

OPTIMALISASI MASALAH PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN
MENGUNAKAN METODE PERT CPM

Kholifa Arrumih

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : kholifaarrumih16030214020@mhs.unesa.ac.id

Yuliani Puji Astuti

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : yulianipuji@unesa.ac.id

Abstrak

Proyek merupakan suatu pekerjaan yang saling berkaitan dan dilakukan dalam selang waktu tertentu serta memiliki tujuan khusus. Perbedaan dengan pekerjaan lain yaitu terletak pada keberadaannya yang bersifat tidak rutin, sehingga kegiatannya membutuhkan perhatian lebih. Salah satu hal yang sangat mempengaruhi keberhasilan proyek adalah pada perencanaan jadwal. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi resiko kegagalan dalam proyek dengan perencanaan penjadwalan pembangunan TK Pembina Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat. Dalam penelitian ini menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) untuk mengetahui peluang penyelesaian proyek sebelum waktu terjadwal dan CPM (*Critical Path Method*) untuk mengetahui kegiatan-kegiatan kritis yang harus dilakukan sesuai jadwal tanpa adanya penundaan. Hasil dari CPM adalah kegiatan kritis yaitu B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM dengan durasi selama 160 hari dan peluang penyelesaian proyek dari analisis PERT yaitu sebesar 43.86%. Hasil penjadwalan proyek disajikan dalam Diagram Gantt.

Kata kunci:Optimalisasi, Penjadwalan, PERT, CPM, Diagram Gantt

Abstract

The project is a series of work that is carried out in a certain interval and has a specific purpose. The difference with the existing work the existence is not routine, so the activity needs more attention. One of the things that really determines the success of the project is the planning schedule. This research aims to reduce the risk of failure in the project by planning the scheduling of the development of TK Pembina Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat. In this study using the PERT method (*Project Evaluation and Review Technique*) to find out opportunities project will be done before schedule and CPM (*Critical Path Method*) to find out critical activities that must be carried out according to the schedule without delay. The results of the CPM are critical activities namely B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM with a duration of 160 days and the opportunity for project improvement from PERT analysis of 43.86%. Project scheduling results presented in the Gantt Diagram.

Keywords:Optimalisation, Sceduling, PERT, CPM, Gantt Chart

1. PENDAHULUAN

Proyek merupakan suatu pekerjaan yang saling berkaitan dan dilakukan dalam selang waktu tertentu serta memiliki tujuan khusus. Perbedaan dengan pekerjaan lain yaitu terletak pada keberadaannya yang bersifat tidak rutin, sehingga kegiatannya membutuhkan perhatian lebih. Proyek juga mengandung resiko lebih besar, manajemen proyek yang asal-asalan akan berakibat buruk karena kerugiannya bukan hanya materi namun juga tenaga dan waktu.

Kegagalan dalam manajemen proyek terjadi karena kesalahan identifikasi, baik identifikasi kebutuhan maupun potensi pada saat perencanaan. Salah satu hal yang sangat mempengaruhi keberhasilan proyek adalah pada perencanaan jadwal. Oleh karena itu diperlukan sistem penjadwalan yang baik agar mengurangi resiko kegagalan pada proyek. Ilmu matematika merupakan

salah satu bidang yang dapat digunakan dalam optimalisasi penjadwalan proyek.

Matematika dapat menjadi salah satu elemen pembangun dalam berkembangnya Ilmu pengetahuan. Baik dalam penerapannya juga dalam ilmu murni, matematika selalu berperan dalam perkembangannya. Salah satu bagian dari matematika terapan adalah Riset Operasi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimalisasi. Permasalahan optimalisasi dapat dijumpai di beberapa permasalahan kehidupan. Persamaan linier adalah suatu bentuk dari permasalahan optimalisasi yang telah banyak digunakan pada berbagai bidang seperti misalnya transportasi, industri, dan sebagainya. Riset operasi adalah sebuah metode yang pada prosesnya dimulai dengan mengamati masalah dan merumuskan masalahnya dengan membuat model ilmiah untuk mengabstraksikan inti dari persoalan yang sebenarnya (Muhammad, Abidin, & Dwijanto, 2013).

OPTIMALISASI MASALAH PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN MENGUNAKAN METODE PERT CPM

Dalam hal ini diperlukan sistem penjadwalan yang tepat untuk mengurangi resiko kegagalan dalam proyek seperti waktu dan materi. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perencanaan penjadwalan pembangunan TK Pembina Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat agar dapat mengurangi resiko kegagalan dalam proyek. Riset operasi dapat memecahkan masalah optimasi penjadwalan pada pekerjaan dengan selang waktu tertentu yang tidak bersifat rutin menggunakan metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method). Metode PERT-CPM dapat digunakan dalam berbagai macam permasalahan proyek (Hillier & Lieberman, 1967).

2. KAJIAN TEORI

A. Proyek

Proyek adalah suatu pekerjaan yang saling berkaitan dan dilakukan dalam selang waktu tertentu serta memiliki tujuan khusus. Umumnya, proyek mengaitkan beberapa kegiatan/aktivitas, dengan tujuan tertentu yaitu untuk menyelesaikan proyek tepat waktu dan penggunaan jumlah sumber daya yang tepat (Yusdiana & Satyawisudarini, 2018).

