



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

Percepatan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

I. J. Abraham^{1*}, A. Ridwan², Suwarno³

^{1*,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Kediri.

Email : ^{1*}ilhamja@gmail.com, ²ahmad_ridwan@unik-kediri.ac.id, ³suwarno@unik-kediri.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Artikel masuk : 17 – 06 – 2022

Artikel revisi : 22 – 06 – 2022

Artikel diterima : 27 – 06 – 2022

Keywords :

Critical Path, PERT, Project Management, Scheduling,.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[6]

Z. Gašpariková and B. Leitner, "Application of the PERT Method in Planning of Area Evacuation of Persons," *Transp. Res. Procedia*, vol. 55, pp. 1547–1554, 2021, doi: 10.1016/j.trpro.2021.07.144.

ABSTRACT

Project scheduling is one of the important factors for successful project implementation that can be achieved in accordance with the initial planning. Problems that can hinder project management are limited resources, inaccurate reports and costly and costly. The delay in the completion of the project itself is a very undesirable condition, because it can harm both parties both in terms of time or cost. The purpose of this study is to determine the probability of accelerating the implementation time from the period obtained by taking into account the critical path and calculation of cost crashing in the Aisyiyah Ponorogo Hospital construction project. The research method used in this study was to analyze the time schedule in the RAB by comparing the project schedule using the PERT (Program Evaluation and Review Technique) method. The data used is the duration of the project time to obtain critical trajectory results, standards and variances. The results of the scheduling analysis with the PERT method obtained a critical path with B-C-D-E-L-M with an acceleration of the implementation time of project activities for 49 weeks on the critical path and a non-critical path for 79 weeks from the planned time. buildings can speed up implementation time by a possible percentage of 92,073% with efficient calculation of crashing costs with the addition of working hours/overtime at a duration of 49 weeks rather than having to increase labor to achieve this probability.

1. Pendahuluan

Proyek merupakan suatu kegiatan yang mempunyai target, tujuan dan realisasi dalam mewujudkan pembangunan menggunakan anggaran dan sumber daya yang telah disediakan [1]. Proyek memiliki kelebihan yang dapat diselesaikan dengan baik apabila memiliki time manajemen yang cepat, tepat dan efektif. Manajemen dalam kegiatan pembangunan sebuah Gedung meliputi Pengelolaan biaya, pengelolaan waktu, pengelolaa kualitas, pengelolaan

Percepatan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

risiko dan pengelolaan Sumber Daya Manusia (SDM) [2]. Pengelolaan waktu adalah hal yang paling penting pada proyek konstruksi, karena jika ada kesalahan pada pengelolaan waktu/penjadwalan maka akan berakibat pada manajemen yang lain. Penjadwalan yang telah terorganisir dengan baik akan menjadi tolak ukur keberhasilan pada proyek konstruksi tersebut. Keberhasilan tersebut adalah mengendalikan waktu yang mempunyai peranan penting dalam meminimalisasi penyimpangan yang dapat terjadi selama proyek berlangsung seperti terjadinya keterlambatan proyek yang tidak sesuai dengan rencana awal [3][4][5]. Perubahan kondisi yang begitu cepat menuntut setiap proyek dapat mengantisipasi keadaan dan menyusun bentuk tindakan yang diperlukan [6].

Permasalahan yang dapat menghambat manajemen proyek adalah Sumber daya yang terbatas, laporan yang tidak akurat dan menghabiskan banyak waktu dan biaya yang mahal [7][8]. Permasalahan tersebut dapat mempengaruhi estimasi waktu proyek yang telah direncanakan di awal. Keterlambatan penyelesaian proyek sendiri merupakan kondisi yang sangat tidak diinginkan, karena dapat merugikan kedua belah pihak [9]. Oleh karena itu diperlukan manajemen yang dapat seefisien mungkin dalam penggunaan waktu dalam setiap kegiatan, sehingga biaya dapat diminimalisir dari rencana semula[10]. Faktor eksternal seperti faktor cuaca, proyek mengalami kemajuan yang buruk sehingga pelaksanaan proyek tidak sesuai rencana, atau dapat dikatakan kemajuan proyek lebih lambat[11]. Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula, diperlukan upaya mempercepat durasi proyek meskipun akan diikuti dengan peningkatan biaya proyek[12]. Analisis optimalisasi durasi proyek agar dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek dan mencari kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

