alat bantu utama dalam perencanaan dan evaluasi penjadwalan proyek. Oleh karena itu, Gambar 5.1 menjadi dasar penting dalam menganalisis kelayakan waktu penyelesaian dan menentukan titik-titik pekerjaan yang memerlukan pengawasan intensif untuk meminimalkan risiko keterlambatan.

Perhitungan standar deviasi (se) dan standar varians (ve)

Tabel 6. Standar Deviasi (Se) Dan Standar Varians (Ve)

Kode	a	m	b	deviasi	variens
B1	3	4	5	0.333333	0.111111
C1	14	18	22	1.333333	1.777778
D1	10	12	14	0.666667	0.444444
D2	6	7	8	0.333333	0.111111
D3	7	9	11	0.666667	0.444444
F1	2	3	4	0.333333	0.111111
F2	2	2	3	0.166667	0.027778
F3	2	3	4	0.333333	0.111111
H1	2	3	4	0.333333	0.111111
H2	3	4	5	0.333333	0.111111
H3	4	5	6	0.333333	0.111111
H4	3	4	5	0.333333	0.111111

H5	5	6	7	0.333333	0.111111
H6	3	4	5	0.333333	0.111111
I1	10	12	14	0.666667	0.444444
I2	8	10	12	0.666667	0.444444
I3	8	10	12	0.666667	0.444444
J1	5	6	7	0.333333	0.111111
J2	5	6	7	0.333333	0.111111
K1	9	11	13	0.666667	0.444444
Total	111	139	168	9.5	90.25

Dari analisis tersebut, aktivitas yang berada pada jalur kritis adalah B1 → C1 → D1 → D3 → F1 → F2 → F3 → H1 → H2 → H6 → I1 → I3 → K1.

1. Varian proyek = Σ (varians kegiatan pada kegiatan kritis)

= varians B1 + varians C1 + varians D1 + varians D3 + varians F1 + varians F2 +
 varians F3 + varians H1 + varians H2 + varians H6 + varians I1 + varians I3 +
 varians K1

= 0.111111 + 1.777778 + 0.444444 + 0.444444 + 0.111111 + 0.027778 + 0.111111
 + 0.111111 + 0.111111 + 0.111111 + 0.444444 + 0.444444 + 0.444444
 = 4,69444

Standar varians proyek (ve)

= $\sqrt{\text{Varians proyek}}$

= $\sqrt{4.69444}$

= 2,17

Nilai deviasi normal (z) :

= $[m - te] / s$

= $(139 - 139,17) / 2,17$

= 0.07.

Tabel 7. Tabel Distribusi Z Normal

	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535

Dengan hasil nilai deviasi normal sebesar 0.07 kemudian merujuk pada tabel distribusi z normal, mendapatkan peluang probabilitas 0.5279 yang artinya ada peluang sebesar 52,79% untuk dapat menyelesaikan proyek pembangunan perumahan.

Pembahasan

Hasil analisis menggunakan metode PERT pada proyek pembangunan perumahan menunjukkan bahwa penyusunan jaringan kerja merupakan langkah awal yang penting dalam memahami hubungan ketergantungan antaraktivitas. Identifikasi aktivitas dari tahap mobilisasi hingga serah terima dilakukan secara sistematis dengan menentukan urutan pekerjaan berdasarkan ketergantungan logisnya. Penyusunan network planning ini memperlihatkan pola alur pekerjaan yang kompleks namun terstruktur, dan menjadi dasar utama dalam menentukan jalur kritis. Pendekatan ini sejalan dengan langkah metodologis yang digunakan pada penelitian rujukan, di mana struktur jaringan kerja menjadi pondasi dalam analisis penjadwalan proyek.

