



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

JURMATEKS

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

Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Badas Menggunakan *Critical Path Method-Project Evaluation and Review Technique (CPM-PERT)*

D. C. Setiawan^{1*}, A. Ridwan², Suwarno³,

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

Email : ^{1*} dafidcahya98@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 01 – 09 – 2021
Artikel revisi : 13 – 09 – 2021
Artikel diterima : 22 – 09 – 2021

Keywords :

CPM, Optimization, Project Scheduling, PERT.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini: [4]

S. Susanto, H. Hendy, B. Winarno, and A. I. Candra, "Measurement Of Occupational Safety And Health Risk Levels Of Kediri University LP3M Building," UKaRsT, vol. 4, no. 2, p. 124, Oct. 2020, doi: 10.30737/ukarst.v4i2.782.

ABSTRACT

Lack of project scheduling planning and ineffective control make the activity of a project less efficient. This will have an impact on the success of the project. This situation will result in delays and a decrease in the quality of work due to time constraints. Scheduling is important for determining the required activities and arranging a sequence and time frame to complete project activities on time. This study aims to optimize the scheduling of a moderate light rehabilitation project in the Badas Community Health Center building, Kediri Regency, where project start-ups are experiencing delays. The method used is Critical Path Method-Project Evaluation and Review Technique (CPM-PERT), which is a method to determine the duration of a project that can be completed and the percentage of its success. The analysis carried out includes calculation the duration desired acceleration and cost slope. Analysis results using CPM-PERT obtained critical path in: preparation activities (A), earthworks (B), structural work (D), 1st floor work (E), 2nd floor work (F), 3rd floor work (G), roof, ceiling and plank work (H), iron work (I), electrical work (L), floor and wall covering work (M) and finishing work (N). The normal duration of project completion is 140 days and costs Rp. 1,818,182,709, whereas with the CPM-PERT method the duration can be accelerated to 128 days (probability 99.99%) and required additional fee 8.1% or worth Rp. 146,719,664. Implementers can use it in optimizing scheduling and financing on the badas public health center building construction project.

1. Pendahuluan

Sebuah proyek dapat ditafsirkan sebagai upaya atau kegiatan yang diorganisir untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-haapan penting menggunakan anggaran dan sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu [1]. Fokus utama manajemen proyek adalah mencapai tujuan akhir proyek dengan segala keterbatasan, waktu, dan dana yang ada sesuai dengan sasaran dan tujuan awal proyek tersebut. [2]–[4]. Manajemen

proyek memiliki tujuan membantu manajemen dalam menyusun jadwal proyek, menentukan total waktu yang dihabiskan dalam menyelesaikan suatu proyek, menentukan kegiatan yang perlu diutamakan dan menentukan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek [5]. Seluruh upaya manajemen diarahkan pada target yang telah ditetapkan dan berlangsung terus menerus dengan berjalannya waktu [3].

Dalam manajemen proyek, perencanaan menjadi aspek yang sangat penting dalam suatu proyek pembangunan. Suatu perencanaan diperlukan dan dipergunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan proyek sehingga proyek dapat dilaksanakan dengan waktu yang efisien [6]. Perencanaan menjadi aspek yang sangat penting dalam manajemen proyek karena memainkan peran utama dalam keberhasilan serta tingkat pendapatan proyek [7], [8]. Untuk mengoptimalkan waktu dan biaya, perlu adanya pemakaian metode penjadwalan yang baik dengan berbagai metode ilmiah yang tersedia [9]. Penjadwalan proyek merupakan salah satu unsur hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi mengenai jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan bahan serta rencana durasi dengan perkembangan waktu untuk penyelesaian proyek [10].

Pengendalian proyek mempunyai peran penting dalam meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama proses berlangsungnya proyek [11]. Perencanaan yang tidak tepat akan menimbulkan kesulitan dalam pelaksanaannya, oleh karenanya perencanaan proyek harus sesuai dengan batasan yang dimiliki (biaya, jadwal dan performansi) dan tujuan yang ingin dicapai [12]. Terjadinya keterlambatan proyek perlu segera dilakukan upaya pengembalian tingkat kemajuannya sesuai jadwal kegiatan semula melalui upaya percepatan durasi, diantaranya dengan penambahan waktu kerja (lembur) meski dengan konsekuensi penambahan biaya [13]. Metode penjadwalan tradisional memiliki keterbatasan yang serius diantaranya mengasumsikan sumber daya tak terbatas yang mana sangat sulit untuk dioptimalkan ketika proyek menjadi lebih kompleks [14].