Metode PERT adalah salah satu alat manajemen dalam menentukan penjadwalan dari suatu proyek dengan memperkirakan tingkat probabilitas[13][14][15]. Metode PERT memperkirakan tiga waktu yakni waktu optimis, waktu pesimis dan waktu paling mungkin/realistis[16]. Tingkat ketepatan estimasi waktu penyelesaian proyek ditentukan oleh tingkat ketepatan perkiraan durasi setiap kegiatan di dalam proyek. Keandalan PERT sebagai alat perencanaan yang efektif tercermin pula pada keputusan pemerintah Amerika (1962) yang menghendaki penggunaan PERT pada kontrak-kontrak pembangunan dan proyek-proyek penelitian yang disponsori oleh pemerintah[17][18]. Selain ketepatan perkiraan waktu, penegasan hubungan antar kegiatan suatu proyek. Berdasarkan penelitian terdahulu, menyimpulkan bahwa percepatan proyek dapat dilakukan dengan meningkatkan durasi pada proyek sehingga meminimalisasi keterlambatan pada proyek[19]. Penggunaan metode tersebut

sering tidak efisien karena kurangnya pemahaman dan konteks yang jelas seperti perlu adanya crashing biaya, sehingga dapat menyebabkan waktu pelaksanaan tidak efisien dan tertunda.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui probabilitas percepatan waktu pelaksanaan dari kurun waktu yang didapatkan dengan memperhitungkan jalur kritis dan perhitungan crashing biaya. Yang dilakukan adalah menghitung lintasan kritis dan crashing duration untuk mempercepat durasi kerja yang berpotensi terlambat dengan probabilitas sekian persen. Kontribusi yang dilakukan pada penelitian ini adalah menghitung pengurangan waktu dengan mendapatkan jalur kritis dan crashing duration menggunakan metode PERT pada proyek Rumah Sakit Aisyiyah di Kabupaten Ponorogo.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Kabupaten Ponorogo. Proyek Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Kabupaten Ponorogo merencanakan pembangunan gedung dengan jumlah 4 lantai dan lantai atap. Waktu pelaksanaan proyek tersebut dilakukan pada bulan November 2020 hingga April 2021 yaitu 79 minggu untuk semua item pekerjaan. Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif, pendekatan non eksperimental deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data berupa data *time schedule* proyek yang telah berjalan, data tersebut akan digunakan untuk perhitungan menggunakan metode PERT untuk mendapatkan hasil probabilitas dan percepatan waktu penjadwalan di lapangan. Dilakukan analisa mengenai penjadwalan pada proyek gedung tersebut dengan menggunakan metode PERT untuk menghindari keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek tersebut.

2.1 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari wawancara di lapangan yang berisi tentang waktu yang dapat selesai lebih cepat daripada schedule. Sementara data sekunder didapatkan dari data schedule (jadwal kegiatan proyek). Karena penelitian ini membahas mengenai metode PERT, maka berikut ini adalah item pekerjaan time schedule yang akan digunakan pada perhitungan yang telah tersaji pada **Gambar 1**.

NO	ITEM PEKERJAAN	Eobot	2020				2021																						
			Nov-20	Des-20	Jan-21	Feb-21	Maret-21	Apr-21																					
1	Pekerjaan Persiapan	A	7,19	1,23	1,47	1,46	2,66	2,74	2,12	6,89	5,58	4,71	6,368	6,368	6,3187	5,618	5,66	5,236	5,706	4,696	4,04	3,24	3,37	4,78	4,68	3,35	1,72		
2	Pekerjaan Tanah	B	1,59	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
3	Pekerjaan Struktur Pondasi	C	4,87																										
4	Pekerjaan Struktur Beton	D	36,12																										
5	Pekerjaan Ramp dan Tangga	E	3,41																										
6	Pekerjaan Baja	F	4,69																										
7	Pekerjaan Lantai Basement	G	5,7																										
8	Pekerjaan Lantai 1	H	9,3																										
9	Pekerjaan Lantai 2	I	5,84																										
10	Pekerjaan Lantai 3	J	4,86																										
11	Pekerjaan Lantai 4	K	3,78																										
12	Pekerjaan Lantai Atap	L	4,08																										
13	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal Gedung	M	18,57																										
			100,00																										
	Rencana Mingguan (%)			1,23	1,47	1,46	2,66	2,74	2,12	6,89	5,58	4,71	6,368	6,368	6,3187	5,618	5,66	5,236	5,706	4,696	4,04	3,24	3,37	4,78	4,68	3,35	1,72		
	Kumulatif (%)			1,23	2,7	4,16	6,82	9,56	11,68	18,57	24,15	28,85	35,218	41,586	47,904	53,522	59,182	64,418	70,124	74,82	78,86	82,1	85,47	90,25	94,93	98,28	100		

Sumber : Data Penelitian

Gambar 1. Grafik Kurva S

Seperti pada Gambar 1. bahwa time schedule yang terdapat pada proyek berbentuk kurva S dengan item pekerjaan mulai dari pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan struktur pondasi, pekerjaan struktur beton, pekerjaan Ramp dan Tangga, pekerjaan baja, pekerjaan lantai basement, pekerjaan lantai 1, pekerjaan lantai 2, pekerjaan lantai 3, pekerjaan lantai 4, pekerjaan lantai atap dan pekerjaan mekanika dan elektfikal gedung.

