

ANALISIS JALUR KRITIS PADA PROYEK RELOKASI MESIN FLEXXO DENGAN METODE CPM DAN PERT

Yoga Eka Putra¹, Herry Kartika Gandhi²

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya II No 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang 42117*

yogaekaputra@yahoo.com¹, herrykartikagandhi@unbaja.co.id²

ABSTRACT

This study took the object of relocation project within a company. With limited time and resources, this study will identify project completion time using CPM and PERT methods. In addition, this study will identify critical paths on a project using network diagram. And at the end of the discussion, this study will calculate the probability of accelerating project to approach the probability of 0 %. The project is divided into 28 activities, with the longest activity lasting 14 days and the shortest activity lasting 1 day. From the network diagram the critical path is obtained in the activity of A - B - C - D - L - M - N - O - P - Q - R - T - U - V - Y - AB. With the duration of completion using the CPM method for 61 days. Whereas with PERT calculation, the completion of the project takes up to 62,167 days. Human resources are widely used in the first 15 days, where on the 6th and 7th days require 15 workers. Whereas after the 16th day, the project only requires a maximum of 4 workers. The probability of accelerating the project time with an assumption of above 2% shows that the project can be accelerated into 60 days where the probability of completion is 2.39%.

Keywords : *Project, Critical Path Method, Project Evaluation and Review Technique, Critical Path*

ABSTRAK

Penelitian ini mengambil objek proyek relokasi mesin flexo dalam suatu perusahaan. Dengan keterbatasan waktu dan sumber daya, penelitian ini akan mengidentifikasi waktu penyelesaian proyek menggunakan metode CPM dan PERT. Selain itu proyek akan mengidentifikasi jalur kritis pada suatu proyek dengan menggunakan network diagram. Dan diakhir pembahasan penelitian akan menghitung probabilitas percepatan proyek hingga mendekati probabilitas 0 %. Proyek dibagi menjadi 28 aktivitas, dengan aktivitas terlama berlangsung selama 14 hari dan aktivitas terpendek berlangsung selama 1 hari. Dari network diagram didapat jalur kritis adalah pada aktivitas A - B - C - D - L - M - N - O - P - Q - R - T - U - V - Y - AB. Dengan durasi penyelesaian menggunakan metode CPM sebesar 61 hari. Sedangkan dengan perhitungan PERT, penyelesaian proyek memakan waktu hingga 62.167 hari. Penggunaan sumber daya banyak digunakan pada 15 hari pertama, dimana pada hari ke-6 dan ke-7 membutuhkan 15 pekerja. Sedangkan setelah hari ke-16, proyek hanya membutuhkan maksimum 4 pekerja. Probabilitas percepatan waktu proyek dengan asumsi diatas 2 % didapatkan bahwa proyek dapat dipercepat hingga 60 hari dimana probabilitas penyelesaian sebesar 2.39 %.

Kata Kunci : *Proyek, Critical Path Method, Project Evaluation and Review Technique, Jalur Kritis*

1. PENDAHULUAN

Proyek adalah rangkaian kegiatan/pekerjaan/tahapan yang saling berhubungan untuk menghadirkan *output* dengan keterbatasan waktu, biaya, sumber daya, dan parameter spesifikasi yang telah ditentukan. Proyek dapat menghasilkan *output* yang *tangible* (nyata) atau *intangible* (tidak nyata). Contoh dalam proyek adalah pembangunan gedung, pembuatan mesin, pembelajaran ilmu pengetahuan ataupun reparasi atau relokasi mesin.

Tingkat kesulitan proyek lebih ditekankan terhadap pengoptimalan penggunaan sumber daya yang terbatas. Untuk mewujudkan *output* yang sesuai dengan spesifikasi dan kualitas yang memenuhi syarat, manajer proyek harus dapat mengatur penggunaan sumber daya yang ada pada waktu dan pekerjaan yang tepat dan efisien. Hal itu diharapkan untuk dapat mengurangi *idle time* suatu kegiatan dikarenakan harus menunggu kegiatan lain (sebelumnya) yang belum terselesaikan. Hal inilah yang perlu diperhitungkan terlebih dahulu oleh tim perancang proyek tentang keseimbangan antar jalur kegiatan agar seimbang dan mengurangi timbulnya *idle time* dalam kegiatan.

