



Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Metode PERT Pada Proyek Pembangunan Gedung SD Katolik 10 St. Theresia Manado

Sheren H. Mangindaan^{#a}, Jermias Tjakra^{#b}, Febrina P. Y. Sumanti^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ahanamangindaan@gmail.com, ^btjakra.jermias@gmail.com, ^cfebrina.sumanti@unsrat.ac.id

Abstrak

Pesatnya perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia menuntut penerapan sistem penjadwalan proyek yang efektif dan realistis agar target waktu pelaksanaan dapat tercapai secara optimal. Namun, pelaksanaan proyek konstruksi sering menghadapi ketidakpastian akibat variasi kondisi lapangan, keterbatasan sumber daya, serta faktor lingkungan yang memengaruhi durasi pekerjaan sehingga penjadwalan deterministik sering kali kurang mampu menggambarkan durasi pelaksanaan secara realistis. Oleh karena itu, metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) digunakan sebagai pendekatan penjadwalan probabilistik dengan tiga estimasi waktu, yaitu optimis, pesimis, dan paling mungkin untuk menentukan waktu harapan setiap aktivitas. Analisis dilakukan melalui penyusunan *network planning*, identifikasi lintasan kritis, serta perhitungan varians dan deviasi standar untuk mengevaluasi risiko keterlambatan proyek. Hasil penelitian pada proyek pembangunan Gedung SD Katolik 10 St. Theresia Manado menunjukkan durasi penyelesaian proyek sebesar 34,19 minggu dengan peluang penyelesaian sesuai target waktu sebesar 63,68%, yang termasuk kategori probabilitas sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa metode PERT mampu memberikan estimasi durasi proyek yang lebih realistis serta menjadi dasar yang kuat dalam pengendalian waktu pelaksanaan proyek konstruksi.

Kata kunci: metode PERT, network planning, penjadwalan proyek, jalur kritis, probabilitas

1. Pendahuluan

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang sistematis, terbatas waktu, biaya dan mutu. Proyek merupakan gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material peralatan dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan. Dalam pembangunan infrastruktur perlu adanya manajemen atau pengaturan penjadwalan kerja yang baik, dengan perhitungan anggaran biaya yang tepat dan teliti agar pembangunan dapat terlaksana dan selesai dengan efisien.

Manajemen proyek perlu adanya tahap-tahap pengelolaan proyek yang meliputi perencanaan, tahap penjadwalan, dan tahap pengkoordinasian. Dari ketiga tahapan ini, tahap perencanaan dan penjadwalan adalah tahap yang paling menentukan berhasil/tidaknya suatu proyek. Efektifitas dan efisiensi dalam suatu proyek sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan. Penjadwalan adalah kegiatan menentukan waktu yang dibutuhkan, urutan kegiatan, serta waktu penyelesaian suatu proyek berdasarkan analisis jaringan kerja. Penjadwalan yang baik memungkinkan pelaksana proyek mengidentifikasi jalur kritis, mengalokasikan sumber daya secara efektif, serta mengantisipasi risiko keterlambatan.

Salah satu metode penjadwalan proyek dalam bentuk perencanaan jaringan (*network planning*) adalah *Program Evaluation and Review Technique*, metode ini bersifat probabilistik yang mempertimbangkan ketidakpastian dalam durasi sebuah proyek, PERT mampu memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai durasi proyek dibandingkan dengan metode yang bersifat deterministik. PERT memungkinkan perencana untuk memperkirakan waktu penyelesaian

proyek dengan mempertimbangkan tiga perkiraan waktu, yaitu waktu optimis (O), waktu paling mungkin (M), waktu pesimis (P). Melalui penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam peningkatan efektivitas dan efisien dalam pengendalian waktu dan keberhasilan pelaksanaan proyek.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah mengenai berapa durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan struktur proyek tersebut dengan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), serta pekerjaan-pekerjaan apa saja yang termasuk pada jalur kritis (*critical path*) pada proyek pembangunan Gedung SD Katolik 10 St. Theresia Manado. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji bagaimana probabilitas dan standar deviasi dari proyek pembangunan tersebut dengan menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT).

Untuk memfokuskan penelitian agar lebih terarah, maka penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Gedung SD Katolik 10 St. Theresia Manado dengan analisis penjadwalan yang hanya dilakukan pada pekerjaan struktur dan pekerjaan atap. Penelitian ini dibatasi hanya pada aspek waktu dan penjadwalan proyek dengan menggunakan data *time schedule* atau Kurva-S. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung durasi estimasi waktu penyelesaian proyek secara lebih akurat berdasarkan hasil analisis menggunakan metode PERT serta mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) pada proyek pembangunan tersebut untuk mengetahui kegiatan-kegiatan pekerjaan struktur. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui besar kemungkinan atau probabilitas serta standar deviasi dari proyek tersebut dengan menggunakan metode PERT.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Jalan Dahlia Utama No. 2 Buha Kota Manado, Sulawesi Utara dengan koordinat 1.536671, 124.905251. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Jenis pekerjaan pada proyek tempat penelitian saya berupa bangunan gedung sekolah tiga lantai. Proyek ini dimiliki oleh Yayasan Joseph Esa Ene dan dilaksanakan oleh PT. Cakra Buana Megah. Pada penelitian ini, data yang diambil dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung kepada pihak pelaksana proyek terkait tiga angka estimasi waktu. Sementara itu, data sekunder berupa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *time schedule* atau Kurva S yang diperoleh dari proyek pembangunan sekolah yang menjadi objek dalam penelitian ini.