2.3 Analisa Data

Network Planning untuk merencanakan, menjadwalkan dan mengendalikan kemajuan proyek dan memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara menyeluruh[20]. Langkah *network planning* dengan menggunakan pendekatan PERT ditujukan untuk mengetahui berapa nilai probabilitas kegiatan proyek terutama pada jalur kritis selesai tepat waktu sesuai dengan jadwal yang diharapkan. Output yang didapatkan adalah hasil perkiraan waktu aktifitas, deviasi standar dan variasi kegiatan proyek, dan target probabilitas untuk mencapai target waktu.

2.3.1 Estimasi Waktu

Estimasi waktu akan digunakan untuk memperkirakan berapa lama waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu proyek. Estimasi waktu diperoleh dari waktu optimis, waktu realistis, dan waktu pesimis. Adapun definisi adalah sebagai berikut:

1. Optimistic Time (a)

Optimistic time/waktu optimis adalah waktu minimum untuk suatu kegiatan jika diselesaikan dalam kondisi baik[21]. Biasanya waktu optimis didapatkan dari analisa waktu kemungkinan yang kecil untuk dicapai yang didapatkan dari wawancara di lapangan.

2. Most Likely Time (m)

Most Likely Time/ waktu realistis adalah waktu berdasarkan pikiran yang menggambarkan lamanya waktu yang paling sering terjadi dalam menyelesaikan suatu kegiatan. Waktu realistis didapatkan dari hasil asli dari schedule proyek.



3. Pessimistic Time (b)

Pessimistic Time/ waktu pesimis adalah waktu maksimum jika suatu aktivitas diselesaikan pada kondisi sangat buruk, dimana dalam pelaksanaan diganggu oleh persoalan yang disebabkan adanya keterlambatan.

Dari ketiga waktu tersebut akan didapatkan hasil kurun waktu (Te) yang akan digunakan untuk menentukan lintasan kritis setiap item pekerjaan. Adapun rumus menentukan Te adalah sebagai berikut:

$$Te = (a + 4m + b)/6$$

Keterangan dari rumus berikut adalah $[Te]$ = perkiraan waktu aktifitas; $[a]$ = waktu paling optimis; $[m]$ = waktu normal; dan $[b]$ = waktu paling pesimis.

2.3.2 Lintasan Kritis

Fungsi dari lintasan kritis untuk mengetahui kurun waktu, angka waktu paling awal dan waktu paling akhir peristiwa terjadi pada unsur probability dalam merencanakan kurun waktu kegiatan. Dalam metode Critical Path Method (CPM) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama[22]. Langkah-langkah dalam menentukan jalur kritis serta komponen-komponen apa saja yang diperlukan dalam tahapannya :

- a) Buat list/daftar dari setiap kegiatan proyek. Identifikasi logika ketergantungan: tentukan hubungan antar kegiatan dengan kegiatan lainnya, kegiatan mana yang bergantung pada kegiatan yang lain sebelum bisa dimulai.
- b) Memperkirakan alur waktu: tentukan durasi setiap kegiatan.
- c) Menyusun network planning diagram
- d) Gunakan aturan jalur kritis: aturan ini terbagi menjadi dua yaitu aturan hitungan maju (*forward pass*) dan aturan hitungan mundur (*backward pass*). Adapun metode penentuan waktu yang digunakan Earliest Start Time atau ES, Latest Start Time atau LS, Earliest Finish Time atau EF, Latest Finish Time atau LF. ES atau Earliest Start Time merupakan Waktu Mulai paling awal suatu kegiatan. LS merupakan waktu paling lambat suatu kegiatan dapat dimulai tanpa menghambat selesainya pekerjaan. Sementara EF adalah waktu awal suatu proyek dapat diselesaikan. EF didapatkan dengan cara $EF = ES +$ waktu yang diharap. LF adalah waktu paling lambat suatu kegiatan dapat diselesaikan tanpa menghambat penyelesaian pekerjaan. LF didapatkan dengan cara $LF = LS -$ waktu yang diharap.

