

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN *FINISHING* LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

Apriyanto Dwi Nugraha¹, Johan Paing Heru Waskito^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jalan Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: priapri123@gmail.com, dhanny.johan@yahoo.com

(*) Penulis Koresponden

ABSTRAK: Proyek dapat diartikan sebagai rangkaian beberapa kegiatan dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasikan sumber daya yang ada dengan tujuan menghasilkan produk yang mutunya telah digariskan dengan jelas. Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Kampus ITS Sukolilo Tahun 2019 mengalami keterlambatan waktu penyelesaian. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jalur kritis, serta waktu maupun biaya yang optimal dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Diketahui bahwa waktu pelaksanaan normal proyek tersebut adalah 171 hari dengan total biaya Rp.9,024,840,000.00. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa jalur kritis pada proyek tersebut adalah Pekerjaan Persiapan (A) – Pekerjaan Pasangan Dinding lt.1-lt.atap (B) – Pekerjaan Plesteran lt.1-lt.atap (C) – Pekerjaan Partisi lt.1-lt.4 (E) – Pekerjaan Pintu & Jendela lt.1-lt.4 (F) – Pekerjaan Sanitair lt.1-lt.4 (K). Durasi optimal proyek tersebut adalah 23 minggu dengan nilai probabilitas sebesar 5,37%. Total biaya optimal proyek tersebut adalah sebesar Rp.9,096,120,000.00..

KATA KUNCI : CPM, Evaluasi, Jalur Kritis, Manajemen Proyek, PERT

1. PENDAHULUAN

Proyek dapat diartikan sebagai rangkaian beberapa kegiatan dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasikan sumber daya yang ada dengan tujuan menghasilkan produk yang mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Semakin maju peradaban manusia, semakin besar dan kompleks proyek yang dikerjakan dengan melibatkan penggunaan bahan-bahan (*material*), tenaga kerja, dan teknologi yang makin canggih. Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan.

Keberhasilan dan kegagalan implementasi proyek seringkali disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang dan ketidakefektifan kegiatan proyek. Dalam hal ini, kegiatan proyek menjadi tidak efektif, yang akan menyebabkan keterlambatan, penurunan kualitas pekerjaan dan peningkatan biaya implementasi.

Beberapa metode dapat digunakan untuk menganalisis durasi optimal pelaksanaan proyek, pada penelitian ini digunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Techniqu*).

Penggunaan metode CPM dan PERT dapat dibandingkan dengan perencanaan yang ada, bertujuan untuk mengoptimalkan durasi

pelaksanaan proyek, meminimalkan keterlambatan dan dapat menjadi acuan untuk proyek selanjutnya. Metode jalur kritis CPM adalah teknik yang disebut jalur kritis, yaitu jalur dengan beberapa komponen aktif, pekerjaan dengan total waktu terlama, durasi terlama, dan waktu tercepat untuk menyelesaikan proyek.

Jalur kritis terdiri dari rangkaian aktivitas pekerjaan kritis, dimulai dari aktivitas pekerjaan awal sampai dengan aktivitas pekerjaan terakhir suatu proyek. Jalur kritis sangat penting untuk pelaksanaan suatu proyek, karena pada jalur kritis ini terdapat kegiatan pekerjaan yang jika pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada keseluruhan pekerjaan di suatu proyek. PERT peninjauannya pada penyelesaian proyek bisa dianalisis dengan menggunakan hukum-hukum statistik. Model PERT menggunakan bantuan distribusi Beta untuk menganalisis perilaku *te* atau waktu penyelesaian sebuah kegiatan.

Proyek konstruksi yang pelaksanaannya tidak sesuai dengan rencana, mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek yang tidak sesuai dengan rencana semula. Keterlambatan tersebut terjadi pada Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Kampus ITS Sukolilo Tahun 2019 yang dikerjakan oleh PT WIZ PRO

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN *FINISHING* LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

(Apriyanto Dwi Nugraha, Johan Paing Heru Waskito)

ENGINEERING sebagai kontraktor pelaksana dengan nilai kontrak sebesar Rp. 9.017.000.000,00 dan masa pengerjaan selama 171 hari dimulai dari tanggal 24 Mei 2019 s/d tanggal 10 November 2019. Proyek tersebut terlambat 11 hari dari waktu penyelesaian semula yang direncanakan.

Pelaksanaan Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS yang dilaksanakan oleh PT. WIZ PRO ENGINEERING mengalami keterlambatan waktu penyelesaian, pada rencana kumulatif progress s/d minggu ke-10 adalah 36,210% sedangkan realisasi kumulatif progress s/d minggu ke-10 adalah 26,283% sehingga pelaksanaan proyek s/d minggu ke-10 mengalami keterlambatan progress sebesar - 9,927%.

Keterlambatan waktu tersebut ditinjau pada minggu ke-11 tanggal 1 & 5 Agustus 2019 dengan adanya agenda Rapat Koordinasi Kemajuan Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior. Dengan adanya rapat tersebut pada tanggal 8 Agustus 2019 pelaksanaan proyek diberikan addendum waktu selama 21 hari sehingga jangka waktu pelaksanaan yang sebelumnya 150 hari kalender dimulai dari tanggal 24 Mei 2019 s/d tanggal 20 Oktober 2019, menjadi 171 hari kalender dimulai dari tanggal 24 Mei 2019 s/d tanggal 10 November 2019.

