

Implementasi Metode CPM dan PERT Pada Proyek Perangkat Lunak Sistem Administrasi Manajemen Pengujian Akhir Semester Kasus ID Core Indonesia

R. Imam Babus Salam^{*1}, Ilyas Nuryasin², Wildan Suharso³

^{1,2,3}Teknik Informatika/Universitas Muhammadiyah Malang

radenimam@webmail.umm.ac.id^{*1}, ilyas@umm.ac.id², wildan@umm.ac.id³

Abstrak

Perencanaan kegiatan dalam suatu proyek merupakan bagian yang sangat penting karena perencanaan tersebut merupakan hal yang mendasar agar proyek bisa berjalan dengan lancar dan proyek tersebut dapat dikerjakan sesuai waktu yang telah ditentukan. Keberhasilan maupun kegagalan perencanaan suatu proyek dapat terjadi karena kurang terencana dan pengendalian yang kurang efektif. Akibatnya proyek tersebut tidak efisien. Selain itu dapat mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Pada langkah perencanaan jadwal proyek, Project manager akan menetapkan urutan kegiatan pekerjaan yang dikerjakan selama proyek berlangsung, urutan pekerjaan dan durasi pengerjaan kegiatan pada proyek tersebut disesuaikan dengan jenis proyek perangkat lunak yang dikerjakan, sehingga urutan kegiatan pekerjaan dan durasi pengerjaan dapat disesuaikan dengan kebutuhan klien. Dalam sebuah perusahaan sangat diperlukan adanya manajemen yang baik sehingga dapat menciptakan pekerjaan yang terstruktur. PERT (Program Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method) adalah mekanisme yang digunakan untuk mengatur dan mengurutkan kegiatan diperusahaan yang kompleks dan saling bergantung satu sama lain. Metode ini memiliki kelebihan untuk menganalisis proyek dari segi memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mencari jalur kritis, mengidentifikasi awal dan akhir waktu setiap kegiatan untuk mencari jadwal proyek, dan menghitung jumlah waktu slack untuk setiap kegiatan sehingga mampu meminimalisasi keterlambatan proyek. ID Core Indonesia adalah perusahaan yang didirikan pada tanggal 20 Oktober 2018. Startup digital baru di kota Malang yang berfokus pada layanan pengembangan perangkat lunak (project base). ID Core Indonesia berfokus pada pengembangan system informasi berbasis teknologi website dan mobile apps. Berdasarkan implementasi metode CPM dan PERT pada proyek perangkat lunak sistem administrasi manajemen pengujian akhir semester kasus ID Core Indonesia menunjukkan hasil penyelesaian proyek dalam jangka waktu 40 hari dengan probabilitas sebesar 82%.

Kata Kunci: Perencanaan, penjadwalan, CPM, PERT

Abstract

Planning activities in a project is a very important part because the planning is fundamental so that the project can run smoothly and the project can be carried out according to the specified time. The success or failure of planning a project can occur due to lack of planning and less effective control. As a result, the project is not efficient. In addition, it can cause delays, decrease the quality of work and increase implementation costs. In the project schedule planning step, the Project manager will determine the sequence of work activities carried out during the project, the work sequence and duration of the activities on the project are adjusted to the type of software project being carried out, so that the sequence of work activities and duration of work can be adjusted to the client's needs. In a company, good management is needed so that it can create structured work. PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method) are mechanisms used to organize and sequence activities in companies that are complex and interdependent. This method has the advantage of analyzing projects in terms of estimating the project completion time by finding the critical path, identifying the start and end time of each activity to find the project schedule, and calculating the amount of slack time for each activity so as to minimize project delays. ID Core Indonesia is a company that was founded on October 20, 2018. A new digital startup in Malang city that focuses on software development services (project base). ID Core Indonesia focuses on developing information systems based on website technology and mobile apps. Based on the implementation of the CPM and PERT

methods on the management system administration software project, the end-of-semester test of the ID Core Indonesia case shows the project completion within a period of 40 days with a probability of 82%.