Berbagai teknik dan metode telah dikembangkan mulai dari *Gantt chart*, *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), telah dikembangkan untuk mendukung perencanaan proyek yang lebih baik. Metode tersebut digunakan secara serius oleh sebagian besar manajer proyek untuk mengidentifikasi kegiatan kritis dan menghitung waktu minimum yang diperlukan untuk penyelesaian proyek [15]. Metode yang seringkali digunakan dalam penjadwalan adalah CPM dan PERT [9]. Penggunaan metode CPM dan PERT akan membantu manajemen dalam menganalisis jalur kritis dari setiap kegiatan proyek yang sedang dijalankan sehingga keterlambatan proyek dapat diminimalkan [16].

Pada dasarnya metode CPM dan metode PERT memiliki hasil akhir yang mirip, beda antara keduanya adalah, CPM bersifat deterministik sedangkan PERT bersifat probabilistik [17]–[19]. Sehingga aktivitas yang bersifat konstan waktu pelaksanaannya, dapat menggunakan CPM. Sedangkan aktivitas yang memiliki waktu berubah-ubah, lebih sesuai jika menggunakan metode PERT. Metode PERT menentukan besarnya probabilitas proyek tersebut diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah diperhitungkan [20].

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai penggunaan metode CPM untuk melakukan penjadwalan menunjukkan bahwa penerapan CPM dapat memperbaiki jadwal yang digunakan sebelumnya [16]. Metode PERT/CPM mampu menunjukkan jalur kritis aktivitas proyek sehingga dapat mengoptimalkan waktu penyelesaian yang dibutuhkan, metode CPM/PERT dapat diterapkan untuk mengukur efektivitas penyelesaian suatu proses dan mengoptimalkan durasinya baik untuk kegiatan proyek maupun kegiatan bisnis secara umum yang memiliki batasan waktu proses penyelesaiannya.

Pusat Kesehatan Masyarakat atau Puskesmas merupakan unit penyelenggara kesehatan fungsional yang juga membina partisipasi masyarakat secara terintegrasi dalam sistem kesehatan untuk memelihara kesehatan masyarakat di wilayah kerjanya. Kinerja pelayanan publik yang prima, salah satunya ditentukan oleh keberadaan fasilitas yang memadai. Fasilitas publik tersebut salah satunya adalah Puskesmas. Untuk meningkatkan kinerja Puskesmas, saat ini pemerintah Indonesia gencar untuk meningkatkan pelayanan puskesmas baik dengan cara rehabilitasi gedung lama maupun pembangunan proyek gedung baru [21].

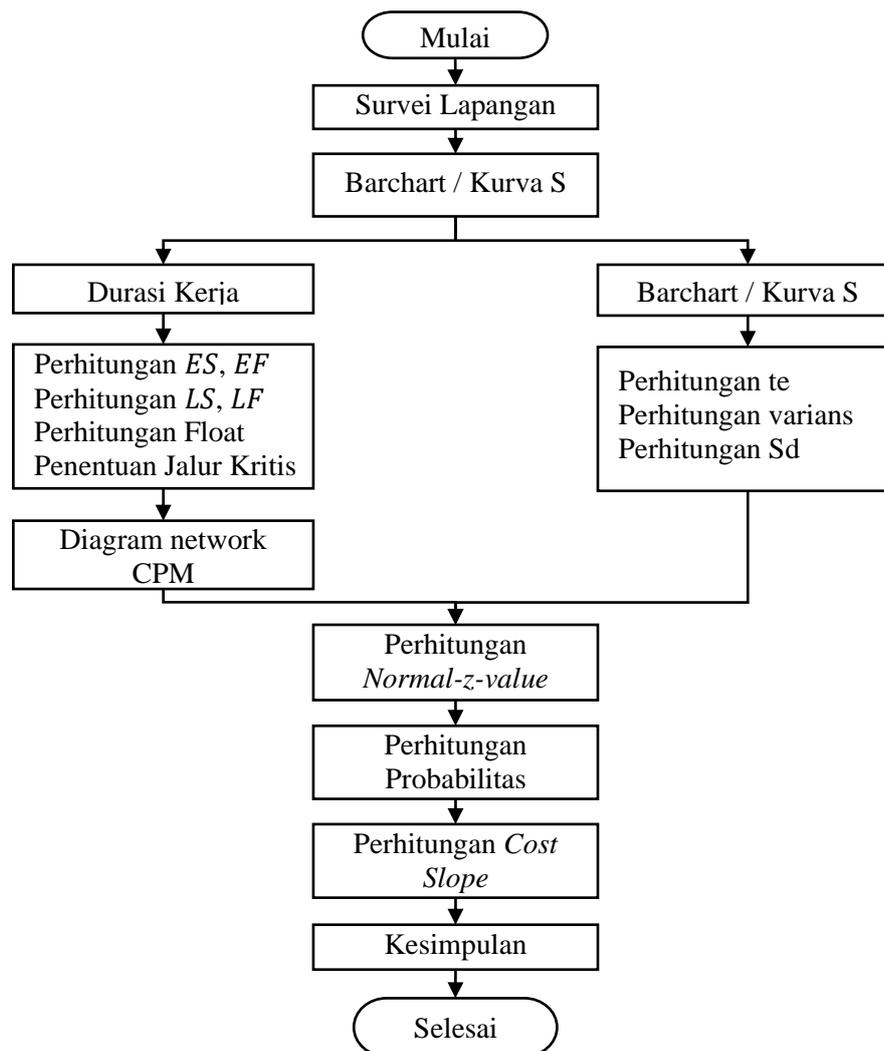
Salah satu Puskesmas yang melaksanakan proyek rehabilitasi gedung adalah UPTD Puskesmas Badas Kecamatan Badas Kabupaten Kediri. Proyek ini termasuk dalam kategori sedang-berat, dan direncanakan dapat diselesaikan dalam 5 bulan dengan anggaran biaya Rp. Rp. 1.800.000.000,00 dan memiliki 14 uraian pekerjaan utama. Perencanaan dan penjadwalan proyek menggunakan metode *barchart* dan kurva, sehingga tidak dapat terlihat kegiatan mana yang merupakan poin kritis dalam proyek tersebut. Pelaksanaan proyek rehabilitasi UPTD Puskesmas Badas dimulai lebih lambat 12 hari dibandingkan tanggal perencanaan disebabkan belum selesainya relokasi serta adanya keterlambatan kedatangan alat berat yang diperlukan. Optimalisasi proyek perlu dipertimbangkan untuk mengejar keterlambatan sehingga pelayanan kesehatan terhadap masyarakat tidak lama terganggu. Tujuan penelitian ini untuk melakukan optimalisasi penjadwalan proyek pada pembangunan gedung Puskesmas Badas Kabupaten Kediri.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, pendekatan deskriptif analitik. Penelitian menggunakan dua jenis variabel yakni variabel bebas yang terdiri dari PERT (x1) dan CPM (x2) serta variabel terikat yakni efektivitas waktu (y). Penelitian dilakukan pada proyek rehabilitasi gedung Puskesmas Badas Kecamatan Badas Kabupaten Kediri. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga April 2021.