Selanjutnya, estimasi waktu optimis, realistis, dan pesimis (a, m, b) digunakan untuk menggambarkan ketidakpastian durasi tiap aktivitas. Ketiga parameter waktu tersebut menunjukkan variasi durasi pekerjaan yang mencerminkan kondisi lapangan yang dinamis, di mana faktor teknis maupun non-teknis dapat memengaruhi lamanya penyelesaian pekerjaan. Penggunaan estimasi tiga titik ini menghasilkan durasi rata-rata (te) yang dihitung menggunakan formula PERT. Nilai te memberikan durasi yang lebih representatif dan realistis dibanding perkiraan tunggal. Pada proyek ini, rentang durasi pekerjaan menunjukkan bahwa sebagian besar pekerjaan berada dalam rentang ketidakpastian yang moderat, yang menandakan variabilitas durasi masih dalam batas wajar.

Setelah memperoleh durasi rata-rata, dilakukan perhitungan maju (forward pass) untuk menentukan waktu mulai paling awal dan waktu selesai paling awal setiap aktivitas. Proses ini menunjukkan bahwa proyek dapat diselesaikan dalam durasi minimum 95 hari, dihitung dari aktivitas awal B1 hingga aktivitas akhir K1. Beberapa aktivitas yang memiliki dua pendahulu mengambil nilai EF terbesar dari pendahulunya, yang menegaskan bahwa jalur dengan waktu terlama menjadi penentu durasi aktivitas berikutnya. Tahap ini memberikan gambaran mengenai kecepatan penyelesaian proyek apabila tidak terjadi kendala apa pun di lapangan.

Proses perhitungan kemudian dilanjutkan dengan backward pass, yang menentukan waktu mulai paling akhir dan waktu selesai paling akhir yang masih memungkinkan tanpa memperlambat penyelesaian proyek. Pada tahap ini terlihat bahwa beberapa aktivitas memiliki waktu kelonggaran yang sangat kecil atau bahkan tidak memiliki kelonggaran sama sekali. Aktivitas-aktivitas tersebut sepenuhnya berada pada jalur kritis, karena setiap penundaan pada aktivitas ini akan langsung menambah total durasi proyek. Hasil perhitungan forward pass dan backward pass menunjukkan bahwa jalur kritis pada proyek ini terdiri dari rangkaian aktivitas $B1 \rightarrow C1 \rightarrow D1 \rightarrow D3 \rightarrow F1 \rightarrow F2 \rightarrow F3 \rightarrow H1 \rightarrow H2 \rightarrow H6 \rightarrow I1 \rightarrow I3 \rightarrow K1$. Jalur kritis merupakan fokus utama pengendalian, karena menentukan langsung waktu penyelesaian proyek.

Selanjutnya, dilakukan analisis statistik terhadap variabilitas waktu dengan menghitung deviasi standar dan varians pada tiap aktivitas. Nilai varians total jalur kritis sebesar 4,69444 dan deviasi standar proyek sebesar 2,17 menunjukkan bahwa ketidakpastian durasi berada pada tingkat sedang. Nilai deviasi tersebut mengindikasikan bahwa durasi proyek masih memiliki potensi penyimpangan waktu, tetapi tidak dalam level yang ekstrem. Ketidakpastian ini menjadi bahan evaluasi penting bagi manajemen proyek untuk meningkatkan pengendalian waktu terutama pada pekerjaan berdurasi panjang.

Tahap akhir analisis adalah perhitungan probabilitas penyelesaian proyek tepat waktu menggunakan nilai deviasi normal (z). Dengan membandingkan total durasi target 139 hari dan durasi harapan 139,17 hari, diperoleh nilai z sebesar 0,07. Nilai ini kemudian merujuk pada tabel distribusi normal yang menghasilkan probabilitas sebesar 0,5279 atau 52,79%. Artinya, proyek memiliki peluang sekitar 53% untuk diselesaikan tepat waktu sesuai target perencanaan. Probabilitas ini menunjukkan tingkat kepastian yang moderat,

sehingga diperlukan perhatian lebih pada aktivitas kritis untuk meningkatkan peluang keberhasilan penyelesaian proyek sesuai jadwal.