Critical Path Method (CPM) dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam suatu manajemen proyek. Kedua teknik ini dikembangkan awalnya oleh U.S Navy dalam proyek Peluru Polaris (Taha, 1997). Seiring dengan efektivitasnya metode ini maka banyak ilmuwan yang mengembangkan teknik ini untuk diterapkan dalam perancangan proyek. Ada perbedaan kecil yang membedakan teknik CPM dan PERT, dimana PERT menggunakan format probabilistik untuk menggambarkan satuan waktu. Sedangkan CPM menggunakan satuan *real* waktu, seperti hari, jam, menit dan lain sebagainya.

Studi kasus yang diamati adalah suatu proyek relokasi atau pemindahan mesin flexo yang berlangsung hingga lebih dari 60 hari. Proyek ini merupakan aktifitas non rutin pada industri tersebut untuk memudahkan *machine scheduling* pada industri tersebut. Mengingat keterbatasan waktu yang ditargetkan oleh perusahaan maka tim proyek perlu adanya perencanaan yang matang dengan menggunakan CPM dan PERT untuk memperkirakan jalur kritis, waktu penyelesaian proyek dan faktor kontigensi dari proyek tersebut.

Beberapa penelitian pada tabel 1. telah menggunakan CPM / PERT pada kasus proyek yang dilakukan pada proyek konstruksi dan revitalisasi.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu dengan Metode CPM / PERT

No.	Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Jurnal	Teknik Analisis
1.	Permana dan Kholil, 2016	Penjadwalan Waktu Proyek <i>Construction Civil Foundation</i> Alfamart dengan Menggunakan <i>Critical Path Method</i> (CPM).	CPM
2.	Caesaron dan Thio, 2015	Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No.20, Glodok).	CPM, PERT, Crashing Project dan Diagram Tulang Ikan

Tabel 1. Penelitian Terdahulu dengan Metode CPM / PERT (lanjutan)

No.	Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Jurnal	Teknik Analisis
3.	Iwawo, Tjakra dan Pratasih, 2016	Penerapan Metode CPM pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar Manado).	CPM
4.	Ikhtisoliyah, 2017	Analisis Penerapan Manajemen Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Teknik Listrik Industri Politeknik Negeri Madura (POLTERA).	CPM dan Crashing
5.	Safi'I dan Santoso, 2017	Analisis Optimasi Pelaksanaan Proyek Revitalisasi Integrasi Jaringan Universitas Kediri Menggunakan Metode PERT Dan CPM.	CPM dan PERT

2. TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen proyek merupakan disiplin ilmu yang menghubungkan seluruh aktivitas didalamnya dengan keterkaitan waktu, penggunaan sumber daya dan biaya untuk menghasilkan rancangan proyek yang sesuai dengan harapan dan target (Caesaron dan Thio, 2015). Dua teknik yang sering digunakan pada bidang ilmu manajemen proyek yaitu *Critical Path Method* (CPM) dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT).

2.1 Definisi CPM dan PERT

Menurut Ikhtisoliyah (2017), *Critical Path Method* (CPM) dan PERT merupakan teknik perencanaan proyek (kumpulan aktivitas) yang dimodelkan dalam suatu jaringan yang saling berhubungan. Tujuan dari CPM dan PERT adalah menentukan waktu terpendek untuk menyelesaikan rangkaian kegiatan tersebut. Waktu terpendek tersebut dipengaruhi oleh jalur kritis dalam jaringan.