Keywords: *Planning, scheduling, CPM, PERT*

1. Pendahuluan

Perencanaan kegiatan dalam suatu proyek merupakan bagian yang sangat penting karena perencanaan tersebut merupakan hal yang mendasar agar proyek bisa berjalan dengan lancar dan proyek tersebut dapat dikerjakan sesuai waktu yang telah ditentukan [1]. Keberhasilan maupun kegagalan perencanaan suatu proyek dapat terjadi karena kurang terencana dan pengendalian yang kurang efektif, Akibatnya proyek tersebut tidak efisien. Selain itu dapat mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan [2]. Efek samping dari keterlambatan penyelesaian proyek adalah hal yang tidak diinginkan oleh semua pihak karena dapat merugikan, sehingga penggunaan waktu dan biaya harus seefektif dan seefisien mungkin agar proyek dapat terselesaikan [3].

Pada langkah perencanaan jadwal proyek, *Project Manager* akan menetapkan urutan kegiatan pekerjaan yang dikerjakan selama proyek berlangsung, urutan pekerjaan dan durasi pengerjaan kegiatan pada proyek tersebut disesuaikan dengan jenis proyek perangkat lunak yang dikerjakan, sehingga urutan kegiatan pekerjaan dan durasi pengerjaan dapat disesuaikan dengan kebutuhan klien [4]. Dalam sebuah perusahaan sangat diperlukan adanya manajemen yang baik sehingga dapat menciptakan pekerjaan yang terstruktur. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method*) adalah mekanisme yang digunakan untuk mengatur dan mengurutkan kegiatan diperusahaan yang kompleks dan saling bergantung satu sama lain [5].

Metode ini memiliki kelebihan untuk menganalisis proyek dari segi memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mencari jalur kritis, mengidentifikasi awal dan akhir waktu setiap kegiatan untuk mencari jadwal proyek, dan menghitung jumlah waktu slack untuk setiap kegiatan sehingga mampu meminimalisasi keterlambatan proyek [6]. 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 [7].