B. Penjadwalan

Jadwal adalah rencana atau dokumen nyata yang memberi informasi kapan suatu rencana pada kegiatan tertentu akan terjadi. Penjadwalan sering diartikan sebagai proses menghasilkan jadwal, dan juga mempertimbangkan detail dari proses tersebut. Dengan demikian, penjadwalan dapat diartikan dengan proses penentuan jangka waktu tertentu untuk menjalankan sekumpulan tugas dengan sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada. Struktur yang dimiliki dalam masalah penjadwalan seringkali berisi serangkaian tugas yang harus dilakukan oleh seperangkat sumber daya yang tersedia. Dalam proses penjadwalan, penting untuk menentukan jenis dan jumlah sumber daya pada setiap kegiatan sehingga dapat menentukan kapan tugas tersebut dapat diselesaikan secara efisien (Baker & Trietsch, 2009).

C. Network Diagram (Diagram Jaringan)

Diagram jaringan adalah sebuah diagram yang merepresentasikan hubungan antar aktivitas-aktivitas proyek. Penggunaan diagram jaringan bertujuan untuk mempermudah pengelolaan proyek. Seringkali digunakan untuk mengelola proyek yang dijadwalkan (Karabulut, 2017). Dapat juga digunakan dalam penjadwalan proses produksi, karena memiliki karakteristik sama dengan proyek, yaitu alur waktu dalam melakukan suatu kegiatan. Dengan kata lain, diagram jaringan mewakili semua kegiatan yang dilakukan dalam proses produksi (Elaiwi,

2018). Terdapat dua pendekatan untuk membuat diagram jaringan, yaitu (Aditya, 2013):

1. Diagram jaringan *Activity on Node* (AON), yaitu diagram jaringan dengan titik yang menunjukkan kegiatan, yang ditampilkan pada gambar 2.1.

Keterangan:

- Titik/node (O) pada diagram menggambarkan aktivitas proyek yang memiliki waktu.
 - Anak panah (\rightarrow) pada diagram menggambarkan hubungan antara aktivitas pendahulu dan penerus.
2. Diagram jaringan *Activity on Arrow* (AOA), yaitu diagram jaringan dengan panah yang menunjukkan kegiatan, yang ditampilkan pada gambar 2.2.

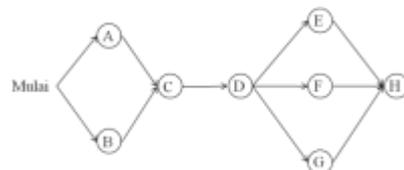
Keterangan:

- Anak panah (\rightarrow) pada diagram menggambarkan aktivitas yang memiliki waktu.
- Titik/node (O) pada diagram menggambarkan titik mulai dan akhir sebuah aktivitas.
- Anak panah terputus-putus pada diagram merupakan *dummy* yang menggambarkan tidak adanya aktivitas.

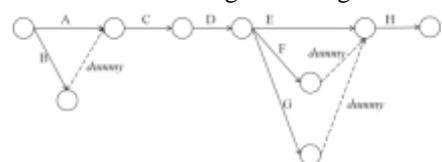
Gambar 2.1 dan gambar 2.2 merepresentasikan permasalahan pada tabel 2.1 dengan diagram jaringan AON dan AOA.

Tabel 2.1 Contoh Permasalahan Kegiatan

Kegiatan	Aktivitas	Kegiatan Pendahulu
A	Aktivitas A	-
B	Aktivitas B	-
C	Aktivitas C	A,B
D	Aktivitas D	C
E	Aktivitas E	D
F	Aktivitas F	D
G	Aktivitas G	D
H	Aktivitas H	E,F,G



Gambar 2.1. Diagram Jaringan AON



Gambar 2.2. Diagram Jaringan AOA

Tiga hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan urutan aktivitas adalah (Aditya, 2013):

1. *Predecessor* (pendahulu), yaitu aktivitas sebelum atau aktivitas yang harus diselesaikan terlebih dahulu untuk memulai aktivitas yang bersangkutan. Misalnya dari gambar 2.1, aktivitas C adalah pendahulu dari aktivitas D.
2. *Successor* (penerus), yaitu semua aktivitas sesudah atau aktivitas yang dapat dimulai setelah menyelesaikan aktivitas yang bersangkutan. Misalnya dari gambar 2.1, aktivitas E, F, dan G adalah penerus aktivitas D.
3. *Concurrent*, yaitu aktivitas-aktivitas yang dapat terjadi secara bersamaan dengan aktivitas yang bersangkutan. Misalnya dari gambar 2.1, aktivitas E dan F adalah *concurrent* dari aktivitas G.

D. Critical Path Method (Metode Jalur Kritis)

Critical Path Method (Metode Jalur Kritis) adalah sebuah metode yang dilakukan dengan memakai diagram jaringan untuk menemukan lintasan kritis. Metode ini dapat digunakan pada pekerjaan yang memiliki selang waktu tertentu tanpa kegiatan rutin. Beberapa kegiatan mungkin dapat diselesaikan lebih cepat daripada waktu yang terdapat pada jadwal dengan cara memilih kegiatan tercepat untuk sejumlah waktu tertentu. Dengan demikian, jika waktu proyek terselesaikan cukup lama, beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih cepat (Yusdiana & Satyawisudharini, 2018).