Pada dasarnya metode CPM dan metode PERT memiliki hasil akhir yang mirip, beda antara keduanya adalah CPM bersifat *deterministic* sedangkan PERT bersifat probabilistik. Sehingga aktivitas yang bersifat konstan waktu pelaksanaannya maka dapat menggunakan CPM. Sedangkan aktivitas yang memiliki waktu berubah-ubah, maka menggunakan metode PERT. Metode PERT menentukan besarnya probabilitas proyek tersebut diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah diperhitungkan. Perhitungan PERT melibatkan 3 angka estimasi dari tiap-tiap aktivitas yaitu optimistik (*a*), pesimistik (*b*) dan waktu paling mungkin (*m*). Dengan menggunakan persamaan (1) maka *te* (perkiraan waktu aktivitas) dapat dihitung dan waktu dapat bersifat deterministik.

$$te = \frac{(a+4.m+b)}{6} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

te = Perkiraan waktu aktivitas

a = waktu optimistik

m = waktu paling mungkin

b = waktu pesimistik

Tahapan pertama yang harus dibuat pada metode CPM dan PERT adalah membuat *network diagram*.

2.2 Network Diagram

Iwawo dkk. (2017) mendefinisikan *Network Diagram* sebagai visualisasi proyek dengan menyimbolkan simbol lingkaran sebagai event dan panah sebagai kegiatan. Contoh *network diagram* ada pada gambar 1.



Gambar 1. Contoh *Network Diagram*

Ada 2 simbol utama dari *network diagram* yaitu lingkaran yang menandakan *event* dan panah yang menandakan kegiatan. *Event* menggambarkan waktu (tanggal pelaksanaan, menit atau jam pelaksanaan). *Event* ini yang memulai dari *network diagram*, dimana *event* 1 adalah waktu mulai dari proyek. Sedangkan *event* nomor terakhir menandakan waktu selesai dari proyek.

Semua kegiatan dalam proyek harus tertuang dalam *network diagram*, dan semua kegiatan haruslah dimulai dari *event* dan diakhiri oleh *event*.

2.3 Perhitungan Jalur Kritis

Jalur kritis atau *critical path* menjadi hal yang sangat penting dari CPM dan PERT. *Critical Path* adalah jalur yang menghubungkan aktivitas-aktivitas yang kritikal dalam proyek. Arti kritikal ini adalah aktivitas yang keterlambatan waktunya akan berdampak pada keterlambatan seluruh proyek.

Sehingga aktivitas-aktivitas tersebut harus dijaga waktu penyelesaiannya agar tidak terlambat. Pengidentifikasian jalur tersebut dapat diketahui dengan perhitungan maju dengan menghitung hal-hal berikut :

- ES : Yaitu waktu paling awal aktivitas dapat dimulai (*Earliest Start Time*).
- EF : Yaitu waktu paling awal aktivitas dapat selesai (*Earliest Finish Time*).
- LS : Yaitu waktu paling akhir aktivitas dapat dimulai (*Latest Allowable Start Time*).
- LF : Yaitu waktu paling akhir aktivitas harus selesai (*Latest Allowable Finish Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
- Slack (S)* atau *Float* : Waktu bebas dari aktivitas, yang berarti waktu yang dimiliki oleh aktivitas dapat melakukan pemunduran waktu tanpa berdampak pada mundurnya waktu proyek secara keseluruhan.

Aktivitas kritikal ditandai dengan nilai $Slack = 0$. Yang berarti aktivitas tersebut tidak memiliki waktu bebas. Aktivitas kritikal tersebut harus segera dilaksanakan setelah aktivitas sebelumnya selesai dilakukan. Sehingga aktivitas kritikal dapat menyelesaikan waktunya tanpa harus mengganggu atau memperlambat waktu total proyek.

Perhitungan lima (5) parameter diatas dilakukan pada tabel CPM. Karena perhitungan tersebut berkorelasi satu dengan yang lain.

2.4 Diagram Bagan Waktu dan Sumber Daya

Salah satu keluaran dari metode CPM adalah Alokasi Sumber Daya Manusia yang akan dialokasikan dalam suatu bagan waktu. Bagan waktu ini dapat dikonversikan dalam jadwal kalender yang dapat mempermudah membuat jadwal karyawan hari per hari (Taha, 1997).

Diagram ini sebagai kontrol terhadap keterbatasan jumlah sumber daya manusia. Dan dimungkinkan aktivitas tersebut mundur karena adanya *overload* jumlah SDM yang dimiliki. Solusi dapat dilakukan dengan *overtime* pekerja untuk menjaga aktivitas tersebut dapat terjaga penyelesaiannya.