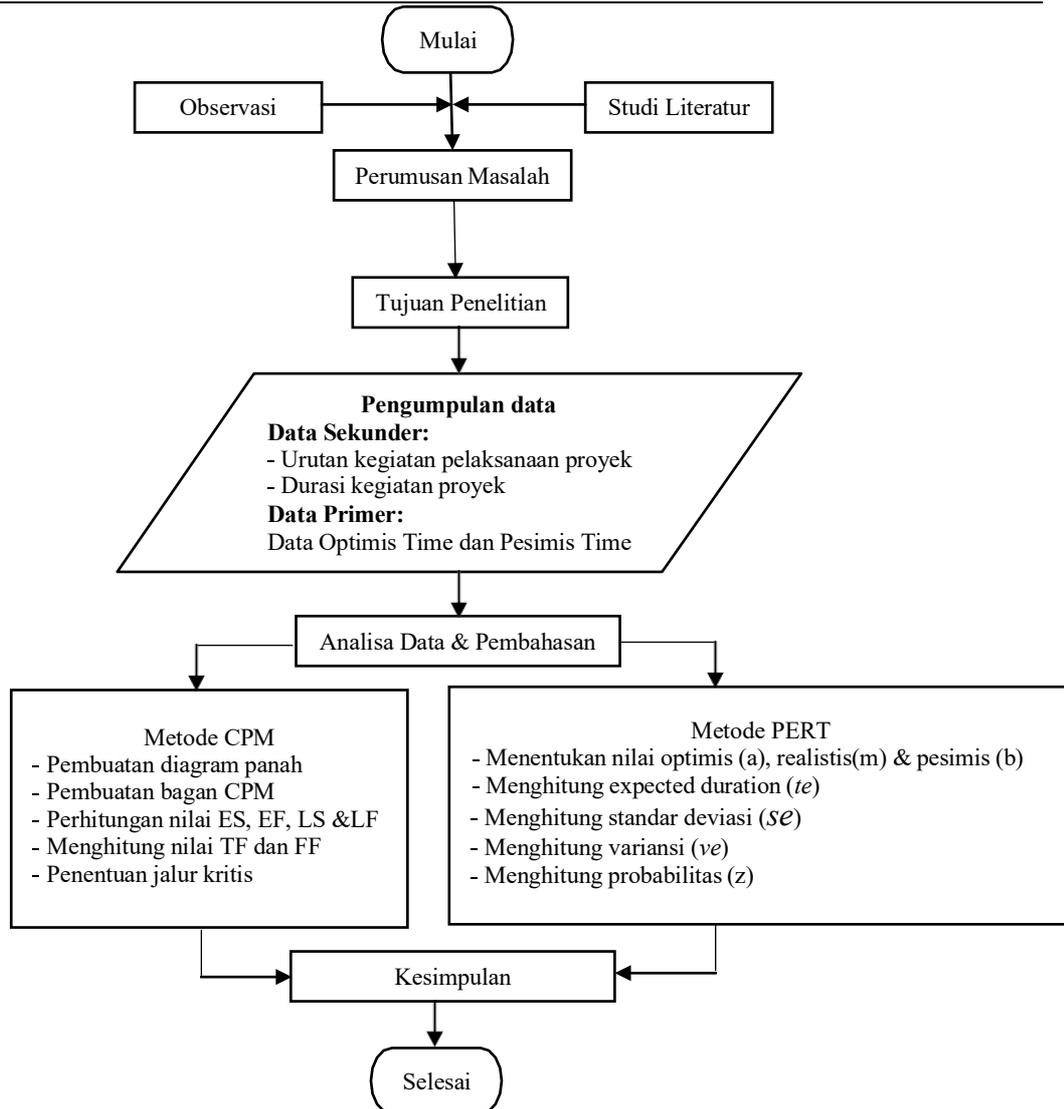
Efektifitas dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek dipengaruhi oleh faktor *Planning and scheduling*. Hal ini berarti keduanya merupakan suatu langkah awal yang sangat penting dalam merencanakan keperluan tenaga kerja, material, peralatan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Keperluan tenaga kerja sering kali tidak mudah diperoleh, mahal dan menimbulkan banyak persoalan [8]. Pada penelitian ini penulis akan melakukan perbandingan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dengan *Critical Path Method* (CPM) dan memfokuskan pada studi kasus proyek perangkat lunak sistem administrasi manajemen pengujian akhir semester di perusahaan ID Core Indonesia.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan perbandingan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dengan *Critical Path Method* (CPM) dan memfokuskan pada studi kasus proyek perangkat lunak sistem administrasi manajemen pengujian akhir semester di perusahaan ID Core Indonesia. tujuan membandingkan kedua metode tersebut untuk mengetahui waktu optimal penyelesaian proyek perangkat lunak, sehingga menghasilkan *time schedule* dengan durasi pengerjaan yang tepat dan memiliki probabilitas keberhasilan yang tinggi.

2. Metode Penelitian

2.1 Pemecahan Masalah

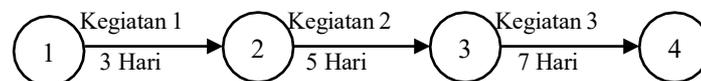
Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan observasi di lapangan dan studi literatur. Setelah mengetahui permasalahan, diambil data durasi dan rincian aktivitas yang dapat dipecah dalam total kegiatan proyek. Setelah itu masuk ke perhitungan CPM dan PERT, dan diakhiri analisa hasil perhitungan.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

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 2.



Gambar 2. 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. Pengidentifikasi jalur tersebut dapat diketahui dengan perhitungan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Perhitungan jalur kritis

ES	A (Nama kegiatan)	EF
LS	Time	LF

Rumus:

1. Mencari nilai atas; (ES+Time = EF)
2. Mencari nilai bawah: (LF-Time = LS)

Dimana:

- 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 kritis ditandai dengan nilai *Slack* = 0. Yang berarti aktivitas tersebut tidak memiliki waktu bebas. Aktivitas kritis tersebut harus segera dilaksanakan setelah aktivitas sebelumnya selesai dilakukan. Sehingga aktivitas kritis dapat menyelesaikan waktunya tanpa harus mengganggu atau memperlambat waktu total proyek. Perhitungan lima (5) parameter di atas dilakukan pada tabel CPM. Karena perhitungan tersebut berkorelasi satu dengan yang lain.