Pelaksanaan proyek setelah addendum tetap mengalami keterlambatan selama 11 hari sehingga proyek dapat diselesaikan pada tanggal 21 November 2019 dalam kurun waktu 26 minggu atau 182 hari. Namun, sebuah proyek bisa disebut baik jika prosesnya berjalan sesuai rencana. Oleh karena itu, untuk menilai masalah dan meningkatkan kemajuan proyek dibandingkan dengan rencana semula, perlu dilakukan optimalisasi total biaya dengan mempersingkat waktu penyelesaian proyek melalui CPM (Critical Path Method) dan untuk mengurangi keterlambatan serta kendala pekerjaan yang disesuaikan dengan keseluruhan pekerjaan melalui PERT (Project Evaluation and Review Technique).

Keterlambatan suatu pelaksanaan proyek dapat diatasi dengan cara mengoptimalkan waktu pengerjaan dengan biaya yang serendah-rendahnya, dalam hal ini sangat penting untuk menerapkan metode *Crashing Project*. Dengan tercapainya rencana-rencana tersebut, maka dapat menguntungkan pihak-pihak yang terlibat dalam suatu proyek konstruksi.

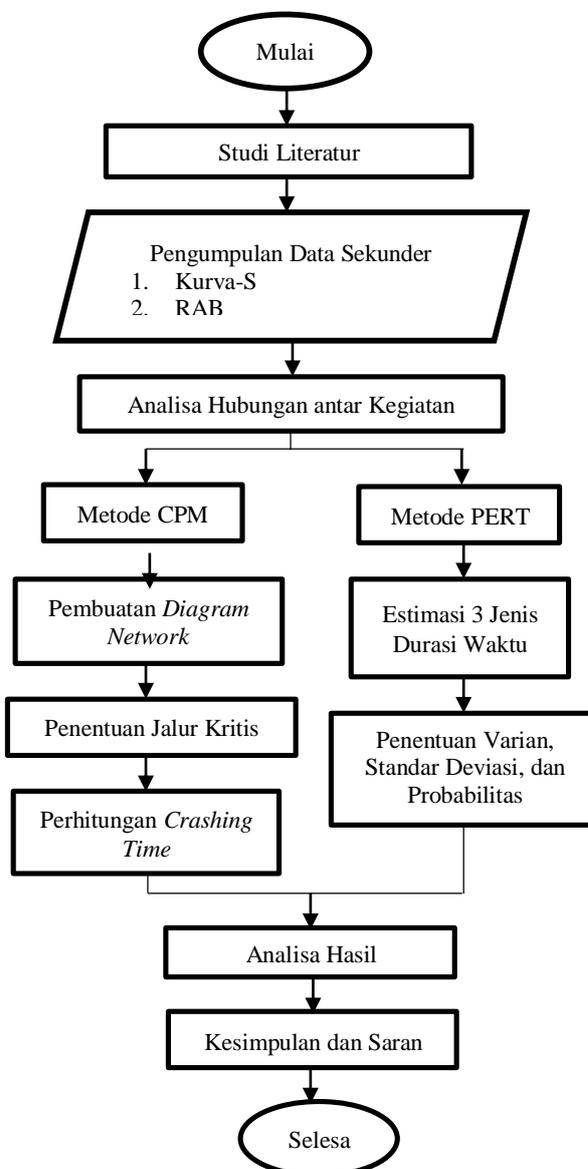
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis metode penelitian ini adalah kuantitatif. Metode yang digunakan berupa rencana optimalisasi proyek CPM dan PERT berdasarkan data yang diperoleh dari kontraktor pelaksana proyek.. Objek dari penelitian ini adalah Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS dan subjek penelitian ini adalah percepatan waktu proyek dengan metode CPM dan PERT.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu Kurva-S, *Bill of Quantity*, dan data penunjang lain. Metodologi penelitian ini diuraikan melalui skema dibawah ini:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Kontrak Proyek

Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS yang direncanakan mulai dari pertengahan tahun 2019 dengan jangka waktu 171 hari yang ditargetkan selesai pada akhir tahun 2019. Untuk mendukung penelitian ini maka dibutuhkan data -data proyek pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Data Kontrak Proyek

Nama Proyek	Pekerjaan <i>Finishing</i> Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS
Lokasi	Kampus ITS Sukolilo - Surabaya
Pemberi Tugas	Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Ir. Rachmad Basuki, MS
Konsultan Pengawas	PT. ELEMEN TIGA TIGA
Kontraktor Pelaksana	PT. WIRATAMA GRAHA RAHARJA - PT. WIZ PRO ENGINEERING
Waktu Pelaksanaan	150 hari
Waktu Pelaksanaan Addendum Kontrak	171 hari
Nilai Kontrak	Rp.9,024,840,000.00
Jumlah Lantai	4 Lantai
Luas Bangunan	926,64 m ²

Daftar kegiatan serta besaran biaya pada Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Daftar Kegiatan Proyek Kondisi Normal

No	Pekerjaan	Biaya (Rp)	Durasi (min ggu)
1	Pekerjaan Persiapan	8,594,000.00	2

2	Pekerjaan Pasangan Dinding (lt.1 - lt.Atap)	478,908,275.63	4
3	Pekerjaan Plesteran (lt.1 - lt.Atap)	499,455,417.97	4
4	Pekerjaan Plafond (lt.1 - lt.4)	159,006,377.93	3
5	Pekerjaan Partisi (lt.1 - lt.4)	344,312,913.26	3
6	Pekerjaan Pintu & Jendela (lt.1 - lt.4)	860,868,893.19	4
7	Pekerjaan Railing & Shading Sunscreen (lt.1 - lt.4)	964,959,442.51	3
8	Pekerjaan Pengecatan (lt.1 - lt.4)	631,682,369.08	5
9	Pekerjaan Pasangan Keramik (lt.1 - lt.4)	1,264,340,595.26	6
10	Pekerjaan Lantai Atap & Lansekap	183,432,820.54	4
11	Pekerjaan Sanitair (lt.1 - lt.4)	388,658,566.04	7
12	Pekerjaan Plumbing	457,909,899.75	10
13	Pekerjaan Vent-AC	410,639,163.60	5
14	Pekerjaan Elektrikal	1,247,730,660.00	6
15	Pekerjaan Telephone, Wifi, & CCTV	188,533,700.00	2
16	Pekerjaan Ramp Entrance	115,448,132.91	3