- e) Identifikasi Slack dari setiap kegiatan: slack adalah waktu bebas yang dimiliki suatu aktivitas untuk dapat diundur pelaksanaannya tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.
- f) Identifikasi jalur kritis: rangkaian kegiatan dengan nilai slack = 0 merupakan jalur kritis
- g) Melakukan revisi selama eksekusi

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek[23]. Lintasan kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal[24]. Dengan diketahui aktivitas kritis maka penyelesaian rangkaian kegiatan proyek dapat tercapai dengan menggunakan metode penentuan waktu. Lintasan kritis pada metode pert memiliki ketentuan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Slack} = 0 \text{ atau } \text{TL}(i) - \text{TE}(j) = 0$$

Untuk rangkaian kegiatan TL(i) dan TE(j) dapat diperoleh dari perhitungan berikut :

$$\text{TE}(j) = \text{TE}(i) + T_e$$

$$\text{TL}(i) = \text{TL}(j) - T_e$$

Keterangan dari rumus berikut adalah [TE(j)] = waktu selesai paling awal kegiatan; [TE(i)] = waktu mulai paling awal; [TL(i)] = waktu mulai paling akhir; [TL(j)] = waktu selesai paling akhir kegiatan Rumus diatas dapat digunakan untuk mengetahui nilai Slack yang akan digunakan untuk menentukan jalur kritis dan non kritis.

2.3.3 Crashing Duration

Crashing merupakan proses sistematis dan analitis untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek melalui pengujian semua aktivitas dalam proyek, tetapi berfokus pada aktivitas yang berada di jalur kritis. Crashing Duration adalah tindakan untuk mengurangi durasi keseluruhan pekerjaan setelah menganalisa alternatif yang ada pada jaringan kerja[25]. Tujuan crashing duration untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah. Crashing yang akan dilakukan adalah alternatif penambahan jam kerja (lembur) dengan menambahkan jam kerja akan mempengaruhi efisiensi proyek. Adapun rumus untuk alternatif tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\text{Produktivitas per Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Normal}}$$

Produktivitas sesudah crash = $(\text{Produktivitas harian} + (\text{Total waktu Lembur} \times \text{Produktivitas per jam} \times \%)$

Dari nilai produktivitas harian sesudah crash tersebut dapat dicari durasi penyelesaian proyek setelah dipercepat (Crash Duration)

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah Crash}}$$

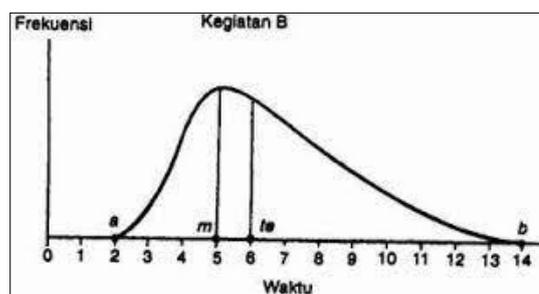
Dari semua rumus tersebut akan didapatkan hasil crash duration yang menjadi alternatif untuk mempercepat waktu yang terjadi agar meminimalisir pembengkakan waktu dan biaya pada proyek konstruksi.

2.3.4 Analisa Deviasi Standar Varians

Untuk menggambarkan variasi waktu aktivitas dalam jaringan kerja PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), digunakan deviasi standar waktu aktivitas menunjukkan sebuah gambaran bahwa ada tiga perkiraan waktu untuk tiap aktivitas yaitu waktu optimistic, waktu paling mungkin, waktu pesimistik, maka dapat dihitung deviasi standar untuk aktivitas tersebut[22][26]. Perbedaan antara waktu a dan waktu b menggambarkan jarak dari ujung ekstrim sebelah kiri ke ujung ekstrim sebelah kanan pada distribusi kemungkinan waktu kegiatan jaraknya ± 3 deviasi standar.

Dapat dirumuskan menjadi :

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



Sumber : Buku “Manajemen Proyek Dari Konseptual sampai Operasional jilid 1”, Iman Soeharto

Gambar 2. Grafik Kurva Distribusi

Adapun rumus yang digunakan untuk mendapatkan standar deviasi, variasi kegiatan dan probabilitas target kegiatan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan deviasi standar dari kegiatan proyek

$$S = 1/6 (b - a)$$

Keterangan dari rumus berikut adalah (S) yang merupakan deviasi standar kegiatan; (a) merupakan waktu optimis dan (b) merupakan waktu pesimis

2. Menentukan variasi kegiatan dari kegiatan proyek

$$V(te) = S^2 = [(b - a)/6]^2$$

Keterangan dari rumus berikut adalah [V(te)] merupakan varian kegiatan; [S] merupakan deviasi standar kegiatan; [a] merupakan waktu optimis dan [b] merupakan waktu pesimis

3. Mengetahui probabilitas mencapai target jadwal

$$z = (T(d) - TE)/S$$

Keterangan dari rumus berikut adalah [z] merupakan angka kemungkinan mencapai target; [T(d)] merupakan target jadwal (dari target waktu optimis); [TE] merupakan jumlah waktu lintasan kritis; dan [S] merupakan deviasi standar kegiatan.