2.4 Perhitungan 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.

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

Dimana:

- te= Perkiraan waktu aktivitas
- a = waktu optimistik
- m= waktu paling mungkin
- b = waktu pesimistik

2.5 Perhitungan standart deviasi kegiatan (S), Variansi kegiatan dan Probabilitas Penyelesaian Proyek

A. Standart deviasi kegiatan (S)

Estimasi kurun waktu kegiatan pada metode PERT memakai rentang waktu dengan menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan pada proses estimasi waktu kegiatan proyek, besarnya ketidakpastian tersebut tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk nilai a dan b. parameter yang mendeskripsikan masalah ini diketahui sebagai standart deviasi dan varians. Metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi ketidakpastian yang selalu terjadi pada kenyataannya dan mengakomodasikannya dalam bentuk perhitungan. Standart deviasi kegiatan digunakan untuk mengetahui rentang waktu keseluruhan proyek. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar sebesar 1/6 dari rentang distribusi (b-a) atau dirumuskan seperti pada Persamaan 2.

$$S = \frac{(b - a)}{6} \quad (2)$$

Dimana:

S= standart deviasi

a = waktu optimistik

b = waktu pesimistik

6 = hari kerja dalam seminggu

B. Varians kegiatan

Varians, yaitu hasil kuadrat standart deviasi. Digunakan untuk mengetahui rentang waktu selesainya proyek. Dirumuskan pada Persamaan 3.

$$V(te) = S^2 \quad (3)$$

Dimana:

V= varians

te= waktu yang diharapkan

S= standart deviasi

C. Perhitungan probabilitas

Pada penyelenggaraan proyek sering dijumpai sejumlah tonggak kemajuan (milestone) dengan masing-masing target atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan. Pimpinan proyek atau pemilik seringkali menginginkan suatu analisis untuk mengetahui kemungkinan atau kepastian mencapai target jadwal tersebut. Hubungan antara waktu yang diharapkan (te) dengan target T(d) pada metode PERT dinyatakan dengan z dan dirumuskan seperti pada Persamaan 4.

$$z = \frac{T(d) - te}{S} \quad (4)$$

Dimana:

Z= probabilitas

Td= target hari yang diharapkan perusahaan

te= waktu yang diharapkan

S= standart deviasi

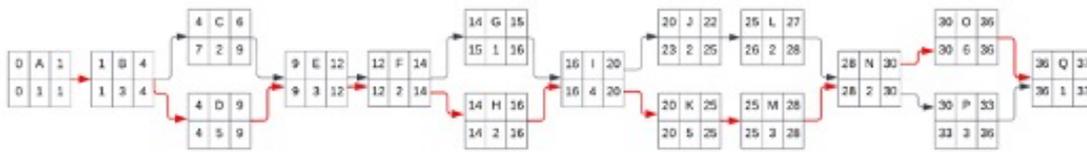
Angka z merupakan angka probabilitas yang persentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif z.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada bab ini akan menjelaskan implementasi dari tahapan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya

3.1 Network diagram proyek

Pada Gambar 3 menjelaskan tentang pembuatan diagram panah berdasarkan urutan kegiatan. Kegiatan tersebut saling berhubungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya. kemudian melakukan perhitungan nilai ES, EF, LS dan LF, selanjutnya menentukan jalur kritis dengan melihat hasil perhitungan yang sama yaitu nilai ES = LS dan nilai EF = LF. Jalur kritis adalah jalur yang tidak memiliki waktu longgar dalam pengerjaan proyek atau dengan kata lain harus tepat waktu agar kegiatan lain tidak terganggu, jalur kritis pada proyek tersebut adalah A+B+D+E+F+H+I+K+M+N+O+Q. Setelah jalur kritis pada proyek tersebut diketahui maka selanjutnya dilakukan perhitungan data kegiatan proyek, dimana perhitungan tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai total float dan free float.