3.2 Metode CPM

Dalam pengolahan data pada penelitian ini, hal pertama yang dilakukan yaitu pembuatan *diagram network* atau diagram jaringan. Diagram jaringan mempresentasikan pekerjaan, nama pekerjaan, pekerjaan pendahulu, dan durasi

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN *FINISHING* LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

(Apriyanto Dwi Nugraha, Johan Paing Heru Waskito)

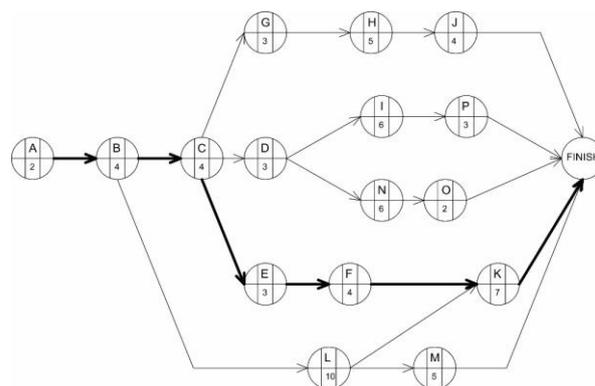
pekerjaan. Ketergantungan hubungan antar kegiatan proyek dapat dilihat pada **Tabel 3** dibawah ini.

Tabel 3. Hubungan Antar Kegiatan Proyek

Kegiatan	Pekerjaan	Pen dah ulu	Dur asi (min ggu)
A	Pekerjaan Persiapan	-	2
B	Pekerjaan Pasangan Dinding (lt.1 - lt.Atap)	A	4
C	Pekerjaan Plesteran (lt.1 - lt.Atap)	B	4
D	Pekerjaan Plafond (lt.1 - lt.4)	C	3
E	Pekerjaan Partisi (lt.1 - lt.4)	C	3
F	Pekerjaan Pintu & Jendela (lt.1 - lt.4)	E	4
G	Pekerjaan Railing & Shading Sunscreen (lt.1 - lt.4)	C	3
H	Pekerjaan Pengecatan (lt.1 - lt.4)	G	5
I	Pekerjaan Pasangan Keramik (lt.1 - lt.4)	D	6
J	Pekerjaan Lantai Atap & Lansekap	H	4
K	Pekerjaan Sanitair (lt.1 - lt.4)	F, L	7
L	Pekerjaan Plumbing	B	10
M	Pekerjaan Vent-AC	L	5
N	Pekerjaan Elektrikal	D	6
O	Pekerjaan Telephone, Wifi, & CCTV	N	2
P	Pekerjaan Ramp Entrance	I	3

3.2.1 Pembuatan Diagram *Network* (Diagram Jaringan)

Berdasarkan tabel di atas, penulis menggambarkan *diagram network* pada Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Jaringan Kerja Kondisi Normal

3.2.2 Penentuan Jalur Kritis

Pada diagram jaringan kerja tersebut terdapat beberapa jalur kegiatan yang dilakukan, yaitu:

1. A-B-C-G-H-J = $(2+4+4+3+5+4) = 22$
2. A-B-C-D-I-P = $(2+4+4+3+6+3) = 22$
3. A-B-C-D-N-O = $(2+4+4+3+6+2) = 21$
4. A-B-C-E-F-K = $(2+4+4+3+4+7) = 24$
5. A-B-L-K = $(2+4+10+7) = 23$
6. A-B-L-M = $(2+4+10+5) = 21$

Jalur kritis pada proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS adalah A – B – C – E – F – K (panah tebal), dengan durasi pelaksanaan proyek terlama yaitu 24 minggu atau 168 hari.

Aktivitas kegiatan yang dilalui oleh lintasan kritis adalah pekerjaan persiapan (A), pekerjaan pemasangan dinding lt.1 – lt.atap (B), pekerjaan plesteran lt.1 – lt.atap (C), pekerjaan partisi lt.1 – lt.4 (E), pekerjaan pintu & jendela lt.1 – lt.4 (F), dan pekerjaan sanitair lt.1 – lt.4 (K). Pekerjaan-pekerjaan tersebut termasuk dalam jalur kritis karena tidak memiliki float atau waktu longgar. Untuk mengetahui pekerjaan apa saja yang memiliki waktu senggang, dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini. Langkah pertama dalam menentukan waktu luang dimulai dengan perhitungan maju (*forward pass*) dan mundur (*backward pass*)

1. Perhitungan ES
 - a. ES Pekerjaan A = 0
 - b. ES Pekerjaan B = $EF(A) = 2$
 - c. ES Pekerjaan C = $EF(B) = 6$ dan seterusnya.
2. Perhitungan EF
 - a. EF Pekerjaan A = $ES(A) + d(A) = 0 + 2 = 2$
 - b. EF Pekerjaan B = $ES(B) + d(B)$