Jalur kritis adalah urutan aktivitas yang menyebabkan durasi keseluruhan terlama. Durasi pada jalur kritis dapat disebut dengan waktu yang paling singkat untuk menyelesaikan proyek. Setiap keterlambatan suatu kegiatan di jalur kritis berdampak langsung pada tanggal penyelesaian proyek yang direncanakan. Maka dari itu tidak ada *slack* (jumlah waktu tugas yang dapat ditunda) pada jalur kritis. Jalur tambahan lainnya dengan durasi totala lebih pendek dari jalur kritis disebut jalur *subcritical* (subkritis) atau *noncritical* (non-kritis) (Goksu & Catovic, 2012).

Hambatan aktivitas sangat mungkin dapat terjadi didalam suatu proyek, untuk itu terdapat waktu *slack* dalam setiap kegiatan. Waktu *slack* adalah waktu bebas yang ada pada suatu kegiatan untuk bisa diundur tanpa adanya penambahan waktu lebih pada terselesaikannya proyek secara keseluruhan (Ekanugraha, 2016).

Metode jalur kritis menggunakan proses dua jalur, terdiri atas *forward pass* (perhitungan maju) dan *backward pass* (perhitungan mundur). *ES* (*earliest start*) dan *EF* (*earliest finish*) selama *forward pass*. *LS* (*latest start*) dan *LF* (*latest finish*) ditentukan selama *backward*

pass. Definisi dari berapa istilah tersebut adalah (Agyei, 2015):

- *ES* (*earliest start*) adalah kemungkinan waktu paling awal untuk memulai sebuah aktivitas. Semua aktivitas pendahulu harus diselesaikan sebelum sebuah aktivitas dapat dimulai.
- *EF* (*earliest finish*) adalah kemungkinan waktu paling awal untuk dapat menyelesaikan sebuah aktivitas. $EF = ES + t$, dengan t adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas.
- *LS* (*latest start*) adalah waktu paling akhir untuk sebuah aktivitas dapat dimulai dan tidak ada penundaan untuk keseluruhan proyek. Jika $ES = LS$ maka aktivitas tersebut termasuk kedalam jalur kritis.
- *LF* (*latest finish*) adalah waktu paling akhir untuk dapat menyelesaikan sebuah aktivitas dan tidak ada penundaan untuk keseluruhan proyek. $LF = LS + t$, dengan t adalah waktu untuk menyelesaikan setiap aktivitas. Jika $EF = LF$ maka aktivitas tersebut termasuk kedalam jalur kritis.

E. Program Linier pada Critical Path Method (Metode Jalur Kritis)

Metode jalur kritis bertujuan untuk mencari jalur terpanjang antara node awal dan akhir pada sebuah jaringan proyek. Rumus program liniernya adalah dengan memaksimalkan fungsi obyektifnya.

x_{ij} = jumlah aliran pada busur (i, j) , untuk i dan j tertentu

D_{ij} = durasi aktivitas (i, j) , untuk i dan j tertentu

Karena itu, fungsi obyektif dari program linier menjadi

$$\text{maksimalkan } z = \sum_{\text{semua busur } (i,j)} D_{ij}x_{ij}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{jika aliran tidak berada pada jalur kritis} \\ 1, & \text{jika aliran berada pada jalur kritis} \end{cases}$$

(Taha, 2017).

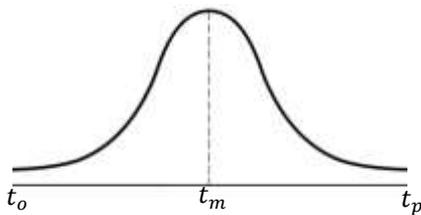
F. Project Evaluation and Review Technique (Teknik Evaluasi Proyek dan Tinjauan Kembali)

Program evaluation and review technique adalah metode untuk menjadwalkan proyek berdasarkan diagram jaringan yang memerlukan tiga dugaan waktu pada setiap kegiatannya. Dengan digunakannya tiga dugaan waktu ini, peluang proyek dapat terselesaikan pada tanggal yang ditetapkan dapat dihitung, bersama dengan waktu dimulai dan waktu selesai untuk melakukan kegiatan. Maksud dari ketiga dugaan waktu tersebut yang terdapat pada gambar 2.3, yaitu (Yusdiana & Satyawisudharini, 2018):

OPTIMALISASI MASALAH PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN MENGUNAKAN METODE PERT CPM

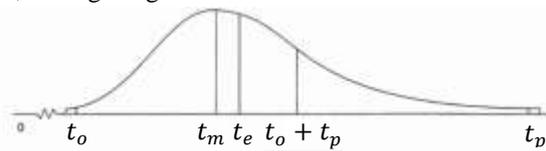
- Waktu optimis (t_o) yaitu waktu kegiatan jika semuanya berjalan baik tanpa hambatan ataupun penundaan.
- Waktu paling mungkin (t_m) yaitu waktu kegiatan yang akan terjadi jika suatu kegiatan dalam kondisi normal, dengan hambatan tertentu yang dapat diterima.
- Waktu pesimis (t_p) yaitu waktu kegiatan jika terjadi hambatan atau penundaan yang lebih dari sewajarnya.

Pada sebuah distribusi probabilitas dibutuhkan adanya *expected value* (nilai yang diharapkan) dan varians dari distribusi tersebut untuk tujuan tertentu. Demikian pula dengan distribusi probabilitas waktu penyelesaian kegiatan pada PERT, dibutuhkan *Expected value* yang merupakan waktu yang diharapkan dalam penyelesaian kegiatan.