2.1 Alur Penelitian

Gambar 1. merupakan alur penelitian yang dimulai dari survei lapangan untuk mendapatkan data awal jadwal proyek. Data selanjutnya dipergunakan untuk keperluan analisis metode CPM dan PERT. Data durasi kerja digunakan untuk menghitung nilai *early start*, *early finish*, *last start*, *last finish*, perhitungan float dan penentuan jalur kritis yang selanjutnya dibentuk *network diagram* CPM. Pada metode PERT dilakukan perhitungan waktu yang diharapkan (te), varians dan standar deviasi (Sd). Metode PERT dalam penelitian ini menggunakan *network diagram* hasil perhitungan CPM. Tahap selanjutnya melakukan perhitungan nilai normal z untuk mengetahui seberapa besar probabilitas proyek dapat terselesaikan. Tahap analisis terakhir adalah penentuan biaya tambahan jika durasi proyek dilakukan percepatan. Tahapan selesai pada penelitian ini berisi tentang kesimpulan dan saran dalam menggunakan metode CPM dan PERT dalam melakukan optimalisasi proyek.



Sumber: Analisa Alur Penelitian

Gambar 1. Bagan Alur Penelitian.

2.2 Teknik Analisis

Pengolahan data dalam penelitian ini didasarkan pada langkah penggunaan metode CPM dan PERT, sebagai berikut:

A. *Critical path method* (CPM)

Menurut Dimiyati dan Nurjaman [22], *Critical Path Method* (CPM) merupakan metode jalur kritis yang menggunakan jaringan dengan keseimbangan waktu-biaya linear. Jalur kritis pada CPM menurut Heizer dan Render [23], merupakan sebuah rangkaian aktivitas-aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda waktu pelaksanaannya dan menunjukkan hubungan yang saling berkaitan satu sama lain. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi [24].

Tahapan metode CPM antara lain:

1) *Forward pass-earliest times* (perhitungan maju)

Forward Pass dimulai dengan aktifitas pertama proyek dan menghubungkan masing-masing aktifitas hingga jaringan untuk kegiatan selanjutnya. Cara menghasilkan *ES*, *EF*, dan kurun waktu penyelesaian proyek:

- Diambil angka *ES* terbesar bila lebih satu kegiatan bergabung
- Notasi (*i*) menyatakan kegiatan terdahulu (*predecessor*) sedangkan notasi (*j*) menyatakan kegiatan yang sedang ditinjau.
- Waktu mulai paling awal dianggap nol

2) *Backward pass- latest times* (perhitungan mundur)

Proses ini ditujukan untuk hal-hal berikut:

- Menentukan *LS*, *LF* serta kurun waktu dari float
- Jika terdapat lebih dari satu kegiatan bergabung, maka diambil angka *LS* terkecil.
- Notasi (*i*) menyatakan kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan notasi (*j*) menyatakan kegiatan terdahulu (*predecessor*)