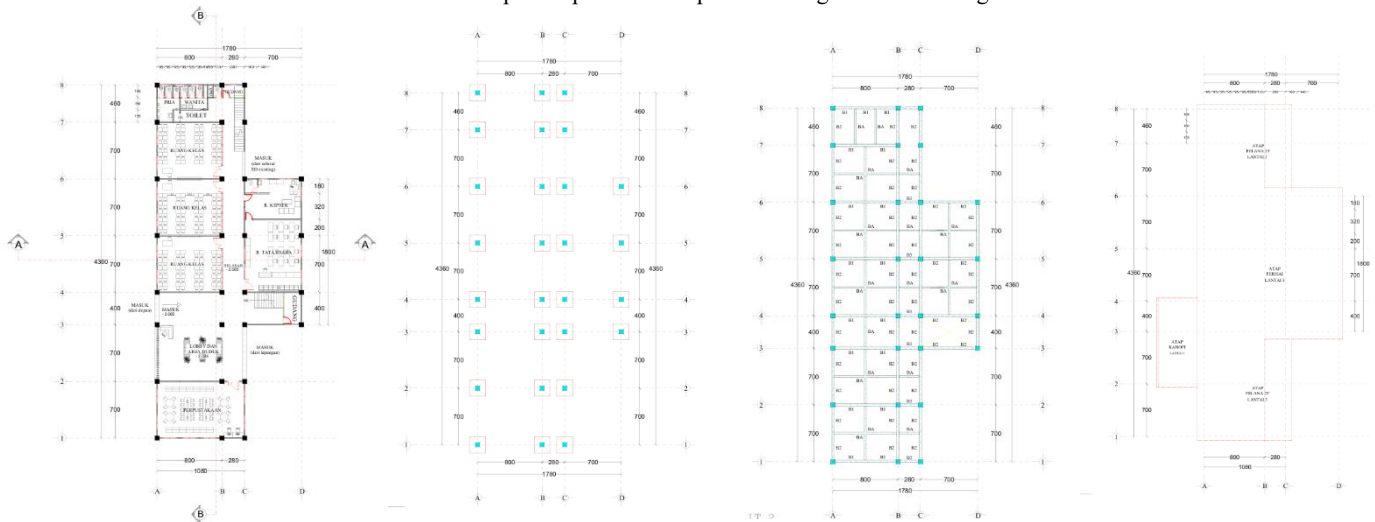
Gambar kerja merupakan dokumen teknis yang memiliki peranan penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi karena memuat informasi mengenai bentuk, dimensi, serta detail teknis bangunan yang akan dikerjakan. Dalam kaitannya dengan penjadwalan proyek, gambar kerja menjadi dasar dalam mengidentifikasi ruang lingkup pekerjaan, menentukan urutan aktivitas, serta memperkirakan volume pekerjaan yang selanjutnya digunakan dalam penyusunan rencana waktu pelaksanaan. Pada gambar 2 ditampilkan tampak depan dan tampak belakang arsitektur dari proyek pembangunan sekolah, sedangkan gambar 3 menunjukkan detail gambar struktur yang memuat informasi teknis elemen-elemen struktur, kedua gambar tersebut menjadi acuan dalam memahami hubungan antar pekerjaan serta mendukung proses penyusunan jaringan kerja dalam analisis penjawalan proyek.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Tampak Depan dan Tampak Belakang Arsitektur Bangunan



Gambar 3. Denah Struktur Lt. 1, Denah Fondasi Pilecap, Denah Balok Struktur Lt. 2, Denah Atap

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dengan membuat diagram jaringan kerja serta menentukan lintasan kritis sehingga dapat diperoleh durasi pekerjaan proyek. Sistematika dari analisis data dengan metode PERT sebagai berikut: a). Mengkaji dan mengidentifikasi ruang lingkup proyek serta menguraikannya menjadi aktivitas-aktivitas yang merupakan bagian dari komponen proyek tersebut. Data sekunder berupa RAB dan Kurva-S diuraikan dan disusun menjadi komponen yang lebih rinci dan detail. b). Komponen aktivitas yang telah diuraikan kemudian disusun kembali menjadi sebuah rantai aktivitas yang sesuai dengan logika hubungan ketergantungan antar aktivitas. c). Berdasarkan urutan aktivitas tersebut ditentukan tiga jenis estimasi waktu sesuai konsep PERT melalui wawancara langsung dengan pihak pelaksana di lapangan mengenai durasi dari tiga jenis estimasi waktu pada setiap aktivitas. d). Dilakukan perhitungan waktu harapan (*expected time*). e). Menyusun seluruh aktivitas dalam bentuk diagram jaringan kerja (*network planning*). f). Menghitung *Forward Pass* dan *Backward Pass* berdasarkan urutan susunan diagram jaringan kerja. g). Tahapan berikutnya adalah menghitung *Float Time*. h). Menentukan jalur kritis berdasarkan *Float Time*. i). Mengkategorikan item pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis dan non-kritis. j). Dilakukan perhitungan standar deviasi dan varians. k). Hasil perhitungan varians dilanjutkan dengan menghitung probabilitas proyek untuk selesai menggunakan rumus *Z-score*. l). Tahap terakhir dalam analisis adalah membandingkan antara durasi rencana proyek dengan durasi yang diperoleh dari metode PERT

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Pekerjaan dan Durasi

Dalam penelitian ini, uraian pekerjaan struktur disajikan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai ruang lingkup aktivitas konstruksi yang dianalisis dalam penyusunan *network planning* menggunakan metode PERT. Setiap aktivitas yang telah diurutkan selanjutnya diestimasi durasinya berdasarkan hasil wawancara dengan site manager dengan mengacu pada

tiga parameter waktu dalam metode PERT. Durasi dari setiap pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Time Schedule Untuk Pekerjaan Struktur dan Pekerjaan Atap

Menurut Soeharto (1999), kurva S pada tingkat proyek berfungsi untuk memantau perkembangan kumulatif pekerjaan terhadap waktu, bukan untuk menggambarkan hubungan teknis dan ketergantungan antar aktivitas secara rinci. Kurva S analitis yang disusun dalam penelitian ini berfungsi sebagai jembatan antara data penjadwalan proyek yang bersifat makro dan analisis penjadwalan probabilistik menggunakan metode PERT.

Dalam proyek ini, kurva S proyek yang tersedia disusun dalam bentuk *bar chart* linier, di mana pekerjaan struktur dan atap ditampilkan sebagai kelompok pekerjaan besar tanpa penguraian aktivitas secara rinci. Penyajian tersebut menghasilkan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur dan atap selama 65 minggu. Pembuatan kurva S baru yang berfokus pada pekerjaan struktur dan atap dikembangkan dengan cara menguraikan pekerjaan-pekerjaan tersebut ke dalam aktivitas-aktivitas yang lebih rinci, kemudian mengurutkannya berdasarkan hubungan ketergantungan. Pendekatan ini menghasilkan distribusi durasi untuk pelaksanaan pekerjaan struktur dan atap yaitu selama 35 minggu. Dapat dilihat pada gambar 4.