Gambar 2.3 Kurva Normal Distribusi dengan Tiga Dugaan Waktu

Expected time dan varians dari PERT dapat terpenuhi oleh distribusi beta jika terdapat hubungan yang sifatnya dapat membatasi antara t_o, t_m, t_p . Sifat pada hubungan tersebut memiliki titik tengah atau *mid range* yang terdapat pada $\frac{1}{2}(t_o+t_p)$, sehingga *expected time* merupakan rata-rata tertimbang (*weighted average*) dari modulus dan nilai tengah. Oleh karena itu, *expected time* (t_e) akan terdapat di $\frac{1}{3}$ antara titik tengah dan modulus. Gambar 2.4 menunjukkan letak *expected time*, titik tengah, dan tiga dugaan waktu dalam distribusi beta.



Gambar 2.4 *Expected Time* dan Titik Tengah pada Distribusi Beta



Gambar 2.5 Tiga Kemungkinan Grafik Distribusi Beta

Kedudukan *expected time* pada distribusi Beta, sangat tergantung pada nilai t_o, t_m, t_p . Nilai-nilai itu menentukan bentuk pada distribusi Beta, jadi akan terdapat tiga macam kemungkinan bentuk distribusi Beta yang ditunjukkan gambar 2.5.

Expected time akan berada pada sebelah kiri t_m jika kurva melenceng ke kanan; sebaliknya, t_e akan berada pada sebelah kiri t_m jika kurva melenceng ke kiri; dan t_e akan berada tepat pada t_m jika kurva simetris. Secara teoritis, bentuk pdf (*probability density function*) distribusi Beta bergantung pada n atau jumlah sampel dan r atau jumlah sampel yang sukses.

- Jika $r/n = 1/2$ maka kurva simetris
- Jika $r/n < 1/2$ maka kurva melenceng ke kanan
- Jika $r/n > 1/2$ maka kurva melenceng ke kiri

Expected time dapat ditentukan sebagai berikut,

Jika titik tengah adalah $\frac{1}{2}(t_o+t_p)$,

maka jarak t_m ke titik tengah adalah $(\frac{1}{2}(t_o+t_p)) - t_m$.

Sehingga jarak t_m ke t_e adalah $\frac{1}{3}(\frac{t_o+t_p}{2} - t_m)$.

Oleh karena itu, nilai t_e adalah jarak t_m ke t_e ditambah dengan nilai t_m , yaitu:

$$\begin{aligned} t_e &= t_m + \frac{1}{3}\left(\frac{t_o + t_p}{2} - t_m\right) \\ &= t_m + \left(\frac{t_o + t_p}{6} - \frac{1}{3}t_m\right) \\ &= t_m + \left(\frac{t_o + t_p - 2t_m}{6}\right) \end{aligned}$$

Jadi rumus untuk *expected time* (waktu yang diharapkan) adalah,

$$t_e = \frac{t_o + t_p + 4t_m}{6}$$

(Siswanto, 2007).

Rumus standar deviasi pada PERT adalah

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}$$

maka rumus varians menjadi

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6}\right)^2$$

Nilai z pada tabel distribusi normal akan menunjukkan seberapa besar peluang suatu proyek akan terselesaikan (Caesaron & Thio, 2015). Dengan diberikan random variabel e_j yang menggambarkan waktu paling awal untuk menyelesaikan proyek, dapat diperkirakan peluang bahwa j akan terjadi sebelum waktu yang dijadwalkan, S_j . Asumsikan bahwa semua aktivitas dalam jaringan *statistically independent*, pertama hitung mean $E(e_j)$, dan varians $var(e_j)$.

Jika hanya ada satu jalur dari titik awal ke node j , maka mean adalah jumlah durasi yang diharapkan D , untuk semua aktivitas disepanjang jalur ini dan varians adalah jumlah dari varians dari aktivitas yang sama.

Jika terdapat lebih dari satu jalur mengarah ke node j , maka jumlah durasi yang diharapkan D ditentukan dengan mencari jalur kritis menggunakan Metode Jalur Kritis. Asumsi yang disederhanakan dengan pemilihan jalur ke node yang memiliki mean terpanjang. Jika dua atau lebih

jalur memiliki mean yang sama, jalur dengan varians terbesar dipilih.

Dengan rumus normal distribusi standar,

$$K_j = \frac{e_j - E(e_j)}{\sqrt{\text{var}(e_j)}}$$

Maka peluang bahwa durasi e_j selesai sebelum waktu yang terdapat di jadwal S_j adalah,

$$P(e_j \leq S_j) = P(e_j \leq K_j)$$

(Taha, 2017).

G. Gantt Chart (Grafik Gantt)

Grafik Gantt (*Gantt Chart*) diciptakan oleh H. L Gantt yang merupakan representasi analog dari jadwal. Grafik gantt menampilkan penyediaan sumber daya dari waktu ke waktu. Sumber daya tertentu disajikan di sepanjang sumbu vertikal yang terletak di sebelah kiri dan skala waktu disajikan di sepanjang sumbu horizontal pada bagan. Dengan mengasumsikan bahwa waktu proses produksi diketahui dengan pasti (Baker & Trietsch, 2009). Keuntungan menggunakan grafik gantt adalah grafiknya yang sederhana dan mudah dibuat maupun dipahami.

Aplikasi GanttProject 2.8.11 merupakan aplikasi yang dapat digunakan untuk membuat grafik gantt. Penggunaan aplikasi ini sangat mudah. Misalnya untuk menambahkan sebuah kegiatan baru, klik 'new task' (icon bergambar jam) lalu masukkan propertinya seperti durasi kegiatan, kegiatan pendahulu, waktu untuk memulai kegiatan, dan sebagainya.