Secara keseluruhan, hasil analisis PERT pada proyek pembangunan perumahan menunjukkan bahwa durasi proyek dapat diselesaikan dalam waktu minimum 95 hari dengan tingkat probabilitas penyelesaian tepat waktu sebesar 52,79%. Identifikasi jalur kritis memberikan panduan bagi pengelola proyek untuk fokus pada aktivitas yang paling berpengaruh terhadap waktu penyelesaian. Penggunaan metode PERT terbukti memberikan gambaran yang lebih akurat dan realistis terkait durasi proyek serta risiko ketidakpastian, sebagaimana juga ditegaskan pada penelitian jurnal panduan yang menjadi acuan. Dengan demikian, metode PERT sangat efektif dalam membantu proses perencanaan, pengendalian, dan pengambilan keputusan dalam proyek konstruksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan data asumsi yang digunakan terhadap proyek pembangunan perumahan. Pelaksanaan pembangunan mengalami keterlambatan yang dijadwalkan selama 106 hari sedangkan realisasinya membutuhkan waktu selama 127 hari kerja. Setelah melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) didapatkan hasil peluang pencapaian target durasi penyelesaian proyek yang diharapkan yaitu 95 hari dengan probabilitas 52.79% terhadap tabel distribusi z. Artinya proyek pembangunan perumahan memiliki peluang untuk diselesaikan dengan durasi optimal yaitu 95 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahri, M. I., Rakhmawati, F., & Panjaitan, D. J. (2024). Optimasi Waktu Dan Biaya Pembangunan Box Underpass ProyekJalan Tol Ruas Sigli-Banda Aceh Dengan Menggunakan MetodePert Dan Evm. *Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 7, 44–56.
- Gini Hartati, Dedi Suryadi, & Atep Maskur. (2023). Analisis Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Sederhana Menggunakan Network Planning Di Desa Sukahurip Kecamatan Cisaga Kabupaten Ciamis. *Jurnal Media Teknologi*, 10(01), 29–39.
- Mutia Astari, N., Momon Subagyo, A., & Kusnadi. (2021). Perencanaan Manajemen Proyek dengan Metode CPM (Critical Path Methode) dan PERT (Program Evaluation and Technique). *Jurnal Konstruksia* , 13(1), 164–180.

- Perdana, M. A., & Sari, R. P. (2022). Optimalisasi Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Rumah Tinggal Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 6(2), 116. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v6i2.1944>
- Perwitasari, D., Fahreza, A., & Ririh, K. R. (2021). Analisis Percepatan Waktu Proyek Perumahan Menggunakan Metode PERT dan Fast Track. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v7i1.226>
- Putra, Y. E., & Gandhi, H. K. (2021). Analisis jalur kritis pada Proyek Relokasi Mesin Flexo dengan metode CPM dan PERT. *Jurnal InTent*, 2(1), 65–75.
- Taranau, A. I., & Tjendani, H. T. (2023). Analisis Penjadwalan Pekerjaan Saluran Drainase Jalan Lintas Selatan Lot.6 Kabupaten Tulungagung dengan Metode PERT. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 501–514.
- Massie, M., Manoppo, F. J., & Dundu, A. K. T. (2022). Studi Penerapan Pengendalian Waktu, Biaya, Dan Mutu Pelaksanaan Proyek Boulevard Pantai Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(1), 2087–9334.
- Sebastian, D., & Oei Fuk Jin. (2025). Penyebab dan Tindakan Mitigasi Pembengkakan Biaya Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 23(1), 33–42. <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.37846>
- Sholeh, M. N. (2024). *Manajemen Proyek Konstruksi Modern Teknologi dan Inovasi*. Deepublish.
- Siagian, P. A., Kartika, A. A., Sianturi, S., & ... (2023). Analisis Dampak Pembangunan Proyek Perumahan Medan Resort City (Merci) Terhadap Aspek Lingkungan, Sosial Dan Ekonomi Masyarakat Sekitar Kec. Deli Tua. *Jurnal Sains Dan ...*, 5(2), 574–580. <http://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/saintek/article/view/2062>
- Wardhani, B., & Ayub, M. (2025). *Dinamika Indo-Pasifik dan Pengaruhnya pada Keamanan Manusia di Indonesia* (Issue April). <https://www.researchgate.net/publication/391444543>.