3.3 Identifikasi Hubungan Antar Kegiatan

Metode PERT mensyaratkan adanya aktivitas yang terdefinisi dengan jelas, durasi yang spesifik, serta hubungan ketergantungan antar aktivitas. Hubungan antar kegiatan ditetapkan berdasarkan ketergantungan teknis antar pekerjaan struktur yang terjadi secara aktual di lapangan. Setiap aktivitas dianalisis untuk mengidentifikasi pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu (*predecessor*) sebelum pekerjaan berikutnya dapat dimulai.

Selain itu, pekerjaan proyek dikelompokkan ke dalam beberapa bagian (*section*) untuk memungkinkan analisis yang lebih terperinci terhadap setiap kelompok aktivitas berdasarkan hubungan ketergantungan serta tingkat prioritas pelaksanaannya. Pendekatan ini mendukung perencanaan sumber daya yang lebih efisien, mempermudah pengendalian kemajuan pekerjaan, serta mengurangi potensi keterlambatan akibat ketidakseimbangan antara aktivitas yang dapat dilaksanakan secara paralel dan aktivitas yang harus menunggu penyelesaian tahapan sebelumnya. Hubungan ketergantungan pada proyek dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Hasil Wawancara untuk 3 Estimasi Durasi Untuk Setiap Item Pekerjaan

URAIAN PEKERJAAN	WAKTU OPTIMIS (HARI)	WAKTU NORMAL (HARI)	WAKTU PESIMIS (HARI)
	(a)	(m)	(b)
PEKERJAAN TANAH			
Galian pile cap	4	12	18
PEKERJAAN FONDASI & SLOOF			
Pengecoran fondasi strauss (28 titik)	6	18	24
Lapisan pasir urug di bawah fondasi	1	12	18
Pengecoran lantai kerja di bawah fondasi	3	12	18
Pengecoran footing / pilecap (F1 & F2)	6	18	24
Pengecoran Pedestal	4	12	18
Urug tanah kembali & Pematatan tanah	3	12	18
Pengecoran tie beam (TB1 ; TB2 ; TB3)	6	12	24
PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1			
Pengecoran kolom lt. 1 (Kolom K 450x500 ; Kolom KP 100x150) 28 unit	12	18	24
Pengecoran balok lt. 1 (B1 35x70 ; B2 30x50 ; B3 25x30 ; BA 20x35)	12	18	24

Tabel 2. Hubungan Antar Ketergantungan

Nama Pekerjaan	Kode	Durasi (Minggu)	Hubungan Ketergantungan	
			Kegiatan yang Mendahului	Kegiatan yang Mengikuti
Galian pile cap	A1	0,97	-	A2, B1
Galian pile cap	A2	0,97	A1	B1
Pengecoran fondasi strauss (28 titik)	B1	1,89	A1	B2, C1
Pengecoran fondasi strauss (28 titik)	B2	0,94	B1	C1
Lapisan pasir urug di bawah fondasi	C1	0,93	B1	C2, D
Lapisan pasir urug di bawah fondasi	C2	0,93	C1	D
Pengecoran lantai kerja di bawah fondasi	D	1,92	C1	E
Pengecoran footing / pilecap (F1 & F2)	E	2,83	D	F1, G1
Pengecoran Pedestal	F1	0,97	E	G1
Pengecoran Pedestal	F2	0,97	G1	G2
Urug tanah kembali & Pemadatan tanah	G1	0,96	E	F2, G2, H1
Urug tanah kembali & Pemadatan tanah	G2	0,96	G1	H1
Pengecoran tie beam (TB1 ; TB2 ; TB3)	H1	1,00	G1	H2, I1
Pengecoran tie beam (TB1 ; TB2 ; TB3)	H2	1,17	H1	I1
Pengecoran kolom lt. 1	I1	2,00	H1	I2, J1
Pengecoran kolom lt. 1	I2	1,00	I1	J1
Pengecoran balok lt. 1	J1	2,00	I1	J2, K
Pengecoran balok lt. 1	J2	1,00	J1	K
Pemasangan dan pengecoran fondasi batu kali	K	0,50	J1	L, M1
Pengecoran sloof untuk fondasi batu kali	L	0,50	K	M1
Pengecoran plat lt. 1	M1	1,00	K	M2, N1
Pengecoran plat lt. 1	M2	1,17	M1	N1
Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 1 ke lt. 2)	N1	1,00	M1	N2, O, P
Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 1 ke lt. 2)	N2	1,17	N1	O
Pengecoran ring balk lt.1 (buat jendela&pintu)	O	1,25	N1	P
Pengecoran beton kanopi atas jendela	P	1,25	N1	Q1
Pengecoran kolom lt. 2	Q1	1,00	P	Q2, R1
Pengecoran kolom lt. 2	Q2	1,33	Q1	R1
Pengecoran balok lt. 2	R1	2,00	Q1	R2, S1
Pengecoran balok lt. 2	R2	1,17	R1	S1
Pengecoran plat lt. 2	S1	1,00	R1	S2, T1
Pengecoran plat lt. 2	S2	2,17	S1	T1
Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 2 ke lt. 3)	T1	2,00	S1	T2, U, W1
Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 2 ke lt. 3)	T2	1,17	T1	U
Pengecoran ring balk lt.2	U	1,25	T1	W1
Pengecoran beton kanopi atas jendela	V	1,25	W1	W2
Pengecoran kolom lt. 3	W1	1,00	T1	V, W2
Pengecoran kolom lt. 3	W2	1,06	W1	W3, X1
Pengecoran kolom lt. 3	W3	1,11	W2	X1
Pengecoran balok atap	X1	1,00	W2	X2, Y1
Pengecoran balok atap	X2	1,33	X1	Y1
Pengecoran plat lt. 3	Y1	2,00	X1	Y2, Z
Pengecoran plat lt. 3	Y2	1,17	Y1	Z
Pengecoran ring balk lt.3	Z	1,25	Y1	AA, BB1
Pengecoran beton kanopi atas jendela	AA	1,25	Z1	BB1
Pemasangan bracket dan kuda-kuda baja ringan	BB1	0,94	Z1	BB2, CC, DD1
Pemasangan bracket dan kuda-kuda baja ringan	BB2	1,00	BB1	CC