- c. EF Pekerjaan C = 2 + 4 = 6
= ES(C) + d(C)
= 6 + 4 = 10
dan seterusnya.
- 3. Perhitungan LS
 - a. LS Pekerjaan A = LF(A) – d(A)
= 2 – 2 = 0
 - b. LS Pekerjaan B = LF(B) – d(B)
= 6 – 4 = 2
 - c. LS Pekerjaan C = LF(C) – d(C)
= 10 – 4 = 6
dan seterusnya.
- 4. Perhitungan LF
 - a. LF Pekerjaan A = LS(B) = 2
 - b. LF Pekerjaan B = LS(C) = 6
 - c. LF Pekerjaan C = LS(E) = 10
dan seterusnya.
- 5. Perhitungan TF
 - a. TF Pekerjaan A = LF(A)–ES(A)–d(A)
= 2 – 0 – 2 = 0
 - b. TF Pekerjaan B = LF(B)–ES(B)–d(B)
= 6 – 2 – 4 = 0
 - c. TF Pekerjaan C = LF(C)–ES(C)–d(C)
= 10 – 6 – 4 = 0
dan seterusnya.

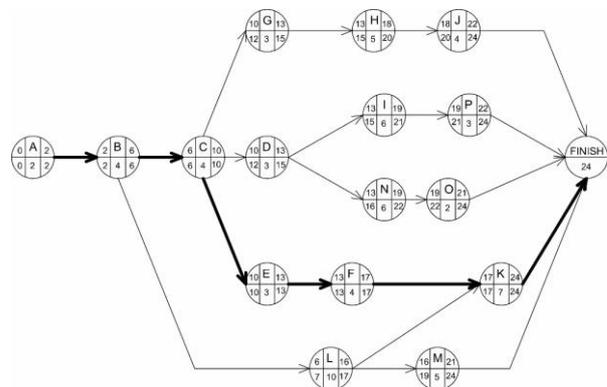
Hasil perhitungan pekerjaan seterusnya hingga pekerjaan terakhir dapat dilihat pada **Tabel 4** dibawah ini.

Tabel 4. Perhitungan Waktu ES, EF, LS, LF, dan TF

Ke gia tan	Pen dah ulu	Du ras i (mi ng gu)	E S	E F	L S	L F	T F	Kete rang an
A	-	2	0	2	0	2	0	Krit is
B	A	4	2	6	2	6	0	Krit is
C	B	4	6	10	6	10	0	Krit is
D	C	3	1	1	1	1	2	-
E	C	3	1	1	1	1	0	Krit is
F	E	4	1	1	1	1	0	Krit is
G	C	3	1	1	1	1	2	-

H	G	5	1	1	1	2	2	-
			3	8	5	0		
I	D	6	1	1	1	2	2	-
			3	9	5	1		
J	H	4	1	2	2	2	2	-
			8	2	0	4		
K	F, L	7	1	2	1	2	0	Krit is
			7	4	7	4		
L	B	10	6	1	7	1	1	-
				6		7		
M	L	5	1	2	1	2	3	-
			6	1	9	4		
N	D	6	1	1	1	2	3	-
			3	9	6	2		
O	N	2	1	2	2	2	3	-
			9	1	2	4		
P	I	3	1	2	2	2	2	-
			9	2	1	4		

Setelah dilakukan perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*) didapatkan hasil *diagram network* atau diagram jaringan kerja berikut ini.



Gambar 3. Diagram Jaringan Kerja Setelah Perhitungan Maju dan Mundur

Maka, terdapat 6 pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis yaitu pekerjaan persiapan (A), pekerjaan pasangan dinding lt.1 – lt.atap (B), pekerjaan plesteran lt.1 – lt.atap (C), pekerjaan partisi lt.1 – lt.4 (E), pekerjaan pintu dan jendela lt.1 - lt.4 (F), dan pekerjaan sanitair lt.1 – lt.4 (K). Sementara itu, terdapat 10 pekerjaan yang tidak termasuk dalam jalur kritis yaitu pekerjaan pekerjaan plafond lt.1 – lt.4 (D), pekerjaan railing & shading sunscreen lt.1 - lt.4 (G), pekerjaan pengecatan lt.1 – lt.4 (H), pekerjaan pasangan keramik lt.1 – lt.4 (I), pekerjaan lantai atap dan lansekap (J), pekerjaan plumbing (L),

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN *FINISHING* LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

(Apriyanto Dwi Nugraha, Johan Paing Heru Waskito)

pekerjaan vent-ac (M), pekerjaan elektrikal (N), pekerjaan telephone, wifi & cctv (O), pekerjaan ramp entrance (P) yang memiliki waktu longgar (float). Sehingga pekerjaan tersebut dapat ditunda untuk beberapa waktu.

3.3 Metode PERT

Saat menentukan perkiraan waktu pelaksanaan pekerjaan perlu mempertimbangkan banyak faktor yang tidak bisa dipastikan, sehingga dapat digunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) untuk menentukan durasi pelaksanaan pekerjaan. PERT adalah metode yang bertujuan untuk mengurangi penundaan dan gangguan dari konflik produksi sebanyak mungkin, mengkoordinasikan dan menyinkronkan pekerjaan secara keseluruhan, dan mempercepat penyelesaian proyek.