3. METODE (untuk penelitian terapan)

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan disini adalah penelitian kuantitatif, dengan metode penelitian studi literatur. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Unit Sarana Belajar TK Pembina Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat, dengan data sekunder yang didapatkan dari skripsi yang berjudul *Penjadwalan Ulang Proyek Konstruksi dengan Preseden Diagram Method (PDM)* untuk memodelkan secara matematis masalah penjadwalan proyek (Mulyadi, 2016). Studi kasus ini dilakukan dengan menerapkan teori matematika dari berbagai sumber, diantaranya buku-buku, jurnal, dan skripsi.

B. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian disusun dan disajikan dalam diagram alir penelitian pada gambar 3.1.

Secara rinci, diagram alir penelitian dapat dijelaskan pada langkah-langkah berikut ini:

1. Identifikasi Latar Belakang Masalah

Proyek merupakan suatu pekerjaan yang berkaitan dan dilakukan dalam selang waktu tertentu serta memiliki tujuan khusus. Salah satu hal yang dapat mempengaruhi keberhasilan proyek terdapat pada perencanaan jadwal. Oleh karena itu diperlukan sistem penjadwalan yang baik agar mengurangi resiko kegagalan pada proyek. Hal ini tentunya harus ditopang dengan perencanaan yang baik, karena di lapangan seringkali proses tersebut diremehkan.

2. Merumuskan Masalah dan Tujuan

Pada tahap ini dirumuskan masalah dan tujuan yang berkaitan dengan penelitian, yaitu penjadwalan proyek pembangunan TK. Sehingga dapat memberikan masukan tentang penjadwalan proyek pada pembangunan-pembangunan lain.

3. Studi Pustaka

Dalam upaya memecahkan masalah yang ada, diperlukan beberapa kajian pustaka. Dalam hal ini literatur yang mendukung berupa jurnal-jurnal tentang metode PERT-CPM, skripsi untuk mengumpulkan data, dan teori-teori yang mendukung penelitian.

4. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan adalah data kuantitatif, yaitu berupa angka-angka konkrit yang dapat digunakan dalam penghitungan. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari data di internet, berupa data sekunder. Data yang dibutuhkan merupakan rincian kegiatan proyek, yaitu urutan kegiatan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap kegiatan.

5. Penyusunan Diagram Jaringan

Diagram jaringan dibuat untuk menganalisis hubungan antar kegiatan agar mudah dalam mengelola penjadwalan proyek. Dengan diagram jaringan dapat diketahui kegiatan-kegiatan yang harus diselesaikan dahulu sebelum memulai kegiatan baru, ataupun kegiatan yang dapat diselesaikan dahulu tanpa menunggu kegiatan lainnya selesai.

6. Penghitungan Jalur Kritis

Penghitungan jalur kritis dilakukan dengan menggunakan diagram jaringan, untuk mendapatkan nilai durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Jalur kritis antara node awal dan node akhir dapat dicari dengan memaksimalkan z.

7. Analisis PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

Bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peluang untuk menyelesaikan proyek sebelum waktu yang terjadwal.

8. Penyusunan Diagram Gantt

Pembuatan diagram gantt bertujuan untuk menunjukkan hasil penjadwalan yang didapatkan dari metode PERT-CPM.

**OPTIMALISASI MASALAH PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN
MENGUNAKAN METODE PERT CPM**

9. Kesimpulan

Setelah ditemukan solusi maka langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan mengenai optimasi penjadwalan proyek menggunakan metode PERT CPM. Kesimpulan ini untuk memperjelas hasil yang ditunjukkan dari grafik gantt.

4. PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Masalah penjadwalan proyek dilakukan pada pembangunan TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat yang dimulai pada 23 Juni 2015, ditunjukkan pada tabel 4.1 (Mulyadi, 2016). Pada literatur sebelumnya, penjadwalan proyek tersebut menggunakan metode Preseden Diagram Method (PDM) dengan hasil penjadwalan adalah waktu penyelesaian proyek selama 172 hari. Dalam hal ini diperlukan metode yang lebih efektif agar waktu penyelesaian proyek lebih cepat.

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk mengoptimalkan masalah penjadwalan proyek menggunakan metode PERT CPM (*Project Evaluation and Review Technique dan Critical Path Method*).

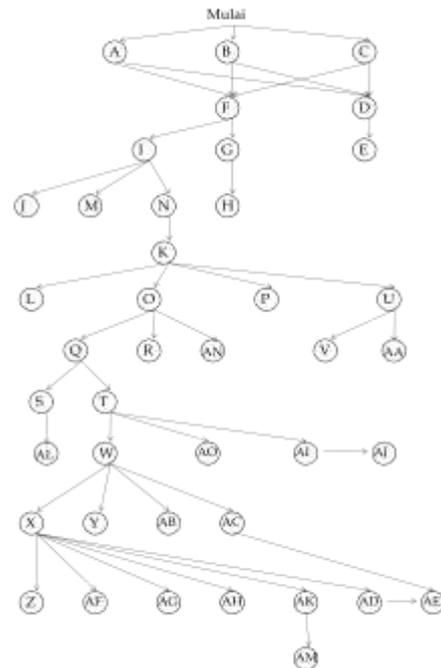
Tabel 4.1 Data Proyek Pembangunan TK

Keg.	Durasi (hari)	Keg. Terdahulu	Durasi Optimis	Durasi Pesimis
A	1	-	0.5	1.5
B	2	-	1	3
C	1	-	0.5	1.5
D	15	A,B,C	3	18
E	7	D	3	9
F	4	A,B,C	4	6
G	7	F	3	9
H	28	G	28	30
I	14	F	11	17
J	14	I	12	16
K	14	J	10	16
L	14	K	10	16
M	14	I	10	16
N	7	I	7	8
O	14	K	14	16
P	14	K	14	16
Q	14	O	14	16
R	21	O	9	23
S	14	Q	14	16
T	21	Q	7	22
U	14	K	7	16