Pemasangan reng	CC	1,14	BB1	DD1
Pemasangan penutup atap	DD1	0,97	BB1	DD2, EE, FF
Pemasangan penutup atap	DD2	1,00	DD1	FF
Pemasangan nok	EE	0,86	DD1	GG
Pemasangan lisplank	FF	1,11	DD1	EE
Pemasangan talang	GG	0,86	EE	-

3.4 Analisis Perhitungan PERT

Penerapan metode (PERT) dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk memperoleh estimasi durasi proyek yang lebih akurat dan responsif. Dengan mempertimbangkan bahwa estimasi durasi pada proyek ini diperoleh dari wawancara dengan pihak pelaksana dan memiliki rentang optimis pesimis yang cukup signifikan, PERT menyediakan landasan matematis yang kuat untuk memodelkan ketidakpastian tersebut secara sistematis. Selain itu, Moder, Phillips, dan Davis (1983) menegaskan bahwa PERT membantu mengidentifikasi aktivitas-aktivitas kritis, yang memerlukan prioritas pengendalian untuk memastikan ketepatan waktu penyelesaian proyek.

1. Analisis Durasi yang Diharapkan (*Expected Time*)

Perhitungan waktu yang diharapkan memberikan gambaran rata-rata waktu penyelesaian tiap aktivitas berdasarkan tiga jenis estimasi waktu yang telah diperoleh dari hasil wawancara. Menurut Dr. Hafnidar Rani (2016) menjelaskan bahwa dalam menentukan te dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (a) dan pesimistik (b) adalah sama. Sedang jumlah terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kemungkinan terjadinya peristiwa di atas. Sehingga dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

te : Durasi yang diharapkan

Perhitungan durasi yang diharapkan (te) diambil contoh pada pekerjaan pengecoran fondasi strauss.

Diketahui: Durasi optimis (a) = 1 minggu
 Durasi pesimis (b) = 4 minggu
 Durasi paling mungkin (m) = 3 minggu

Maka: $te = \frac{a + 4m + b}{6}$
 $te = \frac{1 + 4 \times 3 + 4}{6} = 2,83 \text{ minggu} \approx 17 \text{ hari}$

Diperoleh waktu yang diharapkan (te) untuk menyelesaikan pekerjaan pengecoran fondasi strauss adalah 2,83 minggu atau sama dengan 17 hari. Waktu yang diharapkan untuk keseluruhan uraian pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Durasi yang Diharapkan

URAIAN PEKERJAAN	WAKTU OPTIMIS (MINGGU)	WAKTU NORMAL (MINGGU)	WAKTU PESIMIS (MINGGU)	EXPECTED TIME (MINGGU)
	(a)	(m)	(b)	te = (a+4m+b)/6
PEKERJAAN TANAH				
Galian pile cap	0,67	2,00	3,00	1,94
PEKERJAAN FONDASI & SLOOF				
Pengecoran fondasi strauss (28 titik)	1,00	3,00	4,00	2,83
Lapisan pasir urug di bawah fondasi	0,17	2,00	3,00	1,86
Pengecoran lantai kerja di bawah fondasi	0,50	2,00	3,00	1,92
Pengecoran footing / pilecap (F1 & F2)	1,00	3,00	4,00	2,83
Pengecoran Pedestal	0,67	2,00	3,00	1,94
Urug tanah kembali & Pemasatan tanah	0,50	2,00	3,00	1,92
Pengecoran tie beam (TB1 ; TB2 ; TB3)	1,00	2,00	4,00	2,17
PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1				
Pengecoran kolom lt. 1 (Kolom K 450x500 ; Kolom KP 100x150) 28 unit	2,00	3,00	4,00	3,00
Pengecoran balok lt. 1 (B1 35x70 ; B2 30x50 ; B3 25x30 ; BA 20x35)	2,00	3,00	4,00	3,00
Pemasangan dan pengecoran fondasi batu kali	0,33	0,50	0,67	0,50
Pengecoran sloof untuk fondasi batu kali	0,33	0,50	0,67	0,50
Pengecoran plat lt. 1	1,00	2,00	4,00	2,17
Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 1 ke lt. 2)	1,00	2,00	4,00	2,17
Pengecoran ring balk lt.1 (buat jendela&pintu)	0,50	1,00	3,00	1,25
Pengecoran beton kanopi atas jendela	0,50	1,00	3,00	1,25

PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2				
Pengecoran kolom lt. 2 (Kolom K 450x500 ; Kolom KP 100x150) 28 unit	1,00	2,00	5,00	2,33
Pengecoran balok lt. 2 (B1 35x70 ; B2 30x50 ; B3 25x30 ; BA 20x35)	2,00	3,00	5,00	3,17
Pengecoran plat lt. 2	2,00	3,00	5,00	3,17
Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 2 ke lt. 3)	2,00	3,00	5,00	3,17
Pengecoran ring balk lt.2	0,50	1,00	3,00	1,25
Pengecoran beton kanopi atas jendela	0,50	1,00	3,00	1,25
PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3				
Pengecoran kolom lt. 3 (Kolom K 450x500 ; Kolom KP 100x150) 28 unit	2,00	3,00	5,00	3,17
Pengecoran balok atap (BA 20x35)	1,00	2,00	5,00	2,33
Pengecoran plat lt. 3	2,00	3,00	5,00	3,17
Pengecoran ring balk lt.3	0,50	1,00	3,00	1,25
Pengecoran beton kanopi atas jendela	0,50	1,00	3,00	1,25
PEKERJAAN ATAP				
Pemasangan bracket dan kuda-kuda baja ringan	0,67	2,00	3,00	1,94
Pemasangan reng	0,83	1,00	2,00	1,14
Pemasangan penutup atap	0,83	2,00	3,00	1,97
Pemasangan nok	0,50	0,67	2,00	0,86
Pemasangan lisplank	0,67	1,00	2,00	1,11