Sifat dan syarat umum jalur kritis adalah:

- Pada kegiatan pertama: $ES - LS = 0$ atau $ES(1) - LS(1) = 0$
- Pada kegiatan terakhir atau terminal: $LF = EF$
- Total Float: $TF = 0$
- Bila hanya sebagian dari kegiatan tersebut yang bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

Float (Slack) merupakan atribut waktu yang dimiliki suatu kegiatan untuk bisa diundur tanpa menyebabkan keterlambatan keseluruhan proyek. Setelah tahap perhitungan maju dan perhitungan mundur selesai, berikutnya dilakukan perhitungan kelonggaran waktu dari aktifitas (*i, j*) yang terdiri dari *total float* dan *free float* dengan persamaan sebagai berikut[25]:

$$TF(i,j) = LF - ES(i) - D(i,j)$$

$$FF(i,j) = EF(j) - ES(i) - D(i,j)$$

Keterangan:

$TF(i,j)$ = Total float dari kejadian *i* menuju ke *j*

$FF(i,j)$ = Free float dari kejadian *i* menuju ke *j*

Pada perhitungan *float* terdapat suatu aktifitas yang tidak mempunyai kelonggaran (*float*), yang biasa disebut sebagai aktivitas atau kegiatan kritis. Kata lain, aktivitas kritis mempunyai $TF(i,j) = FF(i,j) = 0$ [25]

B. *Project Evaluation Review Technique (PERT)*

Model *PERT* menggunakan bantuan distribusi Beta untuk menganalisis perilaku *te* atau waktu penyelesaian sebuah kegiatan. Pada dasarnya *PERT* menjabarkan proses taksiran secara ilmiah ke dalam distribusi Beta sehingga bisa diketahui bagaimana proses penaksiran waktu penyelesaian suatu kegiatan dilakukan. Untuk mencari waktu yang diharapkan (*te*) diperlukan tiga pendekatan waktu, yaitu:

1) Waktu paling mungkin (*most likely estimate*) [*m*]

Waktu ini memiliki arti sebagai taksiran waktu penyelesaian suatu kegiatan yang paling realistis. Secara statistik [*m*] merupakan taksiran modus dan titik tertinggi dari distribusi waktu penyelesaian.

2) Waktu optimistik (*optimistic estimate*) [*a*]

Waktu ini memiliki arti sebagai taksiran yang akan terjadi dengan kemungkinan 1/100, jika segala sesuatu berjalan dengan baik. Secara statistik [*a*] merupakan batas bawah dari distribusi probabilitas.

3) Waktu pesimistik (*pessimistic estimate*) [*b*]

Waktu ini memiliki arti sebagai taksiran yang akan terjadi dengan kemungkinan 1/100, jika segala sesuatu berjalan dengan tidak semestinya. Secara statistik [*b*] adalah taksiran batas atas distribusi probabilitas.

Dua asumsi ditentukan untuk merubah *a*, *m*, dan *b* menjadi taksiran nilai harapan (*te*) dan variansi (σ^2) dari waktu yang dibutuhkan suatu kegiatan dengan rumus berikut [26]:

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

Setelah perhitungan durasi optimal dilakukan, selanjutnya menghitung standar deviasi dan varian yang dirincikan sebagai berikut [26]:

$$S = \frac{1}{6} \times (b-a)$$

Sedangkan nilai varians kegiatan dapat dicari dengan rumus [26]:

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

Setelah durasi proyek diketahui, dilanjutkan dengan perhitungan probabilitas keberhasilan penyelesaian yang diasumsikan dengan menjumlah semua durasi optimal serta varian pada jalur kritis yang dirumuskan sebagai berikut [26]:

$$Z = \frac{Td-TE}{Se LK}$$

Keterangan:

Z = Nilai pada tabel distribusi normal

Td = Target jadwal

TE = Project Expected time Completion (durasi pada lintasan kritis)

Se LK = Standard deviasi lintasan kritis

Perhitungan pertambahan biaya pada upaya *crashing* dilakukan berdasarkan lintasan kritis yang terbentuk dan dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

1) Menentukan durasi percepatan yang dikehendaki

2) Menghitung *cost slope*, dengan rumus[25]:

$$\text{Biaya percepatan} = \frac{\text{waktu normal}}{\text{waktu percepatan}} \times \text{biaya normal}$$