Perhitungan metode PERT menggunakan 3 perkiraan waktu yaitu waktu optimis (a), waktu pesimis (b), dan waktu yang memungkinkan (m). Untuk mencari waktu optimis (a) dan waktu pesimis (b), harus dicari dulu waktu rata – rata dan nilai standart deviasi tiap item pekerjaan dengan menggunakan rumus berikut:

Mencari rata – rata durasi pekerjaan :

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{n}$$

$$\bar{D} = \frac{24}{16} = 1.5$$

Mencari standart deviasi tiap pekerjaan :

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum (Dx - \bar{D})^2}{n - 1}}$$

Mencari waktu optimis (a) dan waktu pesimis (b):

$$a = D_x - s_x$$

$$b = D_x + s_x$$

Keterangan :

\bar{D} = rata – rata durasi

D = durasi

n = jumlah item pekerjaan

s_x = nilai standart deviasi pekerjaan x

D_x = durasi pekerjaan x

Tabel 5. Estimasi 3 Waktu Pelaksanaan Proyek

Kategori Pekerjaan	Waktu Optimis (a)	Waktu Normal (m)	Waktu Pesimis (b)
A Pekerjaan Persiapan	1.871	2	2.129

B Pekerjaan Pasangan Dinding (lt.1 - lt.Atap)	3.355	4	4.645
C Pekerjaan Plesteran (lt.1 - lt.Atap)	3.355	4	4.645
D Pekerjaan Plafond (lt.1 - lt.4)	2.613	3	3.387
E Pekerjaan Partisi (lt.1 - lt.4)	2.613	3	3.387
F Pekerjaan Pintu & Jendela (lt.1 - lt.4)	3.355	4	4.645
G Pekerjaan Railing & Shading Sunscreen (lt.1 - lt.4)	2.613	3	3.387
H Pekerjaan Pengecatan (lt.1 - lt.4)	4.097	5	5.903
I Pekerjaan Pasangan Keramik (lt.1 - lt.4)	4.838	6	7.162
J Pekerjaan Lantai Atap & Lansekap	3.355	4	4.645
K Pekerjaan Sanitair (lt.1 - lt.4)	5.580	7	8.420
L Pekerjaan Plumbing	7.805	10	12.195
M Pekerjaan Vent-AC	4.097	5	5.903
N Pekerjaan Elektrikal	4.838	6	7.162
O Pekerjaan Telephone, Wifi, & CCTV	1.871	2	2.129
P Pekerjaan Ramp Entrance	2.613	3	3.387

Setelah waktu pelaksanaan ditentukan dengan menggunakan tiga perkiraan waktu di atas, dapat ditentukan waktu yang diharapkan (T_e), deviasi standar (S) dan varian kegiatan seperti pada perhitungan dibawah ini.

1. Menentukan waktu yang diharapkan (T_e)

a.
$$Te \text{ Pekerjaan A} = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$= \frac{1.871+4(2)+2.129}{6}$$

$$= 2$$

b.
$$Te \text{ Pekerjaan B} = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$= \frac{3.355+4(4)+4.645}{6}$$

$$= 4$$

c.
$$Te \text{ Pekerjaan C} = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$= \frac{3.355+4(4)+4.645}{6}$$

$$= 4$$

dan seterusnya.

2. Menentukan Deviasi Standar (S)

a.
$$S \text{ Pekerjaan A} = \frac{1}{6} (b - a)$$

$$= \frac{1}{6} (2.129 - 1.871)$$

$$= 0.043$$

b.
$$S \text{ Pekerjaan B} = \frac{1}{6} (b - a)$$

$$= \frac{1}{6} (4.645 - 3.355)$$

$$= 0.215$$

c.
$$S \text{ Pekerjaan B} = \frac{1}{6} (b - a)$$

$$= \frac{1}{6} (4.645 - 3.355)$$

$$= 0.215$$

dan seterusnya.

3. Menentukan Varians (V)

a.
$$V \text{ Pekerjaan A} = S^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{2.129-1.871}{6} \right]^2$$

$$= 0.0018$$

b.
$$V \text{ Pekerjaan B} = S^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{4.645-3.355}{6} \right]^2$$

$$= 0.0462$$

c.
$$V \text{ Pekerjaan B} = S^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{4.645-3.355}{6} \right]^2$$

$$= 0.0462$$

dan seterusnya.

Untuk hasil perhitungan pekerjaan lain dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini

Tabel 6. Perhitungan Te, Standar Deviasi, dan Varian

Keg iata n	Pekerjaan	T e	S	V
A	Pekerjaan Persiapan	2	0.043	0.0018

B	Pekerjaan Pasangan Dinding (lt.1 - lt.Atap)	4	0.215	0.0462
C	Pekerjaan Plesteran (lt.1 - lt.Atap)	4	0.215	0.0462
D	Pekerjaan Plafond (lt.1 - lt.4)	3	0.129	0.0166
E	Pekerjaan Partisi (lt.1 - lt.4)	3	0.129	0.0166
F	Pekerjaan Pintu & Jendela (lt.1 - lt.4)	4	0.215	0.0462
G	Pekerjaan Railing & Shading Sunscreen (lt.1 - lt.4)	3	0.129	0.0166
H	Pekerjaan Pengecatan (lt.1 - lt.4)	5	0.301	0.0906
I	Pekerjaan Pasangan Keramik (lt.1 - lt.4)	6	0.387	0.1500
J	Pekerjaan Lantai Atap & Lansekap	4	0.215	0.0462
K	Pekerjaan Sanitair (lt.1 - lt.4)	7	0.473	0.2240
L	Pekerjaan Plumbing	10	0.732	0.5353
M	Pekerjaan Vent-AC	5	0.301	0.0906
N	Pekerjaan Elektrikal	6	0.387	0.1500
O	Pekerjaan Telephone, Wifi, & CCTV	2	0.043	0.0018
P	Pekerjaan Ramp Entrance	3	0.129	0.0166

Berdasarkan tabel diatas dapat dihitung $\Sigma(V) = 1.496$, nilai standar deviasi $\Sigma(S) = 4.044$, dan total waktu pelaksanaan proyek pada jalur kritis adalah 24 minggu.