Angka z merupakan angka probabilitas yang persentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif z.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil dan pembahasan penelitian ini meliputi hasil analisis PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) yang meliputi estimasi waktu, analisa lintasan kritis, crashing duration, analisa deviasi standar varians kegiatan dan analisa target jadwal penyelesaian.

3.1 Estimasi Waktu Menggunakan Metode PERT

Perhitungan estimasi waktu diperoleh dari waktu optimis, waktu realistis, dan waktu pesimis. Perhitungan diatas merupakan contoh perhitungan untuk menentukan Kurun waktu (*Te*) yang akan digunakan untuk mengetahui lintasan kritis. Adapun perhitungan kurun waktu (*Te*) pada keseluruhan kegiatan terpapar pada **Tabel 3**.

Tabel 1. Estimasi Waktu Pada Metode PERT

Item Pekerjaan	Akti vitas	Prodec essors	Durasi (Minggu)			Perhitungan T_e (Kurun Waktu)
			T(a) Terce pat	T(m) Norm al	T(b) Terlam bat	
Pekerjaan Persiapan	A	-	4	6	10	$T_e = \frac{[4+4 \times 6+10]}{6} = 6$
Pekerjaan Tanah	B	-	5	6	12	$T_e = \frac{[5+4 \times 6+12]}{6} = 7$
Pekerjaan Struktur Pondasi	C	A,B	2	5	8	$T_e = \frac{[2+4 \times 5+8]}{6} = 5$
Pekerjaan Struktur Beton	D	B,C	8	12	18	$T_e = \frac{[8+4 \times 12+18]}{6} = 12$
Pekerjaan Lantai Basement 2	E	D	5	8	13	$T_e = \frac{[5+4 \times 8+13]}{6} = 8$
Pekerjaan Ramp	F	A	2	3	7	$T_e = \frac{[2+4 \times 3+7]}{6} = 4$
Pekerjaan Baja	G	C,B	4	6	10	$T_e = \frac{[4+4 \times 6+10]}{6} = 6$
Pekerjaan Lantai 1	H	G	3	6	10	$T_e = \frac{[3+4 \times 6+10]}{6} = 6$
Pekerjaan Lantai 2	I	D,F	2	5	10	$T_e = \frac{[2+4 \times 5+10]}{6} = 5$
Pekerjaan Lantai 3	J	G	4	5	8	$T_e = \frac{[4+4 \times 5+8]}{6} = 5$
Pekerjaan Lantai 4	K	I	2	4	7	$T_e = \frac{[2+4 \times 4+7]}{6} = 4$
Pekerjaan Lantai Atap	L	E,H	1	3	5	$T_e = \frac{[1+4 \times 3+5]}{6} = 3$
Pekerjaan Mekanikal Dan Elektrikal Gedung	M	J,K,L	7	10	12	$T_e = \frac{[7+4 \times 10+12]}{6} = 10$
JUMLAH			49	79	130	81

Sumber: Data Diolah

Dari **Tabel 1** menjelaskan hasil perhitungan estimasi waktu didapatkan nilai jumlah total waktu tercepat (T_a) sebesar 49 minggu, waktu normal (T_m) sebesar 79 minggu, waktu terlambat (T_b) sebesar 130 minggu dan kurun waktu (T_e) sebesar 81 minggu yang digunakan untuk menganalisis jaringan kerja proyek. Dengan menggunakan nilai T_e (durasi waktu yang diharapkan) maka akan diperoleh jaringan lintasan kritis menggunakan slack.

3.3 Analisa Lintasan Kritis

Analisa lintasan kritis digambarkan dengan kode kegiatan yang ditandai dengan huruf A sampai L yang saling bergantung antara kegiatan satu dengan yang lain. Hasil analisa penjadwalan dengan metode PERT dengan nilai T_e sebagai durasi yang digunakan dalam perhitungan, maka diketahui penyelesaian proyek (T_e) selama 81 Minggu. Dengan menggunakan konsep T_e dan angka waktu paling awal kegiatan (TE-j) dan waktu paling akhir kegiatan (LF), maka didapatkan hasil kegiatan kritis, jalur kritis dan *slack*. Lintasan kritis

didapatkan dari perhitungan slack. Untuk mengetahui nilai Slack yang akan digunakan untuk menentukan jalur kritis dan non kritis. Adapun pemaparan hasil ada pada **Tabel 4**.