V	2	U	2	3
W	14	T	14	16
X	14	W	8	16
Y	13	W	13	15
Z	7	X	7	9
AA	14	U	10	16
AB	7	W	7	9
AC	14	W	7	16
AD	7	X	7	9
AE	14	AC, AD	7	16
AF	7	X	7	9
AG	7	X	7	9
AH	14	X	7	16
AI	15	T	10	17
AJ	14	AI	10	16
AK	7	X	7	9
AL	14	S	14	16
AM	28	AK	21	30
AN	107	O	103	110
AO	49	T	42	52

1. Perumusan masalah menggunakan diagram jaringan

Dari data yang ditunjukkan pada tabel 4.1. digambarkan sebuah diagram jaringan agar dapat dengan mudah mengelola data untuk mengoptimalkan masalah penjadwalan proyek. Diagram jaringan didapatkan dari hubungan kegiatan pendahulu dan penerus dari masing-masing kegiatan. Diagram jaringan tersebut ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Jaringan Data Proyek Pembangunan TK

2. Penghitungan jalur kritis menggunakan *Critical Path Method* (Metode Jalur Kritis)

Metode jalur kritis digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Penghitungan jalur kritis didapat dari diagram jaringan pada gambar 4.1. Tabel 4.2 menunjukkan hasil penghitungan menggunakan metode jalur kritis.

Tabel 4. 2 Hasil Penghitungan Menggunakan Metode Jalur Kritis

Keg.	Dura-si (Hari)	Keg. Pendahuluan	Waktu Paling Awal		Waktu Paling Akhir	
			Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)
A	1	-	0	1	1	2
B	2	-	0	2	0	2
C	1	-	0	1	1	2
D	15	A,B,C	2	17	138	153
E	7	D	17	24	153	160
F	4	A,B,C	2	6	2	6
G	7	F	6	13	125	132
H	28	G	13	41	132	160
I	14	F	6	20	6	20
J	14	I	20	34	20	34
K	14	J	34	48	34	48
L	14	K	48	62	146	160
M	14	I	20	34	146	160
N	7	I	20	27	153	160
O	14	K	48	62	48	62
P	14	K	48	62	146	160
Q	14	O	62	76	62	76
R	21	O	62	83	139	160
S	14	Q	76	90	132	146
T	21	Q	76	97	76	97
U	14	K	48	55	139	146
V	2	U	55	57	158	160
W	14	T	97	111	97	111
X	14	W	111	125	111	125
Y	13	W	111	124	147	160
Z	7	X	125	132	153	160
AA	14	U	55	69	146	160
AB	7	W	111	118	153	160
AC	14	W	111	125	132	146
AD	7	X	125	132	139	146
AE	14	AC,AD	132	146	146	160
AF	7	X	125	132	153	160
AG	7	X	125	132	153	160
AH	14	X	125	139	146	160

AI	15	T	97	112	131	146
AJ	14	AI	112	126	146	160
AK	7	X	125	132	125	132
AL	14	S	90	104	146	160
AM	28	AK	132	160	132	160
AN	107	O	62	111	111	160
AO	49	T	97	146	111	160

Dari tabel 4.2 diketahui bahwa proyek dapat selesai dalam 160 hari. Tabel 4.3 menunjukkan waktu slack untuk setiap kegiatan, slack tersebut dapat digunakan untuk menentukan kegiatan-kegiatan yang termasuk kedalam jalur kritis. Dengan jalur kritis yaitu kegiatan B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM. Kegiatan yang termasuk kedalam jalur kritis berarti kegiatan tersebut tidak dapat ditunda, dan harus sesuai jadwal. Sedangkan kegiatan lain yang tidak termasuk kedalam jalur kritis dapat ditunda tanpa mempengaruhi durasi penyelesaian proyek dengan waktu tertentu sesuai penghitungan slack yang didapatkan. Kegiatan yang dapat tertunda dan waktu tunda maksimal terdapat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Hasil Penghitungan Slack

Keg.	Waktu Paling Awal		Waktu Paling Akhir		Total Slack
	Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)	
A	0	1	1	2	1
B	0	2	0	2	0
C	0	1	1	2	1
D	2	17	138	153	136
E	17	24	153	160	136
F	2	6	2	6	0
G	6	13	125	132	119
H	13	41	132	160	119
I	6	20	6	20	0
J	20	34	20	34	0
K	34	48	34	48	0
L	48	62	146	160	98
M	20	34	146	160	126
N	20	27	153	160	133
O	48	62	48	62	0
P	48	62	146	160	98
Q	62	76	62	76	0
R	62	83	139	160	77
S	76	90	132	146	56
T	76	97	76	97	0