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil Analisis CPM

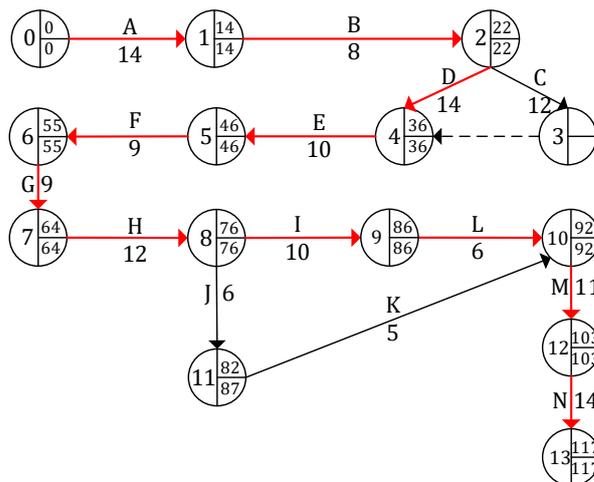
Penentuan jenis serta aktivitas proyek menjadi tahapan awal analisa CPM. Penentuan jenis serta aktivitas proyek akan didapatkan hasil mengenai macam aktivitas, predecessor durasi dan anggaran sebagaimana tabel berikut:

Tabel 1. Data Urutan Kegiatan

No.	Keterangan	Aktivitas	Predecessors	Durasi	Anggaran
1	Pekerjaan Persiapan	A	-	14	Rp 26.863.611
2	Pekerjaan Tanah	B	A	8	Rp 21.932.666
3	Pekerjaan Pondasi	C	B	12	Rp 50.301.453
4	Pekerjaan Struktur	D	B	14	Rp 350.843.608
5	Pekerjaan Lantai 1	E	C, D	10	Rp 203.629.334
6	Pekerjaan Lantai 2	F	E	9	Rp 202.429.422
7	Pekerjaan Lantai 3	G	F	9	Rp 202.701.201
8	Pekerjaan Atap, plafond dan Listplank	H	G	12	Rp 245.947.776
9	Pekerjaan Besi dan Aluminium	I	H	10	Rp 69.181.941
10	Pekerjaan Kayu, Kaca dan Pengunci	J	H	6	Rp 33.786.097
11	Pekerjaan Sanitair	K	J	5	Rp 169.085.409
12	Pekerjaan Listrik	L	I	6	Rp 51.196.753
13	Pekerjaan Penutup Lantai dan Dinding	M	K, L	11	Rp 24.497.100
14	Pekerjaan Finishing	N	M	14	Rp 165.786.338
Total				140	Rp 1.818.182.709

Sumber: Data Primer Diolah

Tabel 1. menunjukkan urutan kegiatan, durasi waktu dan kegiatan yang mendahului untuk selanjutnya akan membentuk jaringan kerja. Durasi pekerjaan paling lama dengan biaya terbesar adalah struktur (D) yakni selama 14 hari dengan biaya sebesar Rp. 350.843.608. Kegiatan tersebut (D) memiliki *predecessors* kegiatan B, yang berarti kegiatan pekerjaan struktur mensyaratkan bahwa pekerjaan tanah harus selesai terlebih dahulu sebelum pekerjaan struktur dapat dimulai. Berdasarkan **Tabel 1.** di atas selanjutnya dapat digambarkan jaringan kerja sebagai berikut:



Sumber: Data Primer Diolah

Gambar 2. Jalur Kritis Metode CPM

Setelah dilakukan analisis dengan metode CPM dan diperoleh jalur kritis A – B – D – E – F – G – H – I – L – M – N waktu yang dibutuhkan yaitu 117 hari. Waktu penyelesaian normal dari proyek rehabilitasi Puskesmas Badas adalah 140 hari, namun dengan metode CPM durasi waktu penyelesaian proyek rehabilitasi dapat lebih dipercepat dari waktu normal.

3.2 Hasil Analisis PERT

3.2.1 Perhitungan Estimasi Waktu

Langkah pertama dalam analisis metode PERT adalah menentukan perkiraan durasi optimis (a) dan durasi pesimis (b) dari setiap aktivitas berdasarkan durasi yang ada (m). Waktu optimis nilainya tidak boleh lebih dari waktu normal sedangkan waktu pesimis nilainya harus lebih dari waktu normal. Penentuan nilai waktu (*te*) menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Hasil perhitungan nilai a, b, m dan *te* dapat disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Estimasi Waktu Pada Metode PERT

No.	Aktivitas	Keterangan	Optimis	Realistis	Pesimis	te
			(a)	(m)	(b)	
1	A	Pekerjaan Persiapan	13	14	16	14,2
2	B	Pekerjaan Tanah	7	8	10	8,2
3	C	Pekerjaan Pondasi	10	12	16	12,3
4	D	Pekerjaan Struktur	12	14	17	14,2
5	E	Pekerjaan Lantai 1	9	10	13	10,3
6	F	Pekerjaan Lantai 2	8	9	12	9,3
7	G	Pekerjaan Lantai 3	8	9	12	9,3
8	H	Pekerjaan Atap, plafond dan Listplank	10	12	14	12,0
9	I	Pekerjaan Besi dan Aluminium	7	10	13	10,0
10	J	Pekerjaan Kayu, Kaca dan Pengunci	5	6	8	6,2
11	K	Pekerjaan Sanitair	4	5	6	5,0
12	L	Pekerjaan Listrik	5	6	8	6,2
13	M	Pekerjaan Penutup Lantai dan Dinding	9	11	13	11,0
14	N	Pekerjaan Finishing	12	14	17	14,2
		Total	119	140	175	142,4