2.5 Perhitungan Variansi dan Probabilitas Penyelesaian Proyek

Variansi aktivitas menggambarkan penyebaran data-data tiap aktivitas. Apakah terlalu banyak data-data yang berjarak terlalu jauh, ataukah data-data tersebut berdekatan. Rumus variasi tertulis pada persamaan 2.

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

Dimana :

σ^2 = variansi aktivitas

a = waktu optimistik

b = waktu pesimistik

Sedangkan probabilitas penyelesaian proyek dihitung pada persamaan 3.

$$Z = \frac{T_x - T_E}{\sigma} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

Z = Probabilitas pencapaian waktu realitas

T_x = waktu target awal

T_e = waktu yang diharapkan

σ = *standard deviasi*

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan-tahapan yang sistematis. Berdasarkan penelitian-penelitian CPM dan PERT sebelumnya, ditentukan tahapan-tahapan dengan memperhitungkan permasalahan di lapangan.

3.1 Identifikasi Masalah

Mesin *Flexo* merupakan salah satu mesin produksi untuk mencetak gambar dan tulisan pada berbagai macam tipe kertas (kertas budaya, kertas karton atau tipe kertas lainnya). Mesin *Flexo* memiliki ukuran panjang sekitar 20 meter, lebar 5 meter, dan tinggi 2 meter. Mesin *Flexo* memiliki berat lebih dari 10 ton.

Dengan ukuran dan berat seperti diatas, proses lokasi tidak dapat dilakukan dengan waktu yang sekejap. Perlu adanya proses pemisahan komponen-komponen dari mesin sehingga pemindahan dilakukan setelah pemisahan komponen selesai dilakukan.

Perkiraan penyelesaian proyek ini lebih dari 60 hari. Aktivitas yang merupakan bagian dari proyek ini terdiri dari 28 aktivitas.

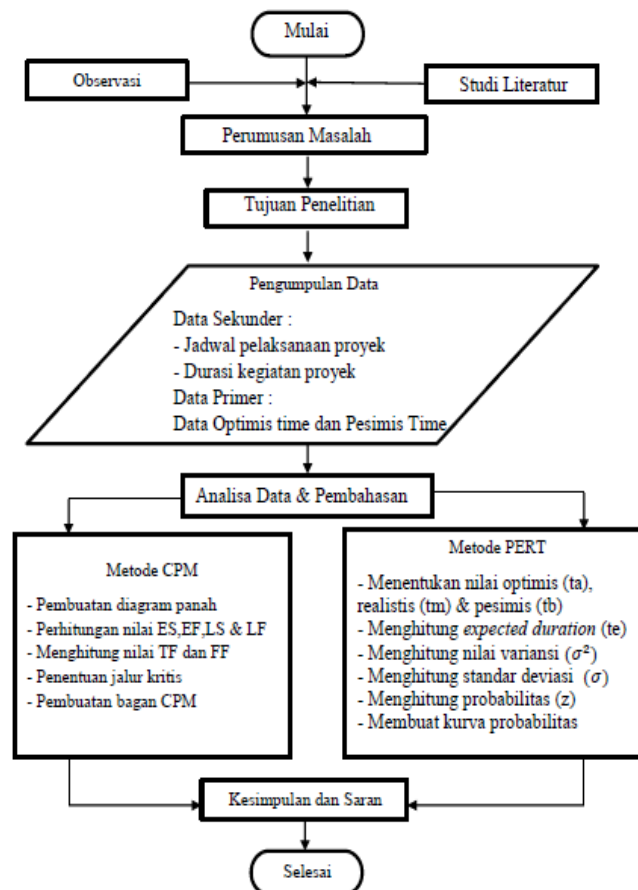
Dengan jumlah aktivitas yang besar dan waktu penyelesaian yang lama maka perlu digunakan metode CPM dan PERT untuk menganalisa jalur kritis dan perkiraan/probabilitas penyelesaian proyek. Tujuan akhir penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui total durasi penyelesaian proyek
- b. Mengetahui jalur kritis dari proyek
- c. Mengetahui waktu penyelesaian rata-rata (T_e) dan *Standard Deviasi* (σ)
- d. Kurva probabilitas percepatan proyek

3.2 Kerangka Pemecahan Masalah

Tahapan penelitian digambarkan pada gambar 2. Penelitian dimulai dengan observasi di lapangan dan studi literatur. Setelah mengetahui permasalahan, diambil data durasi dan rincian aktivitas yang dapat dipecah dalam total kegiatan proyek.