Gambar 3. jalur kritis

3.2 Perhitungan data kegiatan proyek

Kegiatan proyek dibagi menjadi 17 aktivitas yang diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Maju Mundur

Kode	Durasi (hari)	Perhitungan maju		Perhitungan mundur		Total Float	Free Float
		ES (Hari)	EF (Hari)	LS (Hari)	LF (Hari)		
A	1	0	1	0	1	0	0
B	3	1	4	1	4	0	0
C	2	4	6	7	9	3	0
D	5	4	9	4	9	0	0
E	3	9	12	9	12	0	0
F	2	12	14	12	14	0	0
G	1	14	15	15	16	1	0
H	2	14	16	14	16	0	0
I	4	16	20	16	20	0	0
J	2	20	22	23	25	3	0
K	5	29	25	29	25	0	0
L	2	25	27	26	28	1	0
M	3	25	28	25	28	0	0
N	2	28	39	28	30	0	0
O	6	30	36	30	36	0	0
P	3	30	33	33	36	3	0
Q	1	36	37	36	37	0	0

Berdasarkan Tabel 2 perhitungan maju mundur telah ditemukan jalur kritis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jalur kritis} &= A+B+D+E+F+H+I+K+M+N+O+Q \\
 &= 1+3+5+3+2+2+4+5+3+2+6+1 \\
 &= 37 \text{ hari.}
 \end{aligned}$$

Kegiatan paling lama ada pada aktivitas O dimana durasi selama 6 hari. Aktivitas yang memiliki nilai total float dan free float yang bernilai 0 adalah A-B-D-E-F-H-I-K-M-N-O dan Q dengan waktu kritis 37 hari. Setelah melakukan perhitungan data kegiatan proyek maka selanjutnya melakukan perhitungan yang diharapkan, perhitungan tersebut dilakukan untuk mengetahui berapa lama proyek dikerjakan.

3.3 Menghitung waktu yang diharapkan dan Variansi

A. Menghitung waktu yang diharapkan (t_e)

Menghitung waktu yang diharapkan (t_e) dari ketiga durasi aktivitas rata-rata dari ketiga aktivitas dan nantinya digunakan dalam Menyusun jaringan kerja.

Tabel 3. Perhitungan rata-rata (t_e)

Kode	Optimasi a (hari)	Waktu paling mungkin m (hari)	Pesimis b (hari)	Waktu yang diharapkan $t_e=(a+4.m+b)/6$ (hari)
A	1	8	9	3,33333
B	3	6	7	1,33333

C	2	9	10	8
D	5	12	13	4,33333
E	3	6	7	3,33333
F	2	5	6	2,33333
G	1	4	5	3,66666
H	2	9	10	5,33333
I	4	7	8	2,33333
J	2	5	6	4,66666
K	5	8	9	3,33333
L	2	9	10	8
M	3	10	11	1,33333
N	2	9	10	4,33333
O	6	13	14	3,33333
P	3	10	11	9
Q	1	4	5	2,33333

Pada Tabel 3 dilakukan perhitungan waktu yang diharapkan sesuai dengan jalur kritis yang ditentukan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu yang diharapkan} &= A + B + D + E + F + H + I + K + M + N + O + Q \\
 &= 3,33333 + 1,33333 + 4,33333 + 3,33333 + 2,33333 + 5,33333 + \\
 &\quad 2,33333 + 3,33333 + 1,33333 + 4,33333 + 3,33333 + 2,33333 \\
 &= 36,99996 \sim 37
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas telah ditemukan waktu yang diharapkan adalah 37 hari, kemudian hasil tersebut akan digunakan untuk perhitungan probabilitas

B. Menghitung standart deviasi (se) dan varians (ve)

Setelah menghitung rata-rata waktu yang diharapkan(te), dilanjutkan pada Tabel 4 dengan perhitungan standart deviasi dan varians.