Sumber: Wawancara dengan pihak kontraktor dan hasil penelitian

Durasi waktu diharapkan (*te*) diperoleh nilai 142 hari, hal ini berarti hasil perhitungan PERT memiliki durasi penyelesaian proyek lebih lama 2 hari dibandingkan metode CPM.

3.2.2 Perhitungan Varians dan Standar Deviasi

Setelah menghitung durasi aktivitas yang diharapkan, dilanjutkan dengan perhitungan standar deviasi dan varians. Nilai deviasi standar dapat dicari dengan rumus:

$$S = \frac{1}{6} \times (b-a)$$

Sedangkan nilai varians kegiatan dapat dicari dengan rumus:

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

Hasil perhitungan kedua rumus diatas dapat dilihat pada tabel 3, adapun aktivitas yang tergolong kritis didasarkan pada hasil analisis CPM sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Standar Deviasi dan Varians Kegiatan

No.	Aktivitas	Optimis (a)	Realistis (m)	Pesimis (b)	Aktivitas Kritis	S	Ve	Ve LK
1	A	13	14	16	Ya	0,50	0,25	0,25
2	B	7	8	10	Ya	0,50	0,25	0,25
3	C	10	12	16	-	1,00	1,00	-
4	D	12	14	17	Ya	0,83	0,69	0,69
5	E	9	10	13	Ya	0,67	0,44	0,44
6	F	8	9	12	Ya	0,67	0,44	0,44
7	G	8	9	12	Ya	0,67	0,44	0,44
8	H	10	12	14	Ya	0,67	0,44	0,44
9	I	7	10	13	Ya	1,00	1,00	1,00
10	J	5	6	8	-	0,50	0,25	-
11	K	4	5	6	-	0,33	0,11	-
12	L	5	6	8	Ya	0,50	0,25	0,25
13	M	9	11	13	Ya	0,67	0,44	0,44
14	N	12	14	17	Ya	0,83	0,69	0,69
Total		119	140	175	-	9,33	6,72	5,36

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan **Tabel 3.** diketahui varians dari seluruh kegiatan adalah 6,72, sedangkan nilai total varians pada aktivitas kritis Ve LK (A, B, D, E, F, G, H, I, L, M, N) sebesar 5,36.

3.2.3 Probabilitas Penyelesaian Proyek

Dalam penelitian ini dimisalkan untuk mengetahui seberapa besar peluang proyek dapat terselesaikan dalam waktu 120 hari, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$Z = \frac{T_d - T_E}{S_e \text{ LK}}$$

$$Z = \frac{120 - 119}{2,32}$$

$$Z = 0,43$$

Merujuk pada tabel distribusi normal, diketahui peluang 0,6664, artinya ada peluang sebesar 66,6% untuk kontraktor menyelesaikan proyek tersebut dalam kurun waktu 120 hari.

Tabel 4. Probabilitas Durasi Kerja Yang Diinginkan

No.	Durasi (hari)	Z value	Probabilitas	Probabilitas (%)
1	116	-1,30	0,0968	9,68%
2	117	-0,86	0,1949	19,49%
3	118	-0,43	0,3336	33,36%
4	119	0,00	0,5000	50,00%
5	120	0,43	0,6664	66,64%
6	121	0,86	0,8051	80,51%
7	122	1,30	0,9032	90,32%
8	123	1,73	0,9582	95,82%
9	124	2,16	0,9846	98,46%
10	125	2,59	0,9952	99,52%
11	126	3,02	0,9987	99,87%
12	127	3,46	0,9997	99,97%
13	128	3,89	0,9999	99,99%

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 4. menjelaskan tentang nilai durasi kerja paling diinginkan untuk mencapai tingkat probabilitas penyelesaian proyek yang tinggi. Probabilitas penyelesaian proyek yang baik adalah proyek dengan persentase keberhasilan diatas 80%, maka proyek rehabilitasi Puskesmas Badas dapat terselesaikan mulai dari 122 hari.

3.2.4 Biaya Percepatan

Berdasarkan **Tabel 1.** total biaya normal penyelesaian proyek rehabilitasi sebanyak Rp 1.818.182.708 dengan durasi 140 hari. Perhitungan *crashing* hampir selalu berarti peningkatan biaya, penambahan biaya yang diakibatkan percepatan waktu adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan atau melaksanakan kegiatan dengan durasi yang dipercepat.