Setelah itu masuk ke perhitungan CPM dan PERT, dan diakhiri analisa hasil perhitungan.



Gambar 2. Metode Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan dilakukan sesuai dengan tahapan pada gambar 2. Perhitungan juga sesuai dengan tinjauan pustaka yang dijabarkan di bab 2.

4.1 Data Kegiatan Proyek

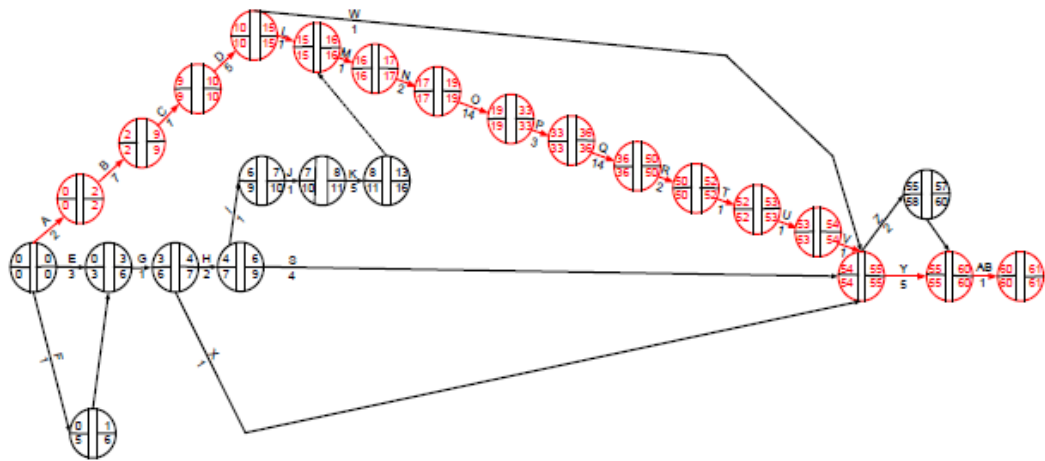
Proyek dibagi ke 28 aktivitas-aktivitas yang diuraikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Maju dan Mundur

Simbol	Durasi (hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float	Free Float
		ES	EF	LS	LF	LF – D – ES	EF – D – ES
		(hari)	(hari)	(hari)	(hari)	(hari)	(hari)
A	2	0	2	0	2	0	0
B	7	2	9	2	9	0	0
C	1	9	10	9	10	0	0
D	5	10	15	10	15	0	0
E	3	0	3	3	6	3	0
F	1	0	1	5	6	5	0
G	1	3	4	6	7	3	0
H	2	4	6	7	9	3	0
I	1	6	7	9	10	3	0
J	1	7	8	10	11	3	0
K	5	8	13	11	16	3	0
L	1	15	16	15	16	0	0
M	1	16	17	16	17	0	0
N	2	17	19	17	19	0	0
O	14	19	33	19	33	0	0
P	3	33	36	33	36	0	0
Q	14	36	50	36	50	0	0
R	2	50	52	50	52	0	0
S	4	6	10	51	55	45	0
T	1	52	53	52	53	0	0
U	1	53	54	53	54	0	0
V	1	54	55	54	55	0	0
W	1	15	16	54	55	39	0
X	1	4	5	54	55	50	0
Y	5	55	60	55	60	0	0
Z	2	55	57	58	60	3	0
AB	1	60	61	60	61	0	0

Kegiatan paling lama ada pada aktivitas O dan aktivitas Q dimana durasi selama 14 hari. Aktivitas yang memiliki nilai total *float* dan *free float* yang bernilai 0 adalah A,B,C,D,L, M, N, O, P, Q, R, T, U, V, Y dan AB.