Tabel 2. Time Chart Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung

Item Pekerjaan	Kode	T_e	Early		Latest		Total Slack
			ES	EF	LS	LF	
Pekerjaan Persiapan	A	6	-	6	1	7	1
Pekerjaan Tanah	B	7	0	7	0	7	0
Pekerjaan Struktur Pondasi	C	5	7	12	7	12	0
Pekerjaan Struktur Beton	D	12	12	24	12	24	0
Pekerjaan Lantai Basement	E	8	24	32	24	32	0
Pekerjaan Ramp	F	4	6	10	22	26	16
Pekerjaan Baja	G	6	12	18	20	26	8
Pekerjaan Lantai 1	H	6	18	24	26	32	8
Pekerjaan Lantai 2	I	5	24	29	26	31	2
Pekerjaan Lantai 3	J	5	18	23	30	35	12
Pekerjaan Lantai 4	K	4	29	33	31	35	2
Pekerjaan Lantai Atap	L	3	32	35	32	35	0
Pekerjaan Mekanikal Dan Elektrikal	M	10	35	45	35	45	0

Sumber : Data Diolah

Tabel 2 menjelaskan bahwa jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan B-C-D-E-L-M dengan penyelesaian kegiatan tersebut selama 45 minggu. Sedangkan jalur non kritis adalah rangkaian kegiatan A-F-G-H-I-J-K dengan penyelesaian proyek selama 37 Minggu dengan total keseluruhan durasi adalah 81 minggu.

3.4 Penentuan Crash Duration

Crash duration dilakukan pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis yang jika ditunda akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Untuk mempercepat durasi proyek dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) 2 sampai 3 jam. Waktu penambahan jam kerja adalah waktu normal adalah 8 jam dari jam 08:00 sampai 17:00 dengan tambahan jam lembur 3 jam (dari 18:30 sampai 21:30). Berikut ini adalah contoh perhitungan crash duration pada pekerjaan persiapan:

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} = \frac{109}{6} = 18,17 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas per Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Normal}} = \frac{18,17}{8 \text{ jam}} = 2,27$$

$$\text{Produktivitas sesudah Crashing} = \text{produktivitas harian} + (\text{jam lembur} \times \text{produktivitas per jam} \times 75\%) = 18,17 + (3 \times 2,27 \times 75\%) = 23,28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah Crash}} = \frac{109}{23,28} = 5 \text{ minggu}$$

Adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Crash Duration pada Alternatif penambahan Jam kerja

No	Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Normal Duration (Minggu)	Crash Duration (Minggu)
1	Pekerjaan Persiapan	109	6	5
2	Pekerjaan Tanah	112	6	5
3	Pekerjaan Struktur Pondasi	81	5	4
4	Pekerjaan Struktur Beton	654	12	9
5	Pekerjaan Lantai Basement	201	8	6
6	Pekerjaan Ramp	35	3	3
7	Pekerjaan Baja	99	6	5
8	Pekerjaan Lantai 1	94	6	5
9	Pekerjaan Lantai 2	83	5	4
10	Pekerjaan Lantai 3	77	5	4
11	Pekerjaan Lantai 4	48	4	3
12	Pekerjaan Lantai Atap	32	3	2
13	Pekerjaan Mekanikal Dan Elektrikal Gedung	578	10	8
	Jumlah		79	63

Pada **Tabel 3** didapatkan hasil *crash duration* didapatkan hasil sebesar 63 minggu. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa durasi normal dengan jam kerja normal memiliki durasi pekerjaan sebesar 79 minggu telah di *Crashing* menggunakan crash duration dengan jam lembur 3 jam dari jam 18:30 sampai 21:30 memiliki hasil durasi pekerjaan sebesar 63 minggu. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa durasi pekerjaan menjadi lebih singkat atau dapat menghemat waktu sebesar 16 minggu.

3.5 Analisa Deviasi Standar Varians Kegiatan

Setelah dilakukan analisa penentuan waktu pada setiap kegiatan kemudian menentukan standar varians kegiatan yang akan digunakan dalam menghitung analisa target jadwal penyelesaian. Perhitungan Standar dan Varians didapatkan dari hasil jalur kritis akan mendapatkan hasil perhitungan keseluruhan item pekerjaan.

Tabel 4. Nilai Standar Dan Variasi Kegiatan Pada Metode PERT

No	Item Pekerjaan	Activity	Te	a	b	S	V
1	Pekerjaan Persiapan	A	6	4	6	1,00	1,00
2	Pekerjaan Tanah	B	7	5	6	1,17	1,36
3	Pekerjaan Struktur Pondasi	C	5	2	5	1,00	1,00
4	Pekerjaan Struktur Beton	D	12	8	12	1,67	2,78
5	Pekerjaan Lantai Basement	E	8	5	8	1,33	1,78
6	Pekerjaan Ramp	F	4	2	3	0,83	0,69
7	Pekerjaan Baja	G	6	4	6	1,00	1,00
8	Pekerjaan Lantai 1	H	6	3	6	1,17	1,36
9	Pekerjaan Lantai 2	I	5	2	5	1,33	1,78
10	Pekerjaan Lantai 3	J	5	4	5	0,67	0,44
11	Pekerjaan Lantai 4	K	4	2	4	0,83	0,69
12	Pekerjaan Lantai Atap	L	3	1	3	0,67	0,44
13	Pekerjaan Mekanikal Dan Elektrikal Gedung	M	10	7	10	0,83	0,69
JUMLAH						13,5	15,03

Sumber : Data Diolah

Berdasarkan **Tabel 4.** diketahui varians dari seluruh kegiatan adalah 15,03 nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang dalam percepatan proyek dapat digunakan.