Upaya melakukan percepatan hanya dapat dilakukan pada aktivitas dalam lintasan kritis saja, karena kegiatan tersebut yang tidak mempunyai waktu jeda. Karena dalam metode PERT menggunakan pendekatan probabilitas maka metode CPM yang digunakan sebagai pedoman jalur kritis karena lebih valid dalam menghitung waktu percepatan. Setiap aktivitas yang dipercepat dilakukan perhitungan biaya percepatan dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 5. Anggaran Biaya Normal Pada Jalur Kritis

No.	Keterangan	Aktivitas	Durasi Kritis	Anggaran
1	Pekerjaan Persiapan	A	14	26.863.611
2	Pekerjaan Tanah	B	8	21.932.666
3	Pekerjaan Struktur	D	14	350.843.608
4	Pekerjaan Lantai 1	E	10	203.629.334
5	Pekerjaan Lantai 2	F	9	202.429.422
6	Pekerjaan Lantai 3	G	9	202.701.201
7	Pekerjaan Atap, plafond dan Listplank	H	12	245.947.776
8	Pekerjaan Besi dan Aluminium	I	10	69.181.941
9	Pekerjaan Listrik	L	6	51.196.753
10	Pekerjaan Penutup Lantai dan Dinding	M	10	24.497.100
11	Pekerjaan Finishing	N	14	165.786.338
	Total		116	1.565.009.750

Sumber: Hasil penelitian

Perhitungan di atas adalah perhitungan pada jalur kritis yang jika dijumlahkan anggaran pada biaya normal sebesar Rp 1.565.009.750 selama 116 hari. Percepatan yang diinginkan adalah untuk mengejar keterlambatan selama 12 hari, maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui berapa kenaikan biaya percepatan pada durasi proyek ($140-12 = 128$) 128 hari (probabilitas 99,99%) pada aktivitas kritis dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Biaya percepatan} = \frac{140}{128} \times 1.565.009.750 = \text{Rp. } 1.711.729.414$$

Total kenaikan biaya pada jalur kritis (A, B, D, E, F, G, H, I, L, M, N) jika dihitung menjadi Rp. 1.711.729.414 atau dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Perbandingan Anggaran Biaya Normal dengan *Crashing*

	Durasi Normal (140 hari)	<i>Crashing</i> (128 hari)
Biaya jalur kritis	Rp 1.565.009.750	Rp 1.711.729.414
Biaya non jalur kritis	Rp 253.172.959	Rp 253.172.959
Total Biaya	Rp 1.818.182.709	Rp 1.964.902.373

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan **Tabel 6.** dapat disimpulkan bahwa total biaya proyek pada durasi yang dipercepat 12 hari menjadi 128 hari diperlukan anggaran sebesar Rp. 1.964.902.373 atau terjadi peningkatan biaya sebesar 8,1% yakni senilai Rp. 146.719.664 jika dibandingkan dengan anggaran awal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap proyek rehabilitasi sedang-berat gedung Puskesmas Badas 3 lantai ini dapat disimpulkan:

1. Bentuk jaringan kerja (jalur kritis) pada proyek rehabilitasi gedung Puskesmas Badas yaitu pada kegiatan: persiapan (A), pekerjaan tanah (B), pekerjaan struktur (D), pekerjaan lantai 1 (E), pekerjaan lantai 2 (F), pekerjaan lantai 3 (G), pekerjaan atap, plafond dan listplank (H), pekerjaan besi (I), pekerjaan listrik (L), pekerjaan penutup lantai dan dinding (M) serta pekerjaan finishing (N).
2. Berdasarkan rencana normal pengerjaan proyek rehabilitasi gedung Puskesmas Badas dapat diselesaikan dalam durasi 140 hari dengan biaya normal sebesar Rp. 1.818.182.709, namun dengan menggunakan metode CPM dan PERT memungkinkan proyek dapat diselesaikan dalam durasi 122 hari dengan probabilitas 99,99%.
3. Percepatan yang dikehendaki adalah 12 hari atau durasi proyek selama 128 hari dengan tambahan biaya sebesar 8,1% yakni senilai Rp. 146.719.664 atau total anggaran yang dibutuhkan sebesar Rp. 1.964.902.373.