Tabel 4. Perhitungan standart deviasi dan varians

Kode	Optimasi a (hari)	Waktu paling mungkin m (hari)	Pesimis b (hari)	Kegiatan kritis	Standar deviasi (se)	Varians (ve)
A	1	8	9	Ya	1,33333	1,77778
B	3	6	7	Ya	0,66666	0,44445
C	2	9	10	-	1,33333	1,77778
D	5	12	13	Ya	1,33333	1,77778
E	3	6	7	Ya	0,66666	0,44445
F	2	5	6	Ya	0,66666	0,44445
G	1	4	5	-	0,66666	0,44445
H	2	9	10	Ya	1,33333	1,77778
I	4	7	8	Ya	0,66666	0,44445
J	2	5	6	-	0,66666	0,44445
K	5	8	9	Ya	0,66666	0,44445
L	2	9	10	-	1,33333	1,77778
M	3	10	11	Ya	1,33333	1,77778
N	2	9	10	Ya	1,33333	1,77778
O	6	13	14	Ya	1,33333	1,77778
P	3	10	11	-	1,33333	1,77778
Q	1	4	5	Ya	0,66666	0,44445

$$\begin{aligned}
 \text{Varians proyek} &= \sum (\text{varians kegiatan jalur kritis}) \\
 &= \text{Varians A} + \text{Varians B} + \text{Varians D} + \text{Varians E} + \text{Varians F} + \text{Varians H} + \\
 &\quad \text{Varians I} + \text{Varians K} + \text{Varians M} + \text{Varians N} + \text{Varians O} + \text{Varians Q}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Varians proyek} &= 1,77778 + 0,44445 + 1,77778 + 0,44445 + 0,44445 + 1,77778 + 0,44445 + \\ &= 0,44445 + 1,77778 + 1,77778 + 1,77778 + 0,44445 \\ &= 13,33338\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Standart deviasi proyek (S)} &= \sqrt{\text{variens proyek}} \\ &= \sqrt{13,33338}\end{aligned}$$

$$\text{Standart deviasi proyek (S)} = 3,65 \text{ hari.}$$

Kemudian perusahaan ingin mengetahui berapa besar peluang agar proyek selesai dikerjakan dalam waktu 40 hari, maka:

$$\begin{aligned}\text{Nilai deviasi normal (Z)} &= [\text{batas waktu} - \text{waktu penyelesaian yang diharapkan}] / S \\ &= (40 - 37) / 3,65 \\ &= 3 / 3,65 \\ &= 0,8219\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan Z & probabilitas untuk Z adalah 0,8219. Dengan demikian diperkirakan bahwa probabilitas pada proyek tersebut selesai dikerjakan dalam waktu 40 hari sebesar 82%.

3.4 Pembahasan

Pada proyek perangkat lunak SIMPAS SMA 3 Lamongan telah ditemukan jalur kritis yaitu kegiatan A+B+D+E+F+H+I+K+M+N+O+Q, dengan menghitung nilai ES, EF, LS dan LF maka diperoleh 37 hari untuk menyelesaikan proyek tersebut. Kemudian menghitung nilai varians dan ditemukan 3,65 hari, perusahaan ingin mengetahui peluang menyelesaikan proyek dalam waktu 40 hari, maka perhitungan probabilitas yang diperoleh sebesar 82%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah diuraikan pada rumusan masalah, pembahasan yang telah dijelaskan dan hasil penelitian tersebut, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan menggunakan metode CPM dan PERT yang didapatkan bahwa waktu optimal untuk menyelesaikan proyek perangkat lunak system administrasi manajemen pengujian akhir semester kasus ID Core Indonesia adalah 37 hari. Waktu tersebut lebih singkat 10 hari jika dibandingkan dengan waktu tempuh pengerjaan perusahaan sebesar 47 hari.
2. Dengan metode *Critical Path Method* (CPM) maka diperoleh jalur kritis yang dapat dioptimalkan yaitu A-B-D-E-F-H-I-K-M-N-O-Q, dengan total waktu kritis 37 hari. Peristiwa pada bagian kritis tidak memiliki waktu yang longgar dalam pengerjaan proyek atau dengan kata lain harus tepat waktu agar kegiatan lain tidak terganggu.
3. Perhitungan dengan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) diperoleh peluang untuk menyelesaikan proyek dalam jangka waktu 40 hari adalah 82%.