2. Jaringan Kerja PERT

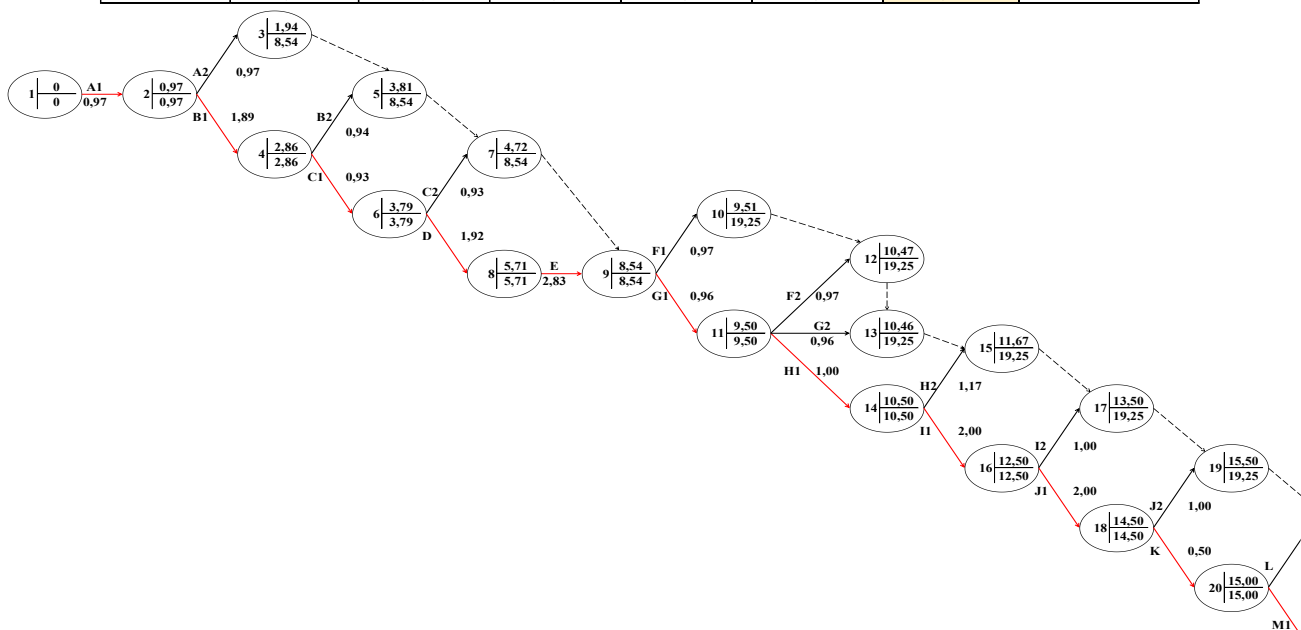
Visualiasi jaringan kerja PERT disusun untuk memetakan hubungan logis antar kegiatan struktur pada proyek secara menyeluruh melalui diagram jaringan. Melalui diagram ini, hubungan antar kegiatan yang telah dianalisis sebelumnya dapat divisualisasikan secara lebih jelas, sehingga memudahkan proses evaluasi penjadwalan. Dalam penggambaran jaringan kerja dilengkapi dengan notasi-notasi, yaitu waktu mulai paling awal (ES), waktu selesai paling awal (EF), waktu mulai paling lambat (LS), dan waktu selesai paling lambat (LF). Notasi-notasi ini digunakan untuk perhitungan maju dan perhitungan mundur yang bertujuan untuk mengetahui jalur kritis dan juga kapan proyek tersebut dapat diselesaikan.

Perhitungan maju dan mundur dan total slack untuk seluruh item pekerjaan berdasarkan jaringan kerja dapat dilihat pada Tabel 4. Pada Gambar 5 ditampilkan detail gambar bagian jaringan kerja lintasan kritis (*critical path*) yang menggambarkan rangkaian aktivitas proyek yang memiliki pengaruh langsung terhadap durasi penyelesaian proyek. Lintasan kritis pada diagram dimulai dari item pekerjaan A1 yaitu pekerjaan galian pilecap, kemudian berlanjut melalui beberapa aktivitas pekerjaan struktur yang saling bergantung, hingga mencapai item pekerjaan M1 yaitu pekerjaan pengecoran plat lantai 1. Rangkaian aktivitas pada lintasan kritis ini tidak memiliki waktu kelonggaran (*slack*). Pada visualisasi jaringan kerja menggunakan metode PERT untuk keseluruhan jalur lintasan kritisnya dapat dilihat pada Gambar 6.