3.5.1 Perhitungan Probabilitas mencapai Target Jadwal

Setelah menghitung nilai varians proyek kemudian menentukan analisa target jadwal penyelesaian dengan rumus sebagai berikut :

Mencari nilai varians proyek

$$(S) = \sqrt{(1,36 + 1,00 + 2,78 + 1,78 + 0,44 + 0,69)} = \sqrt{8,05} = 2,838$$

Untuk mendapatkan nilai deviasi z, diperlukan waktu target yang diinginkan (**49 minggu**) dan total waktu dalam lintasan kritis (**45 minggu**). Maka perhitungan deviasi z diperoleh :

$$\text{Deviasi } z = (49 - 45) / 2,838 = 1,409 \approx 1,41$$

Dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif Z, dengan nilai $z = 1,41$, maka diperoleh hasil 0,92073. Kemungkinan proyek untuk selesai dalam jangka waktu tersebut yaitu sekitar 92,073%.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada proyek pembangunan Gedung RS Asiyiyah Ponorogo diperoleh jalur kritis dengan hasil B-C-D-E-L-M (Pekerjaan Tanah, Pekerjaan Struktur Pondasi, Pekerjaan Struktur Beton, Pekerjaan Ramp, Pekerjaan Lantai Atap dan Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal Gedung). Dengan alternatif penambahan jam lembur sebanyak 3 jam akan didapatkan crashing duration sebesar 63 minggu. Hasil tersebut menunjukkan percepatan waktu pelaksanaan kegiatan proyek waktu normal selama 79 minggu dari waktu yang direncanakan dengan menggunakan Metode PERT. Hasil tersebut, dapat mempercepat waktu pelaksanaan atau menghindari keterlambatan waktu dengan prosentase kemungkinan 92,073%. Selanjutnya perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil perbandingan biaya dengan waktu normal dan waktu yang dicrashing menurut metode PERT.

5. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kadiri, khususnya kepada Fakultas Teknik yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan penyusunan laporan.

Daftar Pustaka

- [1] T. N. Amin, A. Ridwan, and Y. Cahyo, “Analisa Penjadwalan Dengan Metode PERT dan MATHCAD (Study Kasus Proyek Pembangunan Restaurant Farm House di Lembang),” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 98, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.895.
- [2] A. S. Kembuan, R. J. M. Mandagi, and S. S. Lumeno, “Model Risiko Pengelolaan SDM Konstruksi dalam International Joint Operation pada Proyek Infrastruktur Jalan Tol Manado-Bitung,” *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 1, pp. 113–126, 2019.
- [3] N. M. Astari *et al.*, “Perencanaan Manajemen Proyek dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique),” *J. Konstr.*, vol. 13, no. 1, pp. 164–180, 2021.
- [4] H. Langlang, B. Putra, and M. R. A. Simanjuntak, “Kajian Faktor-Faktor Pengendalian Waktu Pada Bangunan Gedung Bertingkat Di Proyek Kampus Universitas Islam Internasional Indonesia,” no. 2005, pp. 255–261, 2021.
- [5] I. S. Eva Dewi Yudsiana, “Penerapan Metode PERT dan CPM dalam Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalan Paving untuk Mencapai Efektivitas Waktu Penyelesaian Proyek,” *J. Manaj. dan Bisnis*, vol. 2, no. 3, p. 75383, 2018.
- [6] Z. Gašparíková and B. Leitner, “Application of the PERT Method in Planning of Area Evacuation of Persons,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 55, pp. 1547–1554, 2021, doi: 10.1016/j.trpro.2021.07.144.
- [7] J. Harmawanto, Y. C. S. P, S. Winarto, F. Teknik, and U. Kadiri, “Analisa Anggaran Biaya dan Penjadwalan Proyek Perbaikan Tanggul Kali Bakung Desa Cengkok Kecamatan Tarokan Kabupaten Kediri,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 224–235, 2019.
- [8] Y. K. Mittal, V. K. Paul, A. Rostami, M. Riley, and A. Sawhney, “Delay factors in construction of healthcare infrastructure projects: a comparison amongst developing countries,” *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 649–661, 2020, doi: 10.1007/s42107-020-00227-1.
- [9] B. Zakariyya, A. Ridwan, and S. Suwarno, “Analisis Biaya Dan Jadwal Proyek Pembangunan Gedung Dinas Kesehatan Kabupaten Trenggalek Dengan Metode Earned Value,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 362, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1197.
- [10] J. Harmawanto, Y. C. Setianto Poernomo, and S. Winarto, “Analisa Anggaran Biaya Dan penjadwalan proyek Perbaikan Tanggul Kali Bakung desa Cengkok Kecamatan Tarokan Kabupaten Kediri,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 224, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i2.514.
- [11] J. G. Runtuwarouw, D. R. . Walangitan, and P. Pratisis, “Analisis Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fpik Universitas Sam Ratulangi Kota Manado,” *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, pp. 1617–1624, 2019.
- [12] F. Y. Umbara and M. Abduh, “Analisis Keterlambatan Proyek Pasar Besar Ngawi Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method),” *Pros. Semin. Nas. Teknol. dan Rekayasa 2020*, pp. 7–14, 2020.
- [13] A. Angelin and S. Ariyanti, “Analisis Penjadwalan Proyek New Product Development Menggunakan Metode Pert Dan Cpm,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 63–70, 2019, doi: 10.24912/jitiuntar.v6i1.3025.