Referensi

- [1] Atica Angelin dan Silvi Ariyanti, "Analisis Penjadwalan Proyek *New Product Development* Menggunakan Metode PERT dan CPM," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol.6, No.1, 63-70 2018.
- [2] Amri Gunasti, Ach. Rofiqi dan Pujo Priyono, "Penerapan Metode Barchart, CPM, PERT dan Crashing Project dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember," *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, Vol.4, No.1 Juni 2019.
- [3] M. Imron Mas'ud dan Erik Wijayanti, "Analisis Evaluasi Biaya Dan Penjadwalan Waktu Proyek Pengolahan Limbah PT. KI Dengan Pendekatan PERT," *Jurnal J-Ensitem*, Vol.03, No.02 Mei 2017.
- [4] Gentisya Tri Mardiani, "Analisis Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek Perangkat Lunak Menggunakan Metode PERT," Vol.03, No.02 Desember 2018
- [5] Awaluddin, "Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jalan dengan Metode PERT dan CPM," Universitas Sumatera Utara, 2017.
- [6] Abdurrazyid, Luqman, Abdul Haris, Indrianto, "Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika* Vol.5, No.1 Juni 2019.

- [7] Yoga Eka Putra, Herry Kartika Gandhi, "Analisis Jalur Kritis Pada Proyek Relokasi Mesin Flexo Dengan Metode CPM dan PERT," *Jurnal InTent*, Vol.2, No.1 2019.
- [8] Sri Setiawati, Syahrizal dan Rezky Ariessa Dewi, "Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi /Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok)," Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, 2017.
- [9] Ilham Agkolita Kemayotin dkk, "Implementasi IT Project Management Pembuatan Sistem Informasi Senat Mahasiswa (Studi kasus: Fakultas Farmasi Universitas Pancasila)," Universitas Pancasila, 2018.
- [10] Walson W D Banjarnahor, Pristiwanto, "Analisis Pelaksanaan Proyek Perumahan Dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Project Evaluation and Review Technique) (Studi Kasus Proyek Perumahan Citra Turi)," STMIK Budi Darma, *Jurnal Pelita Informatika*, Vol. 17, No.1 2018.
- [11] Anggi Cipta Lestari, "Perancangan Manajemen Proyek Pembangunan Perangkat Lunak Sistem Informasi Pelabuhan Studi Kasus Di PT. Dycode Cominfotech Development", Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Komputer Indonesia, 2014.
- [12] Perangin-angin, Betharina Theresia. 2012. Studi Aplikasi CPM dengan Program Linier Untuk Optimasi Biaya Jaringan Kerja. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [13] Chatwal. 2014. *Application of Project Scheduling in a Bottling Unit Startup Using PERT and CPM Techniques. International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Science*. Vol 3, No.6.
- [14] Agyei, Wallace. 2015. *Project Planning and Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming: Case Study. International Journal of Scientific & Technology Research*. 4(8). 222-227.
- [15] Dannyati, E, (2010). Optimalisasi pelaksanaan proyek dengan metode PERT dan CPM. Fakultas ekonomi. Universitas diponegoro. Semarang.
- [16] Ridho, M. R., & Syahrizal. (2012). Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Metode Pert Dan Cpm (Studi kasus: Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan di Jl.Gaperta Medan, Sumatra Utara). departemen Teknik sipil, universitas sumatra utara, 30-33.
- [17] A. Göksu and S. Ćatović, "Implementation of Critical Path Method and Project Evaluation and Review Technique," 3rd Int. Symp. Sustain. Dev., pp. 205–212, 2012.
- [18] W. Agyei, "Project Planning and Scheduling Using PERT and CPM Techniques with Linear Programming: Case Study," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 4, no. 8, pp. 222–227, 2015.
- [19] S. Chatwal, "Application of Project Scheduling in a Bottling Unit Startup Using PERT and CPM Techniques," *Int. J. Adv. Res. Eng. Appl. Sci.*, vol. 3, no. 6, pp. 1–9, 2014.
- [20] D. Taurusyanti and M. F. Lesmana, "Optimalisasi Penjadwalan Proyek Jembatan Girder Guna Mencapai Efektivitas Penyelesaian dengan Metode PERT dan CPM Pada Pt Buana Masa Metalindo," *J. Ilm. Manaj. Fak. Ekon.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–36, 2015.