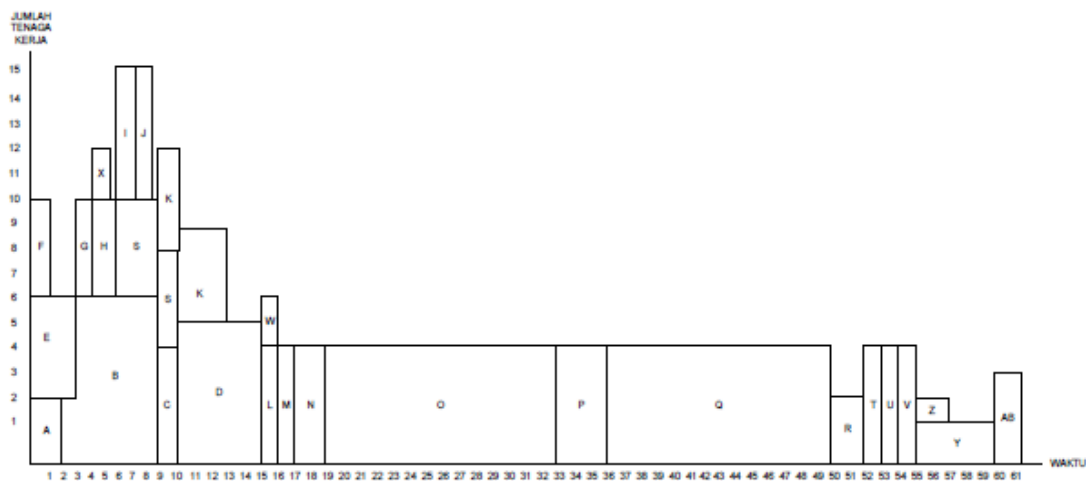
4.2 Network Diagram Proyek



Gambar 3. Network Diagram Proyek

Dari *network diagram* didapatkan jalur kritis adalah A – B – C – D – L – M – N – O – P – Q – R – T – U – V – Y – AB. Dengan kurun waktu penyelesaian proyek adalah 61 hari.

4.3 Diagram Alokasi Sumber Daya



Gambar 4. Diagram Alokasi Sumber Daya Proyek

Penggunaan sumber daya terbesar ada pada hari ke-6 dan ke-7 dimana membutuhkan 15 orang. Dari hari ke-16 hingga ke-61 proyek hanya mmbutuhkan maksimum 4 orang pekerja. Hari ke-58 dan ke-59 adalah titik terendah dimana proyek hanya membutuhkan 1 pekerja.

4.4 Perhitungan Waktu yang Diharapkan (T_e) dan Variansi (σ^2)

Tahap selanjutnya adalah menghitung Te dan σ^2 . Tahapan ini masuk dalam tahapan PERT untuk menghitung waktu yang diharapkan berdasarkan data waktu optimistik dan pesimistik.

Tabel 3. Perhitungan Te dan σ^2

Simbol	Optimasi a (hari)	Waktu Paling Mungkin m (hari)	Pesimis b (hari)	Waktu yang Diharapkan $te = (a + 4m + b)/6$ (hari)	Variansi $ve = [(b - a)/6]^2$ (hari)
A	1	2	3	2	0,111
B	6	7	8	7	0,111
C	1	1	2	1,167	0,028
D	4	5	6	5	0,111
E	2	3	4	3	0,111
F	1	1	2	1,167	0,028
G	1	1	2	1,167	0,028
H	1	2	3	2	0,111
I	1	1	3	1,333	0,111
J	1	1	2	1,167	0,028
K	4	5	7	5,167	0,25
L	1	1	2	1,167	0,028
M	1	1	2	1,167	0,028
N	1	2	3	2	0,111
O	13	14	15	14	0,111
P	2	3	4	3	0,111
Q	13	14	15	14	0,111
R	1	2	3	2	0,111
S	3	4	5	4	0,111
T	1	1	2	1,167	0,028
U	1	1	2	1,167	0,028
V	1	1	2	1,167	0,028
W	1	1	2	1,167	0,028
X	1	1	2	1,167	0,028
Y	4	5	6	5	0,111
Z	1	2	3	2	0,111
AB	1	1	2	1,167	0,028