**OPTIMALISASI MASALAH PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN
MENGUNAKAN METODE PERT CPM**

U	48	55	139	146	91
V	55	57	158	160	103
W	97	111	97	111	0
X	111	125	111	125	0
Y	111	124	147	160	36
Z	125	132	153	160	28
AA	55	69	146	160	91
AB	111	118	153	160	42
AC	111	125	132	146	21
AD	125	132	139	146	14
AE	132	146	146	160	14
AF	125	132	153	160	28
AG	125	132	153	160	28
AH	125	139	146	160	21
AI	97	112	131	146	34
AJ	112	126	146	160	34
AK	125	132	125	132	0
AL	90	104	146	160	56
AM	132	160	132	160	0
AN	62	111	111	160	49
AO	97	146	111	160	14

Tabel 4. 4 Waktu Tertunda Maksimal

Keg.	Durasi (Hari)	Kegiatan Pendahulu	Waktu Tunda Maksimal
A	1	-	1
C	1	-	1
D	15	A,B,C	136
E	7	D	136
G	7	F	119
H	28	G	119
L	14	K	98
M	14	I	126
N	7	I	133
P	14	K	98
R	21	O	77
S	14	Q	56
U	14	K	91
V	2	U	103
Y	13	W	36
Z	7	X	28
AA	14	U	91
AB	7	W	42

AC	14	W	21
AD	7	X	14
AE	14	AC,AD	14
AF	7	X	28
AG	7	X	28
AH	14	X	21
AI	15	T	34
AJ	14	AI	34
AL	14	S	56
AN	107	O	49
AO	49	T	14

3. Analisis PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

Analisis PERT digunakan untuk mengetahui seberapa besar peluang proyek dapat selesai sesuai dengan jadwal yang ditetapkan. Berdasarkan perencanaan awal, proyek pembangunan TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat akan diselesaikan dalam waktu 180 hari. Sementara itu, hasil penghitungan menggunakan metode jalur kritis didapatkan proyek akan selesai selama 160 hari.

Maka peluang proyek akan selesai dalam 180 hari dapat dihitung menggunakan *Project Evaluation and Review Technique*.

Tabel 4. 5 Nilai yang Diharapkan, Standar Deviasi, dan Varians

Keg.	Durasi Optimis	Durasi	Durasi Pesimis	D	Standar Deviasi	Var
A	0.5	1	1.5	1	0.17	0.03
B	1	2	3	2	0.33	0.11
C	0.5	1	1.5	1	0.17	0.03
D	3	15	18	13.5	2.5	6.25
E	3	7	9	6.67	1	1
F	4	4	6	4.33	0.33	0.11
G	3	7	9	6.67	1	1
H	28	28	30	28.33	0.33	0.11
I	11	14	17	14	1	1
J	12	14	16	14	0.67	0.44
K	10	14	16	13.67	1	1
L	10	14	16	13.67	1	1

M	10	14	16	13.67	1	1
N	7	7	8	7.17	0.17	0.03
O	14	14	16	14.33	0.33	0.11
P	14	14	16	14.33	0.33	0.11
Q	14	14	16	14.33	0.33	0.11
R	9	21	23	19.33	2.33	5.44
S	14	14	16	14.33	0.33	0.11
T	7	21	22	18.83	2.5	6.25
U	7	14	16	13.17	1.5	2.25
V	2	2	3	2.17	0.17	0.03
W	14	14	16	14.33	0.33	0.11
X	8	14	16	13.33	1.33	1.78
Y	13	13	15	13.33	0.33	0.11
Z	7	7	9	7.33	0.33	0.11
AA	10	14	16	13.67	1	1
AB	7	7	9	7.33	0.33	0.11
AC	7	14	16	13.17	1.5	2.25
AD	7	7	9	7.33	0.33	0.11
AE	7	14	16	13.17	1.5	2.25
AF	7	7	9	7.33	0.33	0.11
AG	7	7	9	7.33	0.33	0.11
AH	7	14	16	13.17	1.5	2.25
AI	10	15	17	14.5	1.17	1.36
AJ	10	14	16	13.67	1	1
AK	7	7	9	7.33	0.33	0.11
AL	14	14	16	14.33	0.33	0.11
AM	21	28	30	27.17	1.5	2.25
AN	103	107	110	106.83	1.17	1.36
AO	42	49	52	48.33	1.67	2.78

Dari tabel 4.5 dapat diketahui nilai yang diharapkan D, standar deviasi σ , dan varians σ^2 .

Maka varians $var(e_j) = 46.79$. Dengan $E(e_j) = 160$ hari yang merupakan hasil penghitungan durasi maksimal penyelesaian proyek menggunakan metode jalur kritis. Estimasi awal penyelesaian proyek $e_j = 180$ hari.

Peluang penyelesaian proyek kurang dari 180 hari dan lebih dari 161 hari adalah 43.86%. Semakin lama estimasi durasi yang diberikan, maka semakin besar peluang penyelesaian proyek tersebut, begitupun sebaliknya.

4. Penyusunan Diagram Gantt

Diagram Gantt bertujuan untuk merepresentasikan jadwal yang didapatkan dari penghitungan metode jalur kritis. Gambar 4.2 merupakan hasil Diagram Gantt yang disusun menggunakan Aplikasi GanttProject. Kegiatan-kegiatan pada proyek pembangunan TK disajikan pada sumbu vertikal dari A hingga AO, dan skala waktu penyelesaian proyek disajikan pada sumbu horizontal berupa persegi panjang. Jalur kritis ditunjukkan dengan persegi panjang yang terarsir. Pada gambar 2.4 menunjukkan penyelesaian proyek dilakukan selama 160 hari kerja, mulai tanggal 6/23/15 hingga 1/12/16 jalur kritis yaitu kegiatan B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM.