5. Ucapan Terima Kasih

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

Daftar Pustaka

- [1] H. A. Ba'Its, I. A. Puspita, and A. F. Bay, "Combination of Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM) for Project Schedule Development," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 12, no. 3, pp. 68–75, 2020.
- [2] Rohmatun Hidayah, A. Ridwan, and Y. Cahyo, "Analisa Perbandingan Manajemen Waktu Antara Perencanaan Dan Pelaksanaan," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 281–290, 2015.
- [3] A. Ridwan and R. Ajiono, "Pengendalian Biaya Dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi," *UKaRst*, vol. 1, no. 1, pp. 74–83, 2017.
- [4] S. Susanto, H. Hendy, B. Winarno, and A. I. Candra, "Measurement Of Occupational Safety And Health Risk Levels Of Kadirri University LP3M Building," *UKaRst*, vol. 4, no. 2, p. 124, Oct. 2020, doi: 10.30737/ukarst.v4i2.782.
- [5] M. K. Chin, S. L. Kek, S. Y. Sim, and T. W. Seow, "Probabilistic Completion Time in Project Scheduling," *Int. J. Eng. Res. Sci.*, vol. 3, no. 4, 2017.
- [6] P. Ballesteros-Pérez, G. D. Larsen, and M. C. González-Cruz, "Do projects really end late? On the shortcomings of the classical scheduling techniques," *JOTSE J. Technol. Sci. Educ.*, vol. 8, no. 1, pp. 17–33, 2018.
- [7] A. E. Husin, "Susandi and Bernadette Detty Kussumardianadewi," *Time Perform. Upgrad. toll road Constr. Proj. by m-pert Sched. implementation* *Int. J. Curr. Res. Life Sci.*, vol. 8, no. 01, pp. 3035–3042, 2019.
- [8] 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.
- [9] 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, pp. 162–176, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1054.
- [10] W. R. Putra, A. Ridwan, Y. Cahyo, and A. I. Candra, "Studi Pelaksanaan Kinerja Percepatan Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Bank Darah Rumah Sakit Dr. Soedomo," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 76–85, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.892.
- [11] A. I. Candra, Y. C. S. Poernomo, A. Ridwan, S. Winarto, E. Gardjito, and E. Siswanto, "Pengecekan Kelayakan Bangunan Gedung Sma Negeri 1 Kota Kediri Yang Digunakan Untuk Aktifitas Belajar," *J. Abdi Masy.*, vol. 2, no. 2, 2019, doi: 10.30737/jaim.v2i2.371.
- [12] J. Harmawanto, Y. C. S. Poernomo, and S. Winarto, "Analisa Anggaran Biaya Danpenjadwalanproyek Perbaikan Tanggul Kali Bakungdesa Cengkok Kecamatan Tarokan Kabupaten Kediri," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 224–234, 2019.

- [13] P. E. Suwarni, "Optimalisasi Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Metode CPM dan PERT di Proyek ABC Condotel," *Industrika*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [14] V. M. Kumar, A. Wilfred, and H. Sridevi, "Comparative study of time-cost Optimization," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 659–663, 2017.
- [15] Y. C. S. Poernomo, A. Ridwan, Z. Lubis, A. Gunarto, and S. Winarto, "Pelaksanaan Manajemen Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Bank Sinar Mas Kediri," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 52, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.101.
- [16] S. Zareei, "Project scheduling for constructing biogas plant using critical path method," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, no. August 2017, pp. 756–759, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.025.
- [17] Z. T. Taner, Z. O. P. Bicer, and S. Bayram, "Comparing the Benefits of CPM and PERT for the Project Manager in Terms of Different Construction Projects," *Conf. 6 th Int. Proj. Constr. Manag. Conf. (e-IPCMC2020)At İstanbul*, 2020.
- [18] O. K. Bodunwa and J. O. Makinde, "Application of Critical Path Method (CPM) and Project Evaluation Review Techniques (PERT) in Project Planning and Scheduling," *J. Math. Stat. Sci.*, vol. 6, pp. 1–8, 2020.
- [19] C. Orumie Ukamaka, "Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study," *Int. J. Ind. Oper. Res.*, vol. 3, no. 4, 2020, doi: 10.35840/2633-8947/6504.
- [20] Y. E. Putra and H. K. Gandhi, "Analisis Jalur Kritis Pada Proyek Relokasi Mesin Flexo Dengan Metode CPM dan PERT," *J. Intent J. Ind. Dan Teknol. Terpadu*, vol. 2, no. 1, pp. 65–75, 2019.
- [21] A. Oktavia and M. Rompis, "Optimasi Waktu Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja Menggunakan Precedence Diagram Method Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 9, 2019.
- [22] D. Hamdan and N. Kadar, *Manajemen Proyek*. 2014: CV. Pustaka Setia, 2014.
- [23] J. Heizer and B. Render, *Manajemen Operasi, Edisi 7*. Jakarta: Salemba Empat, 2007.
- [24] A. P. Hendradewa, "Schedule Risk Analysis by Different Phases of Construction Project Using CPM-PERT and Monte-Carlo Simulation," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 528, no. 1, p. 12035.
- [25] T. T. Dimiyati and A. Dimiyati, "Operation Research: Model-model Pengambilan Keputusan," *Bandung PT. Sinar BaruAlgesindo*, 2018.
- [26] D. Caesaron and A. Thio, "Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20 Glodok)," *J. Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 8, no. 2, 2017.