Dilihat pada tabel diatas, nilai Te berkisar 0-1 hari terhadap m (waktu yang mungkin). Simpangan terbesar Te dibanding m adalah sebesar 0.167 hari. Sedangkan nilai variansi berkisar antara 0.028 hingga 0.25. Variansi terbesar ada pada aktivitas K yaitu sebesar 0.25. Karena itu perbedaan dan variansi tiap-tiap aktivitas masih rendah dibanding waktu yang diharapkan.

Jumlah nilai Te adalah 62.167 hari. Nilai ini hanya berbeda 1.167 hari dibandingkan jumlah waktu yang diharapkan.

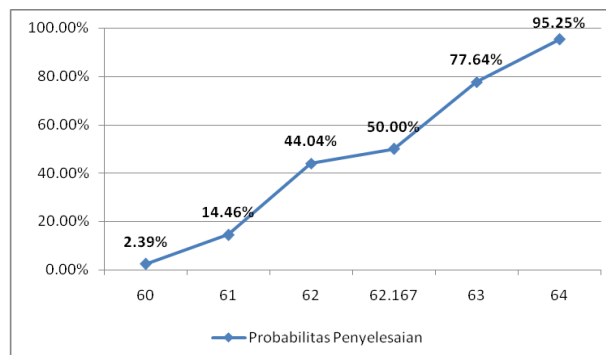
4.5 Perhitungan Probabilitas Penyelesaian Proyek

Tahap selanjutnya adalah perhitungan probabilitas penyelesaian proyek.

Tabel 4. Perhitungan Probabilitas Penyelesaian Proyek

Tx (hari)	Z	Probabilitas (%)
60	- 1.982	2.39 %
61	- 1.067	14.46 %
62	- 0.152	44.04 %
62.167	0.000	50.00 %
63	0.762	77.64 %
64	1.677	95.25 %
65	2.592	99.52 %

Dari tabel 4 terlihat bahwa waktu realistis 62.167 hari dapat diselesaikan dengan probabilitas 50 %. Proyek dapat dipercepat menjadi 62 hari dengan probabilitas 44.04 %. Bahkan dapat dipercepat kembali menjadi 61 hari dengan probabilitas 14.46 %.



Gambar 5. Kurva Probabilitas Penyelesaian Proyek

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dapat diambil dari hasil dan pembahasan Bab 4 antara lain :

- Waktu penyelesaian dari perhitungan CPM adalah sebesar 61 hari.
- Jalur kritis pada proyek tersebut adalah aktivitas :
A – B – C – D – L – M – N – O – P – Q – R – T – U – V – Y – AB.
- Waktu penyelesaian dari perhitungan PERT adalah sebesar 62.167 hari.
- Proyek dapat dipercepat hingga 61 hari dengan probabilitas 14.46 %

DAFTAR PUSTAKA

- Deni Permana, dan Muhammad Kholil. 2016. Penjadwalan Waktu Proyek Contruction Civil Foundation Alfamart dengan Menggunakan Critical Path Method (CPM). Spektrum Industri, 14 (1): 1-108
- Ezekiel R. M. Iwawo, Jermias Tjakra, dan Pingkan A. K. Pratisis. 2016. Penerapan Metode CPM pada Proyek

Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezer Manado). *Jurnal Sipil Statistik*, 4 (9): 551-558

Ikhtisoliyah, S.Si, M.Si. 2017. Analisis Penerapan Manajemen Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Teknik Listrik Industri Politeknik Negeri Madura (POLTERA)

Safi'i, I., & Santoso, H. B. (2017). Analisis Optimasi Pelaksanaan Proyek

Revitalisasi Integrasi Jaringan Universitas Kadiri Menggunakan Metode PERT dan CPM. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 3(2), 12-18

Taha, Hamdy. 1997. Riset Operasi. Edisi Kelima. Jilid 2. Binarupa Aksara. Jakarta