Gambar 4. 2 Hasil Diagram Gantt

B. Pembahasan

Pada proyek pembangunan TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat yang memiliki estimasi awal selama 180 hari, dapat dipercepat menggunakan Metode Jalur Kritis yaitu selama 160 hari. Metode jalur kritis sendiri pada penerapannya adalah dengan melakukan dahulu kegiatan yang tidak memiliki kegiatan pendahulu, serta mengutamakan kegiatan-kegiatan pada jalur kritis agar jadwal tidak tertunda.

Jalur kritis pada proyek tersebut adalah kegiatan B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM. Dengan peluang penyelesaian proyek kurang dari 180 hari dan lebih dari 161 hari yang dihitung menggunakan analisis PERT adalah sebesar 43.86%.

OPTIMALISASI MASALAH PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN MENGUNAKAN METODE PERT CPM

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini lebih efektif daripada penelitian sebelumnya, dengan hasil penyelesaian proyek selama 172 hari dan terdapat selisih selama 11 hari. Sehingga metode PERT CPM dapat digunakan untuk mengurangi waktu dan materi daripada metode PDM. Pada penelitian ini juga dapat diketahui jalur kritis pengerjaan proyek sehingga proyek dapat dikerjakan dengan memperhatikan kegiatan-kegiatan yang termasuk ke dalam jalur kritis agar tidak terdapat penundaan.

5. PENUTUP

Simpulan

Metode PERT CPM dapat digunakan untuk optimalisasi penjadwalan pada proyek pembangunan TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat melalui beberapa langkah, yaitu: menentukan jalur kritis pada penjadwalan proyek menggunakan metode Critical Path Method (Metode Jalur Kritis) dan mengetahui peluang terselesainya proyek sesuai jadwal yang ditentukan menggunakan analisis *Project Evaluation and Review Technique*.

Dari hasil perhitungan menggunakan metode PERT CPM didapatkan durasi total untuk penyelesaian proyek kurang dari estimasi awal pada penjadwalan proyek. Metode jalur kritis mendapatkan durasi selama 160 hari, sedangkan estimasi awal penjadwalan proyek adalah selama 180 hari. Menggunakan Aplikasi GanttProject diketahui penyelesaian proyek dilakukan selama 160 hari kerja, mulai tanggal 6/23/15 hingga 1/12/16. Dengan jalur kritis pada proyek tersebut adalah kegiatan B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM. Hal ini berarti kegiatan-kegiatan tersebut harus dilaksanakan sesuai jadwal tanpa adanya keterlambatan agar penjadwalan proyek dapat selesai tepat waktu. Hasil dari analisis PERT adalah peluang penyelesaian proyek kurang dari 180 hari dan lebih dari 161 hari sebesar 43.86%.

Saran

Dalam penelitian ini telah dibahas tentang optimalisasi penjadwalan proyek menggunakan metode PERT CPM. Proyek yang digunakan disini adalah proyek pembangunan TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat. Pada penelitian lebih lanjut, optimalisasi penjadwalan proyek dapat digunakan pada data yang memiliki skala lebih besar dengan kegiatan-kegiatan yang lebih panjang, serta memiliki bobot untuk setiap kegiatan misalnya menggunakan biaya. Selain itu, pada optimalisasi penjadwalan proyek juga dapat digunakan metode lain yang lebih efektif daripada metode PERT CPM.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, D. (2013). Analisis Jaringan CPM-PERT untuk Optimalisasi Pembangunan Wahana Permainan Bengkel Suroboyo Carnival. *Equilibrium*, 11(2), 106–123.
- Agyei, W. (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.
- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2009). *Principles of sequencing and scheduling*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Caesaron, D., & Thio, A. (2015). Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (JL. Pasar Nama No.20, Glodok). *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*, 8(2), 59–82.
- Ekanugraha, A. R. (2016). *Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT*.
- Elaiwi, A. H. (2018). Efficiency of Critical Path Method (CPM) and Pert Technique for Yacht Construction. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 9(11), 48–54.
- Goksu, A., & Catovic, S. (2012). Implementation Of Critical Path Method And Project Evaluation And Review Technique. *3rd International Symposium on Sustainable Development*, 3, 205–212.
- Karabulut, M. (2017). *Application of Monte Carlo simulation and PERT / CPM techniques in planning of construction projects: A Case Study*. 5(3), 409–420. <https://doi.org/10.21533/pen.v5i3.152>
- Muhammad, C. H., Abidin, Z., & Dwijanto. (2013). Optimalisasi Model Transshipment Di PT Primatexco Menggunakan Program Solver. *Unnes Journal of Mathematics*, 2(1), 0–5.
- Muliyadi. (2016). *Penjadwalan Ulang proyek Konstruksi dengan Preseden Diagram Method (PDM) (Studi Kasus Pembangunan Unit Sarana Belajar TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat)*. Universitas Teuku Umar Alue Peunyareng Meulaboh.
- Siswanto. (2007). *Operation Research Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Taha, H. A. (2017). *Operation Research An Introduction* (10th ed.). London: Pearson Education.
- Yusdiana, E. D., & Satyawisudarini, I. (2018). Penerapan Metode PERT dan CPM dalam Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalan Paving untuk Mencapai Efektivitas Waktu Penyelesaian Proyek. *Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, 2(3), 6–11.