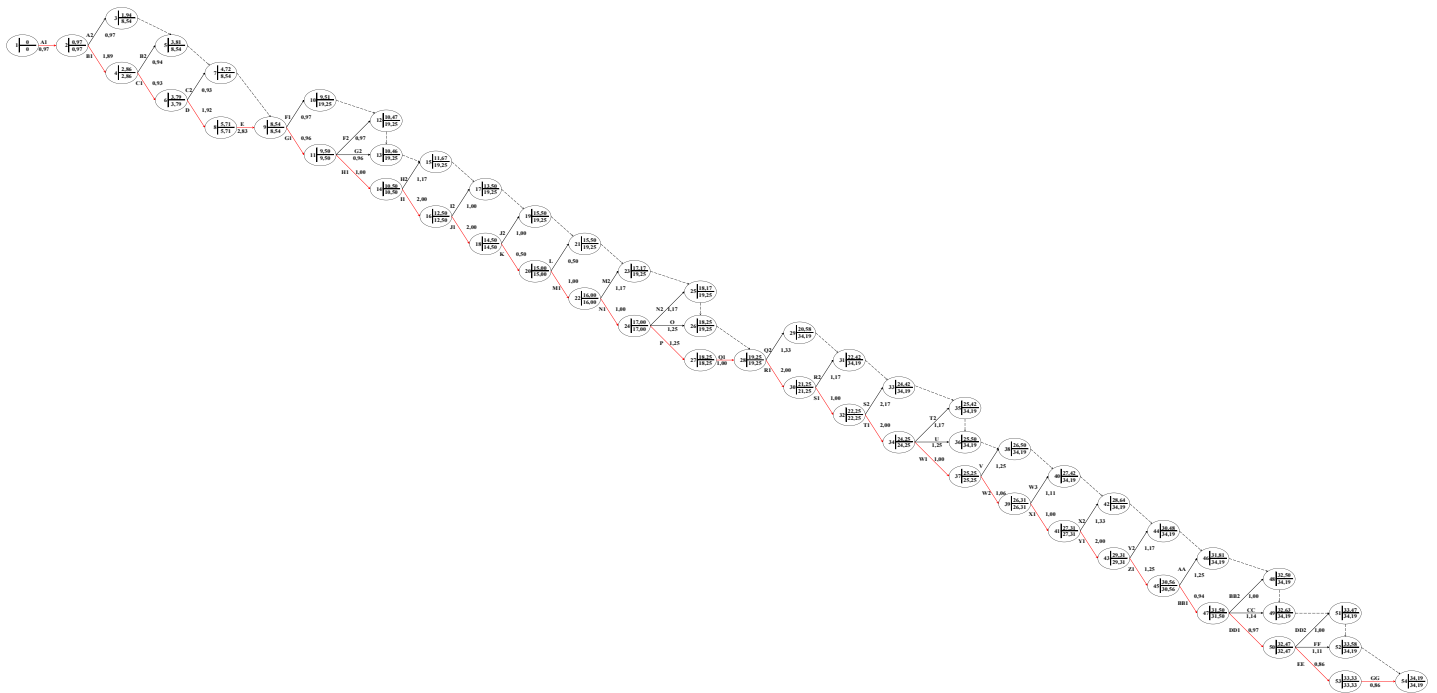
Tabel 4. Total Slack

Kegiatan	Durasi	<i>Earliest Start</i>	<i>Earliest Finish</i>	<i>Latest Start</i>	<i>Latest Finish</i>	<i>Total Slack</i>	Keterangan
A1	0,97	0,00	0,97	0,00	0,97	0,00	KRITIS
A2	0,97	0,97	1,94	7,57	8,54	6,60	NON KRITIS
B1	1,89	0,97	2,86	0,97	2,86	0,00	KRITIS
B2	0,94	2,86	3,81	7,60	8,54	4,74	NON KRITIS
C1	0,93	2,86	3,79	2,86	3,79	0,00	KRITIS
C2	0,93	3,79	4,72	7,61	8,54	3,82	NON KRITIS
D	1,92	3,79	5,71	3,79	5,71	0,00	KRITIS
E	2,83	5,71	8,54	5,71	8,54	0,00	KRITIS
F1	0,97	8,54	9,51	18,28	19,25	9,74	NON KRITIS
F2	0,97	9,50	10,47	18,28	19,25	8,78	NON KRITIS
G1	0,96	8,54	9,50	8,54	9,50	0,00	KRITIS
G2	0,96	9,50	10,46	18,29	19,25	8,79	NON KRITIS
H1	1,00	9,50	10,50	9,50	10,50	0,00	KRITIS
H2	1,17	10,50	11,67	18,08	19,25	7,58	NON KRITIS
I1	2,00	10,50	12,50	10,50	12,50	0,00	KRITIS
I2	1,00	12,50	13,50	18,25	19,25	5,75	NON KRITIS
J1	2,00	12,50	14,50	12,50	14,50	0,00	KRITIS

J2	1,00	14,50	15,50	18,25	19,25	3,75	NON KRITIS
K	0,50	14,50	15,00	14,50	15,00	0,00	KRITIS
L	0,50	15,00	15,50	18,75	19,25	3,75	NON KRITIS
M1	1,00	15,00	16,00	15,00	16,00	0,00	KRITIS
M2	1,17	16,00	17,17	18,08	19,25	2,08	NON KRITIS
N1	1,00	16,00	17,00	16,00	17,00	0,00	KRITIS
N2	1,17	17,00	18,17	18,08	19,25	1,08	NON KRITIS
O	1,25	17,00	18,25	18,00	19,25	1,00	NON KRITIS
P	1,25	17,00	18,25	17,00	18,25	0,00	KRITIS
Q1	1,00	18,25	19,25	18,25	19,25	0,00	KRITIS
Q2	1,33	19,25	20,58	32,86	34,19	13,61	NON KRITIS
R1	2,00	19,25	21,25	19,25	21,25	0,00	KRITIS
R2	1,17	21,25	22,42	33,02	34,19	11,77	NON KRITIS
S1	1,00	21,25	22,25	21,25	22,25	0,00	KRITIS
S2	2,17	22,25	24,42	32,02	34,19	9,77	KRITIS
T1	2,00	22,25	24,25	22,25	24,25	0,00	KRITIS
T2	1,17	24,25	25,42	33,02	34,19	8,77	NON KRITIS
U	1,25	24,25	25,50	32,94	34,19	8,69	NON KRITIS
V	1,25	25,25	26,50	32,94	34,19	7,69	NON KRITIS
W1	1,00	24,25	25,25	24,25	25,25	0,00	KRITIS
W2	1,06	25,25	26,31	25,25	26,31	0,00	KRITIS
W3	1,11	26,31	27,42	33,08	34,19	6,77	NON KRITIS
X1	1,00	26,31	27,31	26,31	27,31	0,00	KRITIS
X2	1,33	27,31	28,64	32,86	34,19	5,55	NON KRITIS
Y1	2,00	27,31	29,31	27,31	29,31	0,00	KRITIS
Y2	1,17	29,31	30,48	33,02	34,19	3,71	NON KRITIS
Z	1,25	29,31	30,56	29,31	30,56	0,00	KRITIS
AA	1,25	30,56	31,81	32,94	34,19	2,38	NON KRITIS
BB1	0,94	30,56	31,50	30,56	31,50	0,00	KRITIS
BB2	1,00	31,50	32,50	33,18	34,19	1,69	NON KRITIS
CC	1,14	31,50	32,63	33,05	34,19	1,55	NON KRITIS
DD1	0,97	31,50	32,47	31,50	32,47	0,00	KRITIS
DD2	1,00	32,47	33,47	33,19	34,19	0,72	NON KRITIS
EE	0,86	32,47	33,33	32,47	33,33	0,00	KRITIS
FF	1,11	32,47	33,58	33,08	34,19	0,61	NON KRITIS
GG	0,86	33,33	34,19	33,33	34,19	0,00	KRITIS



Gambar 5. Detail Bagian Jaringan Kerja Lintasan Kritis Dari Pekerjaan Galian Pilecap (A1) sampai Pengecoran Plat 1 Lt. 1 (M1)



Gambar 6. Jaringan Kerja Lintasan Kritis (Garis Merah)

3. Analisis Deviasi Standart dan Varians

Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Pada PERT, parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai Deviasi Standart dan Varians. Deviasi standart dan varians hanya dihitung pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur kritis.