Selanjutnya dapat digunakan rumus berikut untuk menentukan Varians (V) dan Deviasi Standart (V) yang berada di jalur kritis.

- Varians pada jalur kritis $V_{kritis} = (V_{pekerjaan A} + V_{pekerjaan B} + V_{pekerjaan C} + V_{pekerjaan E} + V_{pekerjaan F} + V_{pekerjaan K})$

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN FINISHING LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

(Apriyanto Dwi Nugraha, Johan Paing Heru Waskito)

$$= (0.0018 + 0,0462 + 0,0462 + 0.0166 + 0.0462 + 0.224) = 0.3812$$

2. Deviasi Standar (S)

$$S = \sqrt{V} = \sqrt{0.3812} = 0.6174$$

Dari sifat kurva distribusi normal dimana area berada dalam interval (TE - 3S) dan (TE + 3S) maka besar rentang 3S adalah 3 x 0.6174 = 1.8522. Maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah 24 ± 1.8522 minggu. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah 24 - 1.8522 = 22.1478 ~ 22 minggu, dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah 24 + 1.8522 = 25.8522 ~ 26 minggu. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka nilai T(d) = 22 minggu. Kemudian dapat diketahui probabilitas waktu penyelesaian tersebut melalui perhitungan dibawah ini.

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S} = \frac{22 - 24}{0.6174} = -3.2393$$

Setelah nilai Z diketahui, maka dapat ditentukan nilai probabilitas waktu penyelesaian proyek tersebut menggunakan tabel distribusi normal Z pada **Tabel 7** di bawah ini.

Tabel 7. Distribusi Normal Z

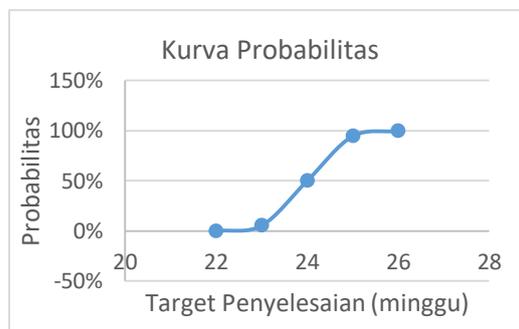
z	0	0.01	0.02	0.03
0		-0.01	-0.02	-0.03
-3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012

Berdasarkan tabel distribusi normal dapat diketahui nilai probabilitasnya yaitu (Z = 0.0006) = 0.0006 x 100% = 0.06 %. Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan penyelesaian proyek dalam kurun waktu 22 minggu hanya sekitar 0.06%. Untuk hasil analisa selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 8** di bawah ini.

Tabel 8. Target dan Probabilitas Penyelesaian Proyek

Target Penyelesaian (minggu)	Deviasi Standar (Z)	Distribusi Normal	Probabilitas
22	-3.2393	0.0006	0.06%
23	-1.6196	0.0537	5.37%
24	0.0000	0.5000	50.00%
25	1.6196	0.9463	94.63%
26	3.2393	0.9994	99.94%

Berdasarkan Tabel 8 dapat dibuat kurva probabilitasnya sebagai berikut:



Gambar 4. Kurva Probabilitas

3.4 Perhitungan Crashing Time

Tujuan pokok untuk mempercepat waktu penyelesaian adalah memperpendek waktu penyelesaian proyek dengan kenaikan biaya yang seminimal mungkin. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek biasa disebut dengan Crash Program. *Crashing* merupakan proses yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan cara menguji semua kegiatan pada suatu proyek, dengan fokus pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Dalam penggunaan crashing time, tentu saja biayanya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya dalam waktu normal.

Dari Kurva S atau time schedule dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek Pekerjaan Finishing Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS, diketahui bahwa durasi penyelesaian proyek adalah 26 minggu dengan total biaya Rp.8,204,400,000.00 (sebelum ditambahkan dengan 10% untuk biaya PPN). Sedangkan biaya tidak langsung diperoleh dari 10% total biaya proyek yaitu Rp.8,204,400,000.00 x PPN 10% = Rp.820,440,000.00

Kenaikan biaya akibat percepatan (*cost slope*) dapat ditentukan dengan menghitung terlebih

dahulu biaya pekerjaan akibat percepatan dengan rumus (Soeharto,1999):

$$B^{\wedge} = \frac{D}{D^{\wedge}} \times B$$

Setelah biaya dipercepat diketahui maka dapat ditentukan kenaikan biaya akibat percepatan (*cost slope*) dengan menggunakan persamaan:

$$Cost\ Slope = \frac{B^{\wedge} - B}{D - D^{\wedge}}$$

Keterangan:

D = Kurun waktu normal

B = Biaya Normal

D[∧] = Kurun waktu dipercepat (*Crash Time*)

B[∧] = Biaya untuk waktu dipersingkat (*Crash Cost*)

Dalam penelitian ini, percepatan waktu proyek dilakukan dengan cara mempercepat waktu pada aktivitas-aktivitas pekerjaan yang berada pada jalur kritis dan memiliki total biaya terkecil, sehingga dapat diketahui besaran biaya serta waktu penyelesaian proyek yang optimal.