- [14] H. C. Lee, E. B. Lee, and D. Alleman, "Schedule modeling to estimate typical construction durations and areas of risk for 1000 MW ultra-critical coal-fired power plants," *Energies*, vol. 11, no. 10, 2018, doi: 10.3390/en11102850.
- [15] P. Ballesteros-Pérez, A. Cerezo-Narváez, M. Otero-Mateo, A. Pastor-Fernández, J. Zhang, and M. Vanhoucke, "Forecasting the project duration average and standard deviation from deterministic schedule information," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.3390/app10020654.
- [16] L. Malyusz, M. Hajdu, and Z. Vattai, "Comparison of different algorithms for time analysis for CPM schedule networks," *Autom. Constr.*, vol. 127, p. 103697, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103697.
- [17] D. C. Setiawan, A. Ridwan, and S. Suwarno, "Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Badas Menggunakan Critical Path Method-Project Evaluation and Review Technique (CPM-PERT)," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 71, 2021, doi: 10.30737/jurmateks.v4i2.2011.
- [18] T. Iluk, A. Ridwan, and S. Winarto, "Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Gedung Parkir 3 Lantai Grand Panglima Polim Kediri," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 162, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1054.
- [19] F. Muhammad Azhari, A. Iwan Candra, D. Aprillia Karisma, A. Yamin, and F. Rahmawaty, "Accelerate the Implementation Time of Kadiri University Clinic Constructions Projects Using Critical Path Method (CPM)," *E3S Web Conf.*, vol. 328, p. 10001, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202132810001.
- [20] Z. A. Collier, D. Hendrickson, T. L. Polmateer, and J. H. Lambert, "Scenario Analysis and PERT/CPM Applied to Strategic Investment at an Automated Container Port," *ASCE-ASME J. Risk Uncertain. Eng. Syst. Part A Civ. Eng.*, vol. 4, no. 3, 2018, doi: 10.1061/ajrua6.0000976.
- [21] S. Abbasi, K. Taghizade, and E. Noorzai, "BIM-Based Combination of Takt Time and Discrete Event Simulation for Implementing Just in Time in Construction Scheduling under Constraints," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 146, no. 12, 2020, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001940.
- [22] S. Ahmed and A. F. Mohammed, "From process flows to benchmark in an accident and emergency hospital with PERT approach," *Kybernetes*, vol. 48, no. 3, pp. 520–545, 2019, doi: 10.1108/K-02-2018-0088.
- [23] H. K. Chang, W. der Yu, S. T. Cheng, and T. M. Cheng, "The Use of a Multiple Risk Level Model to Tackle the Duration of Risk for Construction Activity," *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 23, no. 6, pp. 2397–2408, 2019, doi: 10.1007/s12205-019-1757-8.
- [24] M. R. Hermawan, A. Ridwan, and S. Suwarno, "Mengurangi Durasi Pelaksanaan Proyek Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 13, 2021, doi: 10.30737/jurmateks.v4i2.1829.
- [25] A. P. Putra, E. N. Cahya, and J. Sidqi, "Studi Manajemen Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Domas Kabupaten Pasuruan Menggunakan Metode Crashing dan Fasttrack," vol. 2, no. 2, pp. 222–233, 2022.
- [26] F. Fakharmoosavi and K. Abdelghany, "An iterative learning approach for network contraction : Path finding problem in stochastic time-varying networks," pp. 1–18, 2019, doi: 10.1111/mice.12460.