Diambil contoh pada pekerjaan galian pilecap.

- Diketahui: Durasi optimis (a) = 0,67 minggu
- Durasi pesimis (b) = 3 minggu
- Durasi paling mungkin (m) = 2 minggu

Maka: a. Deviasi standart (S)

$$S = (b-a)/6$$

$$S = (3 - 0,67)/6 = 0,39$$

b. Varians (V)

$$V (te) = S^2$$

$$V (te) = 0,39^2 = 0,15$$

Untuk perhitungan deviasi standart dan varians pada setiap kegiatan yang berada pada jalur kritis, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Deviasi Standar dan Varians pada Jalur Kritis

No	Pekerjaan	Durasi (minggu)	Estimasi Waktu (Minggu)			Deviasi Standar $S = \frac{b-a}{6}$	Varians $V (te) = S^2$
			Waktu Optimis (a)	Waktu Normal (m)	Waktu Pesimis (b)		
			A1	Galian pile cap	0,97		
B1	Pengecoran fondasi strauss (28 titik)	1,89	1	3	4	0,50	0,25
C1	Lapisan pasir urug di bawah fondasi	0,93	0,17	2	3	0,47	0,22
D	Pengecoran lantai kerja di bawah fondasi	1,92	0,50	2	3	0,42	0,17
E	Pengecoran footing / pilecap (F1 & F2)	2,83	1	3	4	0,50	0,25
G1	Urug tanah kembali & Pematatan tanah	0,96	0,50	2	3	0,42	0,17
H1	Pengecoran tie beam (TB1 ; TB2 ; TB3)	1,00	1	2	4	0,50	0,25
I1	Pengecoran kolom lt. 1	2,00	2	3	4	0,33	0,11
J1	Pengecoran balok lt. 1	2,00	2	3	4	0,33	0,11
K	Pemasangan dan pengecoran fondasi batu kali	0,50	0,33	0,50	0,67	0,06	0,00
M1	Pengecoran plat lt. 1	1,00	1	2	4	0,50	0,25

N1	Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 1 ke lt. 2)	1,00	1	2	4	0,50	0,25
P	Pengecoran beton kanopi atas jendela	1,25	0,50	1	3	0,42	0,17
Q1	Pengecoran kolom lt. 2	1,00	1	2	5	0,67	0,44
R1	Pengecoran balok lt. 2	2,00	2	3	5	0,50	0,25
S1	Pengecoran plat lt. 2	1,00	2	3	5	0,50	0,25
T1	Pengecoran tangga 2 unit (dari lt. 2 ke lt. 3)	2,00	2	3	5	0,50	0,25
W1	Pengecoran kolom lt. 3	1,00	2	3	5	0,50	0,25
W2	Pengecoran kolom lt. 3	1,06	2	3	5	0,50	0,25
X1	Pengecoran balok atap	1,00	1	2	5	0,67	0,44
Y1	Pengecoran plat lt. 3	2,00	2	3	5	0,50	0,25
Z	Pengecoran ring balk lt.3	1,25	0,50	1	3	0,42	0,17
BB1	Pemasangan bracket dan kuda-kuda baja ringan	0,94	0,67	2	3	0,39	0,15
DD1	Pemasangan penutup atap	0,97	0,83	2	3	0,36	0,13
EE	Pemasangan nok	0,86	0,50	0,67	2	0,25	0,06
GG	Pemasangan talang	0,86	0,50	0,67	2	0,25	0,06
TOTAL VARIANS							5,34

4. Analisis Probabilitas Target Jadwal Penyelesaian

Wiest dan Levy (1977), yang menyatakan bahwa karena setiap aktivitas dalam jalur kritis memiliki varians tersendiri, maka akumulasi dari varians tersebut akan membentuk distribusi normal bagi total durasi proyek berdasarkan *Central Limit Theorem*. Lebih lanjut, Moder, Phillips, dan Davis (1983) menegaskan bahwa probabilitas penyelesaian proyek dapat dihitung secara matematis apabila varians dari seluruh aktivitas pada jalur kritis telah dijumlahkan dan deviasi standar proyek telah diperoleh. Untuk menentukan sejauh mana target waktu yang diinginkan menyimpang dari waktu yang diharapkan (*expected time*), diperlukan sebuah ukuran standardisasi yang dikenal sebagai nilai *Z*. Nilai ini berfungsi untuk mentransformasikan distribusi normal umum menjadi distribusi normal standar, sehingga tingkat peluang keberhasilan dapat diinterpretasikan melalui tabel distribusi. Berdasarkan landasan teori tersebut, rumus *Z*-Score dirumuskan sebagai berikut:

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

- Diketahui:
- Target waktu penyelesaian ($T(d)$) = 35 minggu
 - Waktu yang diharapkan (TE) = 34,19 minggu
 - Varians jalur kritis

Deviasi standart dari jalur kritis, yaitu $S = \sqrt{V}$

$$S = \sqrt{5,34} = 2,31$$

Maka:

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

$$Z = \frac{35 - 34,19}{2,31} = 0,3515$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus *z-score*, diperoleh nilai sebesar 0,3515. Nilai tersebut kemudian dirujuk pada tabel distribusi normal standar untuk memperoleh tingkat probabilitas keberhasilan penyelesaian proyek. Hasil pembacaan tabel menunjukkan nilai probabilitas penyelesaian proyek sesuai target 34,19 minggu sebesar 0,6368, atau ekuivalen dengan 63,68%.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian hasil analisis yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Gedung SD Katolik 10 St. Theresia Manado, dengan menggunakan Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), peneliti dapat menyimpulkan:

1. Berdasarkan hasil analisis dengan metode PERT, didapatkan durasi waktu harapan penyelesaian proyek yang optimal yakni selama 34,19 minggu. Berdasarkan hasil analisis dengan metode PERT juga dapat diidentifikasi aktivitas – aktivitas yang berada pada jalur kritis, pekerjaan tersebut adalah: Pekerjaan tersebut adalah: Galian Pilecap (A1), Pengecoran Fondasi Strauss (B1), Lapisan Pasir Urug di Bawah Fondasi (C1), Pengecoran Lantai Kerja di Bawah Fondasi (D), Pengecoran Footing/Pilecap (E), Urug Tanah Kembali dan Pematatan Tanah (G1), Pengecoran Tie Beam (H1), Pengecoran Kolom lt.1 (I1), Pengecoran Balok lt. 1 (J1), Pemasangan dan Pengecoran fondasi batu kali (K), Pengecoran Plat lt.1 (M1), Pengecoran Tangga 2 Unit (N1), Pengecoran Beton Kanopi Atas Jendela (P), Pengecoran Kolom lt. 2 (Q1), Pengecoran Balok lt. 2 (R1), Pengecoran Plat lt. 2 (S1), Pengecoran Tangga 2 Unit (T1), Pengecoran Kolom lt. 3 (W1, W2), Pengecoran Balok Atap (X1), Pengecoran Plat lt. 3 (Y1), Pengecoran Ringbalk lt. 3 (Z), Pemasangan Bracket dan Kuda-Kuda Baja Ringan (BB1), Pemasangan Penutup Atap (DD1), Pemasangan Nok (EE), Pemasangan Talang (GG).
2. Melalui penerapan metode PERT, diperoleh deviasi standar proyek sebesar 2,31. Berdasarkan parameter statistik tersebut, dilakukan perhitungan nilai *z-score* dan diperoleh sebesar 0,3515 kemudian direferensikan pada tabel distribusi normal standar, sehingga didapat hasil sebesar 0,6368 yang menunjukkan probabilitas sebesar 63,68% bahwa proyek dapat diselesaikan pada atau sebelum waktu yang direncanakan yaitu 35 minggu.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*, *pengelolaan waktu proyek disarankan tidak hanya mengacu pada jadwal deterministik*, tetapi juga mempertimbangkan ketidakpastian durasi aktivitas melalui pendekatan probabilistik. Aktivitas yang berada pada lintasan kritis, yang diperoleh dari perhitungan waktu harapan (*expected time*) serta analisis maju dan mundur PERT, memerlukan perhatian khusus karena tidak memiliki kelonggaran waktu (*slack*). Oleh karena itu, pemantauan progres secara berkala, koordinasi antarbagian, serta pengelolaan sumber daya yang efektif menjadi langkah penting untuk menjaga kesesuaian antara rencana penjadwalan dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

Selain itu, analisis probabilitas penyelesaian proyek menggunakan distribusi normal melalui perhitungan *z-score* menunjukkan bahwa peluang pencapaian target waktu berada pada tingkat sedang, sehingga masih terdapat potensi risiko keterlambatan. Informasi probabilistik yang dihasilkan dari metode PERT dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan manajerial, seperti penentuan prioritas aktivitas, pengaturan sumber daya, serta penerapan strategi percepatan apabila diperlukan. Dengan demikian, metode PERT tidak hanya berfungsi sebagai alat perencanaan penjadwalan, tetapi juga sebagai instrumen analisis yang mendukung evaluasi dan pengendalian waktu proyek secara lebih sistematis dan berbasis risiko.

Referensi

- Badri, M. A. 1997. *Dasar-Dasar Network Planning*. Rineka Cipta. Jakarta
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. 2011. *Manajemen Proyek*. Pustaka Setia. Bandung.
- Erkles, C., Pratas, P. A. K., & Dundu, A. K. T. 2023. Analisis Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Kearsipan Universitas Sam Ratulangi dengan Menggunakan Metode PERT. *E-Journal Unsrat TEKNO*, 21(86), 1887-1895.
- Fahmi, I. 2014. *Manajemen Strategis: Teori dan Aplikasi*. Alfabeta. Bandung.
- Gary, C. F., & Larson, E. W. 2008. *Project Management The Managerial Process* (Edisi ke-4). McGraw-Hill/Irwin. New York, NY.
- Gido, J., & Clements, J. P. 201. *Successful Project Management* (Edisi ke-6). Cengage Learning.

Stamford.

Hamilton, A. 1997. *Managing Projects: Building and Learning the Team*. Thomas Telford. London.

Handoko, T. H. 2010. *Manajemen*. BPFE. Yogyakarta.

Immanuel, K. C. 2025 *Penjadwalan Waktu Pada Proyek Bangunan Gedung dan Kawasan Blok Kantor Kementerian Sekretariat Negara IKN dengan Menggunakan CPM (Critical Path Method)*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.

Kartika, N. K. C. 2022. *Analisis Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT dan Simulasi Monte Carlo*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali. Bali.

Kristianti, N. 2021. *Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung TILC UGM di Yogyakarta*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Lawrence, J. A., & Pasternack, B. A. 2001. *Applied Management Science: Modeling, Spreadsheet Analysis, and Communication for Decision Making* (Edisi Ke-2). John Wiley & Sons. New York.

Maryani, & Dewi Murni. 2019. *Optimalisasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan dengan Metode PERT-CPM*. Journal of Mathematics UNP, 4(3). 33-37.

Mamesah, C. E., Sumanti, F. P. Y., Mangare, J. B. 2022. *Optimalisasi Waktu Pada Pelaksanaan Pekerjaan Pembangunan Puskesmas Remboken Rawat Inap Di Kabupaten Minahasa*. E-Journal Unsrat TEKNO. 20(81). 157-161.

Primalie, Y. T. 2025. *Penerapan Metode PERT Pada Proyek Pembangunan GPDI Nazareth Pattynama*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.

Project Management Institute. 2017. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (Edisi ke-6). Project Management Institute. Pennsylvania.

Wiest, J. D., & Levy, F. K. (1977). *A Management Guide to PERT/CPM: With GERT/PDM/DCPM and Other Networks* (2nd ed.). Prentice-Hall.