Tabel 9. Daftar Biaya Pekerjaan

Ke gia tan	Pekerjaan	Du ras i (mi ng gu)	Biaya (Rp)	Biaya Overh ead (PPN 10%)
A	Pekerjaan Persiapan	2	8,594,00 0.00	859,40 0.00
B	Pekerjaan Pasangan Dinding (lt.1 - lt.Atap)	4	478,908, 275.63	47,890 ,827.5 6
C	Pekerjaan Plesteran (lt.1 - lt.Atap)	4	499,455, 417.97	49,945 ,541.8 0
D	Pekerjaan Plafond (lt.1 - lt.4)	3	159,006, 377.93	15,900 ,637.7 9
E	Pekerjaan Partisi (lt.1 - lt.4)	3	344,312, 913.26	34,431 ,291.3 3
F	Pekerjaan Pintu & Jendela (lt.1 - lt.4)	4	860,868, 893.19	86,086 ,889.3 2

G	Pekerjaan Railing & Shading Sunscreen (lt.1 - lt.4)	3	964,959, 442.51	96,495 ,944.2 5
H	Pekerjaan Pengecatan (lt.1 - lt.4)	5	631,682, 369.08	63,168 ,236.9 1
I	Pekerjaan Pasangan Keramik (lt.1 - lt.4)	6	1,264,34 0,595.26	126,43 4,059. 53
J	Pekerjaan Lantai Atap & Lansekap	4	183,432, 820.54	18,343 ,282.0 5
K	Pekerjaan Sanitair (lt.1 - lt.4)	7	388,658, 566.04	38,865 ,856.6 0
L	Pekerjaan Plumbing	10	457,909, 899.75	45,790 ,989.9 8
M	Pekerjaan Vent-AC	5	410,639, 163.60	41,063 ,916.3 6
N	Pekerjaan Elektrikal	6	1,247,73 0,660.00	124,77 3,066. 00
O	Pekerjaan Telephone, Wifi, & CCTV	2	188,533, 700.00	18,853 ,370.0 0
P	Pekerjaan Ramp Entrance	3	115,448, 132.91	11,544 ,813.2 9
Sub total			8,204,48 1,227.67	820,44 8,122. 77
Dibulatkan			8,204,40 0,000.00	820,44 0,000. 00
Total			9,024,840,000.00	

Dari Tabel 9 dapat diketahui bahwa pekerjaan yang memiliki biaya terkecil dalam jalur kritis adalah pekerjaan persiapan (A), namun pekerjaan A adalah pekerjaan yang menggunakan satuan ls (lumpsum).

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN *FINISHING* LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

(Apriyanto Dwi Nugraha, Johan Paing Heru Waskito)

Maka pekerjaan persiapan (A) tidak dapat dipercepat karena pekerjaan tersebut belum diketahui total biayanya hingga pekerjaan tersebut sudah dinyatakan selesai 100%.

Selanjutnya pekerjaan pada jalur kritis yang memiliki total biaya terkecil dimulai dari pekerjaan partisi lt.1 – lt.4 (E) dengan total biaya Rp. 344,312,913.26 dan pekerjaan sanitair lt.1 – lt.4 (K) dengan total biaya Rp. 388,658,566.04. Maka pekerjaan yang memungkinkan untuk dipercepat durasinya adalah pekerjaan (E) dan pekerjaan (K). Durasi percepatan tidak dapat lebih dari nilai minimum total durasi penyelesaian proyek yaitu 22 minggu.

1. Perhitungan biaya pekerjaan akibat percepatan 1 minggu

a. B' Pekerjaan E dipercepat 1 minggu

$$= \frac{D'}{D} \times B$$

$$= \frac{3}{2} \times 344,312,913.26$$

$$= 516,469,369.89$$

b. B' Pekerjaan K dipercepat 1 minggu

$$= \frac{D'}{D} \times B$$

$$= \frac{7}{6} \times 388,658,566.04$$

$$= 453,434,993.71$$

2. Perhitungan *Cost Slope*

a. *Cost Slope* Pekerjaan E dipercepat 1 minggu

$$= \frac{B' - B}{D' - D}$$

$$= \frac{516,469,369.895 - 344,312,913.26}{3 - 2}$$

$$= 172,156,456.63$$

b. *Cost Slope* Pekerjaan K dipercepat 1 minggu

$$= \frac{B' - B}{D' - D}$$

$$= \frac{453,434,993.71 - 388,658,566.04}{7 - 6}$$

$$= 64,776,427.67$$

dan seterusnya.

Hasil analisa biaya pekerjaan akibat percepatan dapat dilihat pada **Tabel 10** dibawah ini.

Tabel 10. Biaya Pekerjaan Setelah Percepatan Jalur Kritis

Ke gia tan	Durasi (minggu)		Biaya (Rp)		Cost Slope (Rp)
	No r m a l	Dip er ce p at	Norm al	Diperc epat	
E	3	2	344,3 12,91 3.26	516,46 9,369. 89	172,15 6,456. 63

	3	1		1,032, 938,73 9.78	344,31 2,913. 26
K	7	6	388,6 58,56 6.04	453,43 4,993. 71	64,776 ,427.6 7
	7	5		544,12 1,992. 46	77,731 ,713.2 1

Berdasarkan hasil analisa sebelumnya, diketahui bahwa durasi penyelesaian Proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus ITS dalam kondisi normal yaitu 24 minggu dengan biaya langsung Rp.8,204,481,227.67 dan biaya tidak langsung PPN 10% Rp.820,448,122.77.

Pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan sanitair lt.1 – lt.4 (K)

1. Pekerjaan K dipercepat 1 minggu

Durasi penyelesaian proyek yaitu:

$$\text{Durasi} = A + B + C + E + F + K$$

$$= 2 + 4 + 4 + 3 + 4 + 6$$

$$= 23 \text{ minggu}$$

Total biaya langsung dipercepat :

$$\text{Biaya langsung}$$

$$= \text{biaya total kondisi normal} + \text{slope pekerjaan K}$$

$$= 8,204,481,227.67 + 64,776,427.67$$

$$= 8,269,257,655.34 \sim 8,269,200,000.00$$

(dibulatkan)

Total biaya tidak langsung dipercepat :

$$\text{Biaya tidak langsung}$$

$$= 8,269,200,000.00 \times \text{PPN } 10\%$$

$$= 826,920,000.00$$

Total biaya dipercepat:

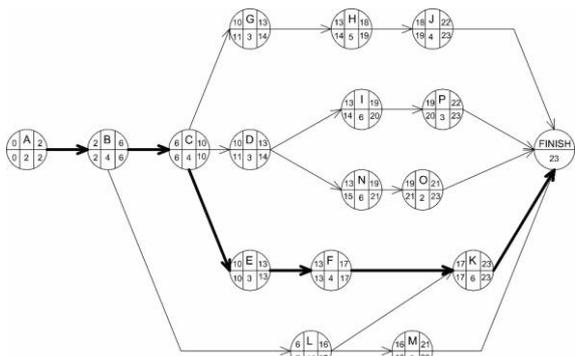
$$= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung}$$

$$= 8,269,200,000.00 + 826,920,000.00$$

$$= \text{Rp.}9,096,120,000.00$$

Total biaya proyek mengalami kenaikan sebesar Rp.9,096,120,000.00 – Rp.9,024,840,000.00 = Rp.71,280,000.00 dengan melakukan percepatan waktu selama 1 minggu.

Berikut ini adalah perubahan diagram jaringan setelah mengalami percepatan waktu selama 1 minggu.



Gambar 5. Diagram Jaringan Kerja Proyek Setelah Percepatan Waktu

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pekerjaan yang masuk dalam jalur kritis pada proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Kampus ITS Sukolilo Tahun 2019 adalah : Pekerjaan Persiapan (A) – Pekerjaan Pasangan Dinding It.1 – It.atap (B) – Pekerjaan Plesteran It.1 – It.atap (C) – Pekerjaan Partisi It.1 – It.4 (E) – Pekerjaan Pintu & Jendela It.1 – It.4 (F) – Pekerjaan Sanitair It.1 – It.4 (K)
2. Durasi optimal untuk menyelesaikan proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Kampus ITS Sukolilo Tahun 2019 adalah 23 minggu. Dengan nilai probabilitas sebesar 5.37%.
3. Total biaya optimal untuk menyelesaikan proyek Pekerjaan *Finishing* Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Kampus ITS Sukolilo Tahun 2019 adalah sebesar Rp.9,096,120,000.00

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktur PT. Wiz Pro Engineering, Direktur PT. Elemen Tiga Tiga, Kasubdirektorat Perawatan dan Pengawasan Prasarana dan Lingkungan, Wakil Rektor Bidang Akademik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang telah memberikan kerjasama yang baik dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Abbar, Husen. 2011. Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek. Yogyakarta

Aman W, Helmi, Beni. 2012. Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik Bar Chart Kurva S pada Optimalisasi Penjadwalan Proyek. Jurnal.

Badri, S. 1997. Dasar-dasar Network Planing. Jakarta: PT Rika Cipta.

Barry R dan Joe, H 2001. Prinsip-Prinsip Manajemen Operasional. Salemba Empat Jakarta

Dipohusodo, I, 1996. Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid II. Kansius, Yogyakarta

Ervianto, 2002. Manajemen Proyek Konstruksi, Yogyakarta.

Heizer, Jay dan Barry Render. 2006. Operations Management : Manajemen Operasi. Salemba Empat Jakarta.

Kepmenakertrans. 2004. Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep.102/Men/Vi/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur 1-5.

Kurniawan, Fajar. 2020. Analisa Waktu Pelaksanaan Proyek dengan Menggunakan Metode CPM – PERT pada Pembangunan Gedung SDN Bibis 113 Surabaya. Surabaya

Leksono, B., Nugroho D., & Indah Yanti, E. 2020. Optimasi Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Praktik Siswa SMK Negeri 1 Duduksampayan dengan Metode PERT. Gresik

Nurhayati. 2010. Manajemen Proyek. Graha Ilmu: Yogyakarta.

Oetomo, W., Priyoto, P., & Uhad, U. 2017. Analisis Waktu dan Biaya dengan Metode Crash Duration pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapusa. Media Ilmiah Teknik Sipil, 6(1). 8-22.

Rakhmat Ekanugraha, Arif. 2016. Evaluasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode CPM dan PERT. Yogyakarta

Robert, J.K 2003. Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur, Pustaka Belajar Yogyakarta

Siswanto, H. B, 2007. Pengantar Manajemen. Bumi Aksara Jakarta

Soeharto, Iman. 1999. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional), Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Wijaya, H. K., Priyo, M., & Harsoyo, Y. Priyatno. (2018). Optimasi Pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan). Jurnal Teknik Sipil, 3 (2)(2337-6732), 141-150.

EVALUASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN *FINISHING* LANJUTAN PEMBANGUNAN GEDUNG PROGRAM STUDI DESAIN INTERIOR TAHUN 2019 KAMPUS ITS)

(Apriyanto Dwi Nugraha, Johan Paing Heru Waskito)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan