

Optimalisasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan dengan Metode PERT-CPM

Sari Maryani^{#1}, Dewi Murni^{*2}

[#]*Student of Mathematics Department Universitas Negeri Padang, Indonesia*

^{*}*Lecturer of Mathematics Department Universitas Negeri Padang, Indonesia*

¹sarimaryani303@gmail.com

³dewimurni_mat@fmipa.unp.ac.id

Abstract— Project is a combination of several resources such as capital / costs, human, material and equipment in a temporary organization that aims to achieve certain goals. Estimating the duration and improper costs at this step will affect the implementation of activities and the results obtained. This research purpose to optimize the duration and cost of implementing the PLUT-KUMKM development project in Sumatra Barat with PERT-CPM method then followed by *crashing*. This research uses data on project activities, the sequence and cost of each activity. The results of this research can optimize the project implementation time with almost the same cost, from 21 weeks become 18 weeks. It means that the project implementation time can be accelerated by 14,3 % of the initial duration. With project implementation cost Rp.1.724.873.973,93 to Rp.1,787,703,844.13.

Keywords—Project, PERT-CPM, crashing.

Abstrak— Proyek adalah gabungan dari beberapa sumber daya seperti modal/biaya, manusia, material, dan peralatan dalam satu wadah organisasi sementara dengan tujuan tertentu. Pengestimasian durasi dan biaya yang tidak tepat pada tahap perencanaan proyek akan berpengaruh pada pelaksanaan kegiatan dan hasil yang diperoleh. Tujuan penelitian ini untuk mengoptimalkan waktu dan biaya pelaksanaan proyek pembangunan PLUT-KUMKM di Sumatera Barat dengan metode PERT-CPM dengan diikuti proses *crashing*. Data penelitian berupa kegiatan proyek, urutan kegiatan dan biaya dari masing-masing kegiatannya. Hasil penelitian dapat mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek dengan biaya yang hampir sama yaitu dari 21 minggu menjadi 18 minggu. Hal ini berarti waktu pelaksanaan proyek bisa dipercepat 14,3 % dari durasi awal. Dengan biaya pelaksanaan proyek Rp.1.724.873.973,93 menjadi Rp.1,787,703,844.13.

Kata kunci—Proyek, PERT-CPM, *crashing*.

PENDAHULUAN

Suatu perusahaan memerlukan manajemen yang baik agar pekerjaan di perusahaan itu menjadi terstruktur, efektif dan efisien. Pada perusahaan konstruksi, dibutuhkan manajemen proyek dalam mencapai suksesnya pembangunan proyek yang sedang dihadapi. Manajemen proyek bisa dikatakan sebagai alat bagi setiap perusahaan yang menginginkan proyek yang dikerjakannya bisa selesai seperti yang telah direncanakan. Hal itu tentunya akan berdampak positif bagi perusahaan itu sendiri. Untuk itu diperlukan manajemen proyek dalam mencapai hal tersebut.

Manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan [1]. Manajemen meliputi kegiatan perencanaan, pengorganisasian, penempatan orang (*staffing*), pengendalian dan pengarahan. Sedangkan proyek dapat diartikan suatu kegiatan sementara yang berlangsung

dalam jangka waktu tertentu, dengan alokasi sumber daya tertentu [2]. Sehingga yang dimaksud dengan manajemen proyek adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dalam mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu pula yang meliputi perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian sumber daya organisasi perusahaan.

Hasil akhir suatu proyek sangat ditentukan oleh susunan landasannya berupa perencanaan yang lengkap dan matang yang merupakan bagian dari manajemen proyek. Penjadwalan proyek merupakan langkah selanjutnya dari perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya, berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek [3]. Suatu proyek dapat dikatakan efisien ketika dapat mengoptimalkan sumber daya yang ada dan meminimalkan kendala-kendala yang sewaktu-waktu bisa terjadi. Penjadwalan suatu proyek bisa dilakukan dengan

menjabarkan tahapan-tahapan dari kegiatan yang akan dilaksanakan. Perkiraan waktu yang akurat tentunya sangat dibutuhkan dalam hal ini.

Penjadwalan umumnya digunakan dalam rangka memaksimalkan penggunaan waktu yang ada agar masalah dapat terselesaikan sehingga sumber daya yang tersedia bisa digunakan secara maksimal. Metode penjadwalan yang seringkali digunakan dalam berbagai proyek baik milik perusahaan swasta maupun proyek pembangunan oleh pemerintah adalah PERT-CPM. Kedua metode tersebut secara konsepnya sama. Namun yang membedakannya adalah pada metode CPM hanya digunakan satu taksiran waktu, sedangkan untuk metode PERT digunakan tiga taksiran waktu. Dengan dua metode tersebut di dalam *network planning* akan dihasilkan suatu jaringan kerja dengan jadwal kerja yang membutuhkan percepatan logis untuk mencapai waktu dan biaya optimal dari pelaksanaan proyek.

Secara garis besar, tujuan proyek yaitu bisa selesai tepat waktu dengan mutu yang bagus dan mendapatkan keuntungan. Dalam hasil akhir suatu pelaksanaan proyek yang telah selesai, terdapat beberapa kemungkinan, di antaranya yaitu perusahaan mengalami kerugian karena proyek yang dikerjakan selesai tetapi banyak pengestimasi di bagian perencanaan yang tidak tepat. Kedua, perusahaan dapat menyelesaikan proyek dengan memperoleh keuntungan. Keuntungan yang diperoleh perusahaan pada normalnya adalah 20%. Berdasarkan keterangan perusahaan, pada proyek pembangunan PLUT-KUMKM di Provinsi Sumatera Barat ini, terdapat tantangan dimana perusahaan harus bisa menyelesaikan proyek tanpa melebihi target waktu awal. Jika perusahaan melebihi waktu pelaksanaan yang telah ditargetkan, maka akan dikenakan denda per harinya. Karena proyek ini telah selesai, perusahaan merasa pengestimasi waktu dan biaya pada tahap perencanaan memberikan hasil yang kurang memuaskan. Apabila dibuat perencanaan yang lebih baik akan didapatkan hasil yang optimal maka perusahaan bisa menyelesaikan proyek ini lebih cepat sehingga dapat mengerjakan proyek yang lainnya. Oleh karenanya, pengoptimasian bisa menjadi alat bagi perusahaan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk membentuk jaringan kerja dan memperoleh biaya serta durasi optimum dalam pelaksanaan proyek pembangunan PLUT-KUMKM di Provinsi Sumatera Barat menggunakan metode PERT-CPM.

METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan tinjauan dan wawancara langsung kepada pihak perusahaan. Sedangkan data sekunder berupa data kegiatan pelaksanaan proyek pembangunan gedung PLUT-KUMKM Provinsi Sumatera Barat.

Berdasarkan data tersebut, dapatlah disusun suatu diagram dari urutan pekerjaan untuk penyelesaian proyek secara keseluruhan yang disebut diagram *network*. Cara

untuk penyusunan diagram *network* adalah setiap pekerjaan untuk penyelesaian proyek secara keseluruhan ditulis di dalam bentuk simbol-simbol, misalnya huruf atau angka. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut ditulis di sampingnya. Demikian pula pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan tersebut dapat dimulai ditulis di sebelah pekerjaan yang bersangkutan. Kemudian, setiap pekerjaan digambarkan dalam bentuk lingkaran dengan simbol pekerjaan tersebut ditulis dalam lingkaran, berikut waktu yang dipergunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Pekerjaan-pekerjaan tersebut disusun menurut urutan yang telah ditentukan dihubungkan dengan anak panah. Penggambaran pekerjaan ke dalam lingkaran tersebut adalah merupakan salah satu metode saja. Metode yang lain untuk menggambarkan pekerjaan adalah dengan anak panah sebagai simbol aktivitas, sedangkan lingkaran merupakan kejadian sesudah adanya aktivitas tersebut. Dalam metode ini dikenal simbol-simbol sebagai berikut:

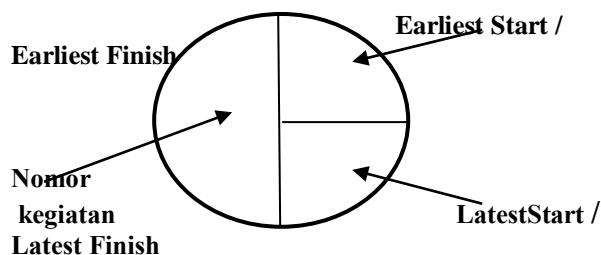
→ Anak panah penuh sebagai simbol daripada kegiatan/aktivitas.



Lingkaran sebagai simbol daripada kejadian.

- - - - - → Anak panah terputus-putus sebagai simbol aktivitas semu.

Lingkaran kejadian digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Lingkaran kejadian

Beberapa notasi yang akan dipergunakan nantinya adalah [4]:

1. *Earliest start time* (ES), adalah waktu yang paling awal (tercepat) suatu kegiatan dapat dimulai, dengan memperhatikan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan pekerjaan.
2. *Latest start time* (LS), adalah waktu yang paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek.
3. *Earliest finish time* (EF), adalah waktu yang paling awal suatu kegiatan dapat diselesaikan, atau sama dengan ES + waktu kegiatan yang diharapkan.
4. *Latest finish time* (LF), adalah waktu yang paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan atau durasi selambat-lambatnya proyek harus selesai tanpa mengakibatkan penundaan proyek secara keseluruhan, atau sama dengan LS + waktu kegiatan yang diharapkan.

Setelah jalur kritis dan jalur terpendek diketahui, maka dapat diketahui jumlah waktu yang dapat digunakan untuk memperpendek waktu proyek dengan konsekuensi penambahan biaya atas percepatan pelaksanaan proyek. Manajer dengan sangat fleksibel dapat mengidentifikasi aktivitas yang tidak kritis dan perencanaan ulang, penjadwalan ulang, dan merealokasi sumber daya seperti personalia dan finansial. Meskipun PERT dan CPM adalah serupa dalam pendekatan dasarnya, namun berbeda pada taksiran waktu yang diperlukan dalam melaksanakan aktivitas[5].

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, PERT menggunakan tiga angka estimasi yaitu *optimistic duration* (T_o), *most likely duration* (T_m) dan *pessimistic duration* (T_p). Tiga angka estimasi tersebut bertujuan untuk memperlebar rentang waktu dalam melakukan estimasi waktu kegiatan dibandingkan dengan hanya menggunakan satu angka deterministik.

Perhitungan untuk mencari probabilitas penyelesaian kegiatan diasumsikan berdistribusi normal. Untuk perhitungan mencari probabilitas penyelesaian rancangan proyek pembangunan dalam kegiatan normal, dilakukan dengan menghitung waktu yang diharapkan (te), standar deviasi (σ) dan variansi (V) dari beberapa kegiatan.[1]

Crashing merupakan upaya untuk memperpendek waktu dari suatu aktivitas tertentu, yang biasanya tercapai dengan penambahan sumber daya seperti tenaga kerja atau lembur. Namun, karena *crashing* ini merupakan penambahan sumber daya sehingga menyebabkan adanya biaya tambahan pada proyek. Biasanya penambahan biaya yang terjadi tidak terlalu jauh dari biaya awal tanpa *crashing* sehingga dirasa optimal jika kita memutuskan untuk memilih melakukan *crashing* dibandingkan tidak sama sekali.

Rumus umum untuk menyelesaikan *crashing* adalah:

$$\text{Crashing per periode waktu} = \frac{\text{biaya dipercepat} - \text{biaya normal}}{\text{waktu normal} - \text{waktu cepat}}$$

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Menyusun jaringan kerja berdasarkan data yang kegiatan proyek yang telah didapatkan yang kemudian akan digambarkan ke dalam bentuk jaringan kerja untuk menganalisis data menggunakan metode PERT-CPM. Secara lengkap proses penyusunan jaringan kerja tersebut adalah sebagai berikut:
 - a. Memberi simbol untuk masing-masing kegiatan.
 - b. Menyusun kegiatan berdasarkan kronologi waktunya dimana harus ditentukan pekerjaan mana saja yang harus didahulukan dan pekerjaan yang baru bisa dimulai setelah pekerjaan lainnya selesai.
 - c. Menentukan waktu/durasi setiap kegiatan.

2. Analisis data dengan metode PERT-CPM dengan prosedur sebagai berikut:
 - a. Dari diagram jaringan yang telah dibentuk berdasarkan kronologi atau urutan pengerjaan kegiatan selanjutnya tentukan waktu awal tercepat dan waktu selesai tercepat dari setiap kegiatan dengan metode *forward pass*.
 - b. Gunakan waktu selesai tercepat tadi sebagai waktu selesai terakhir untuk kegiatan terakhir, buatlah gerakan mundur melalui jaringan itu untuk mengidentifikasi waktu awal terakhir dan waktu selesai terakhir dari setiap kegiatan.
 - c. Gunakan perbedaan antara waktu awal terakhir dan waktu awal tercepat setiap kegiatan untuk mengidentifikasi waktu *slack* yang tersedia bagi setiap kegiatan.
 - d. Mencari kegiatan dengan waktu *slack* nol yang merupakan kegiatan di jalur kritis.
3. Berdasarkan jalur kritis yang telah didapatkan, gunakan dalam proses mempercepat atau *crashing* pada proyek, dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Menentukan waktu/durasi normal, *crashing* dan percepatan.
 - b. Menentukan biaya normal dan biaya *crashing*, biaya *crashing* diperoleh dari estimasi pihak konstruksi langsung.
 - c. Menentukan biaya *crashing* per periodenya.
 - d. Membuat diagram jaringan dari kegiatan-kegiatan setelah *crashing*.
 - e. Melakukan perbandingan hasil kegiatan *crashing* dengan hasil kegiatan normal tanpa *crashing*.
4. Mencari nilai probabilitas penyelesaian waktu proyek (PERT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data kegiatan pelaksanaan proyek pembangunan PLUT-KUMKM sesuai dengan tahapan yang telah dijelaskan sebelumnya. Data yang digunakan adalah data dengan kronologinya sehingga akan disusun ke dalam suatu jaringan kerja.

Berdasarkan tabel kegiatan maka didapat bentuk jaringan kerjanya seperti pada Gambar 2. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan lingkaran kegiatan. Diperoleh bahwa waktu untuk penyelesaian proyek adalah 21 minggu. Kemudian dapat diketahui waktu *slack* masing-masing kegiatan berdasarkan tabel sebelumnya. Kegiatan *slack* dapat menunjukkan kritis atau tidaknya suatu kegiatan. Sehingga rangkaian yang terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis disebut jalur kritis. Total durasi jalur kritis nantinya merupakan total keseluruhan proyek.

TABEL 1
DAFTAR KEGIATAN PROYEK BESERTA SIMBOL DAN
KEGIATAN PENDAHULUAN

No.	Jenis kegiatan (pekerjaan)	Simbol Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya
1.	Pendahuluan	A	-
2.	Pondasi	B	A
3.	Beton bertulang struktur	C	B
4.	Beton bertulang tangga	D	C
5.	Dinding	E	D
6.	Dinding partisi	F	G
7.	Plafond	G	E
8.	Lantai	H	E
9.	Kuzen, pintu & jendela aluminium 3	I	H
10.	Instalasi listrik	J	E
11.	Instalasi air	K	J
12.	Pengecatan	L	M,N,O
13.	Selasar	M	I
14.	Pot	N	K
15.	Tiang bendera	O	F
16.	Beton bertulang struktur lt.2	P	C
17.	Dinding lt.2	Q	R
18.	Kap atap genteng metal	R	P
19.	Dinding partisi lt.2	S	V,W
20.	Plafond lt.2	T	Q
21.	Lantai lt.2	U	Q
22.	Kuzen, pintu & jendela aluminium 3 lt.2	V	U
23.	Instalasi listrik lt.2	W	T
24.	Instalasi air lt.2	X	S
25.	Pengecatan lt.2	Y	X
26.	Beton bertulang struktur lt.3	Z	P
27.	Dinding lt.3	α	Z
28.	Atap spand deck rangka pipa galvanise 3	β	Z
29.	Plafond lt.3	γ	β
30.	Kuzen, pintu & jendela aluminium 3 lt.3	δ	α
31.	Instalasi listrik lt.3	ϵ	δ, γ
32.	Pengecatan lt.3	θ	ϵ

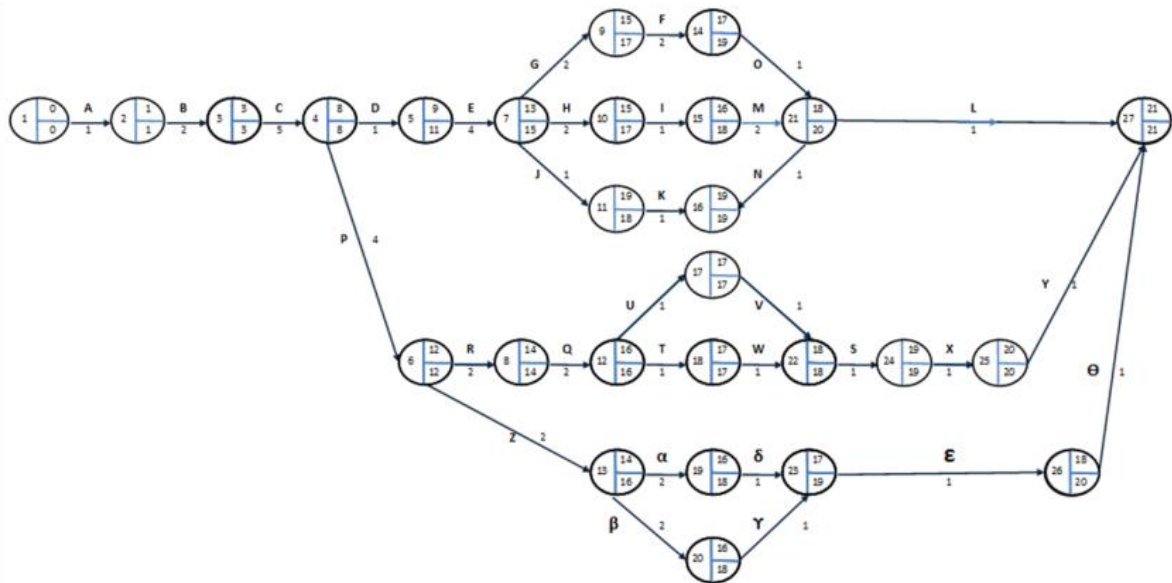
Kegiatan-kegiatan kritis pada rangkaian ini terdapat pada kegiatan A, B, C, P, R, Q, T, U, V, W, S, X, Y dengan total waktu kritis 21 minggu. Peristiwa pada bagian kritis tersebut tidak memiliki toleransi waktu atau durasi yang longgar saat pengerjaannya. Dengan kata lain harus dilaksanakan tepat waktu sehingga kegiatan lainnya

tidak terganggu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

TABEL 2
HAMBATAN AKTIVITAS (SLACK ACTIVITY) DAN
KEGIATAN KRITIS

Kode	t	ES	EF	LS	LF	Slack (LS-ES)	Kegiatan Kritis
A	1	0	1	0	1	0	Ya
B	2	1	3	1	3	0	Ya
C	5	3	8	3	8	0	Ya
D	1	8	9	8	11	0	Ya
E	4	9	13	11	15	2	Tidak
F	2	15	17	17	19	2	Tidak
G	2	13	15	15	17	2	Tidak
H	2	13	15	15	17	2	Tidak
I	1	15	16	17	18	2	Tidak
J	1	13	14	15	18	2	Tidak
K	1	14	15	18	19	4	Tidak
L	1	18	19	20	21	2	Tidak
M	2	16	18	18	20	2	Tidak
N	1	15	16	19	20	4	Tidak
O	1	17	18	19	20	2	Tidak
P	4	8	12	8	12	0	Ya
Q	2	14	16	14	16	0	Ya
R	2	12	14	12	14	0	Ya
S	1	18	19	18	19	0	Ya
T	1	16	17	16	17	0	Ya
U	1	16	17	16	17	0	Ya
V	1	17	18	17	18	0	Ya
W	1	17	18	17	18	0	Ya
X	1	19	20	19	20	0	Ya
Y	1	20	21	20	21	0	Ya
Z	2	12	14	12	16	0	Ya
α	2	14	16	16	18	2	Tidak
β	2	14	16	16	18	2	Tidak
γ	1	16	17	18	19	2	Tidak
δ	1	16	17	18	19	2	Tidak
ϵ	1	17	18	19	20	2	Tidak
θ	1	18	19	20	21	2	Tidak

Jalur kritis merupakan jalur dengan waktu terpanjang yang mewakili waktu total proyek. Sehingga lama durasi kegiatan di jalur kritis adalah durasi keseluruhan proyek. Kedua jalur memiliki panjang yang sama sehingga jalur kritis pada proyek ini ada dua yaitu A-B-C-P-R-Q-U-V-S-X-Y dan A-B-C-P-R-Q-T-W-S-X-Y. Untuk perhitungan pada langkah berikutnya yang melibatkan jalur atau rangkaian kritis akan digunakan A-B-C-P-R-Q-U-V-S-X-Y dengan total durasi adalah 21 minggu.



Gambar 2. Diagram Jaringan dari Proyek Pembangunan PLUT-KUMKM

TABEL 3
WAKTU RATA-RATA (te)

Kode	(b)	(m)	(a)	Rata-rata durasi (te)
A	1	1	1	1
B	3	2	1	2
C	6	5	4	5
D	1	1	1	1
E	6	4	3	4,166667
F	3	2	1	2
G	3	2	1	2
H	4	2	2	2,333333
I	2	1	1	1,166667
J	2	1	1	1,166667
K	2	1	1	1,166667
L	2	1	1	1,166667
M	2	2	1	1,833333
N	1	1	1	1
O	1	1	1	1
P	5	4	3	4
Q	3	2	2	2,166667
R	3	2	2	2,166667
S	2	1	1	1,166667
T	2	1	1	1,166667
U	2	1	1	1,166667
V	2	1	1	1,166667
W	2	1	1	1,166667
X	2	1	1	1,166667
Y	2	1	1	1,166667
Z	2	2	2	2
α	3	2	2	2,166667
β	2	2	2	2
γ	2	1	1	1,166667
δ	1	1	1	1
ε	2	1	1	1,166667
θ	2	1	1	1,166667
Total				22,16667

TABEL 4
STANDAR DEVIASI DAN VARIANSI

Kode	Standar Deviasi (se)	Variansi (ve)
A	0	0
B	0,333333	0,111111
C	0,333333	0,111111
D	0	0
E	0,5	0,25
F	0,333333	0,111111
G	0,333333	0,111111
H	0,333333	0,111111
I	0,166667	0,027778
J	0,166667	0,027778
K	0,166667	0,027778
L	0,166667	0,027778
M	0,166667	0,027778
N	0	0
O	0	0
P	0,333333	0,111111
Q	0,166667	0,027778
R	0,166667	0,027778
S	0,166667	0,027778
T	0,166667	0,027778
U	0,166667	0,027778
V	0,166667	0,027778
W	0,166667	0,027778
X	0,166667	0,027778
Y	0,166667	0,027778
Z	0	0
α	0,166667	0,027778
β	0	0
γ	0,166667	0,027778
δ	0	0
ε	0,166667	0,027778
θ	0,166667	0,027778
Total	5,5	1,416667

Setelah diperoleh durasi pesimis (b) dari setiap kegiatan, kemudian menentukan waktu realistis (m) dan optimis (a), sehingga bisa dilakukan perhitungan berikut:

Perhitungan nilai harapan dan variansi kemudian dapat dilakukan. Kemudian diikuti dengan menghitung standar deviasi dan variansi seperti pada tabel 3 dan 4.

Pada jalur kritis yang telah didapat yaitu A-B-C-P-R-Q-U-V-S-X-Y dengan waktu penyelesaian proyek yaitu selama 21 minggu. Variasi yang terdapat di jalur kritis ini bisa mengakibatkan variasi waktu penyelesaian proyek. Dalam menentukan variansi waktu penyelesaian proyek, akan digunakan variansi dalam aktivitas pada jalur kritis.

Misalkan T menyatakan total waktu untuk menyelesaikan proyek. Ekspektasi nilai T ini ditentukan dari aktivitas jalur kritis A-B-C-P-R-Q-U-V-S-X-Y, yaitu: 22,16667. Variansi waktu penyelesaian proyek adalah jumlah variansi aktivitas jalur kritis, yaitu 0,527778.

Karena standar deviasi merupakan akar kuadrat dari variansi maka dapat dihitung standar deviasi se untuk waktu penyelesaian proyek adalah 0,726483. Distribusi waktu penyelesaian proyek T diasumsikan mengikuti distribusi normal. Sehingga andaikan manajer memperkirakan batas pengerjaan proyek adalah 23 minggu, maka probabilitas proyek akan memenuhi batas waktu 23 minggu dapat ditentukan. Mencari probabilitas $T \leq 23$ dengan mencari nilai z untuk $T = 23$ yaitu 1,147079.

Dengan menggunakan $z = 1,15$ dan tabel untuk distribusi normal, diketahui bahwa probabilitas proyek itu memenuhi batas waktu 23 minggu $0,3749 + 0,5000 = 0,8749$. Hal ini berarti bahwa variabilitas waktu aktivitas dapat menyebabkan waktu penyelesaian melebihi 23 minggu, terdapat peluang besar bahwa proyek akan selesai sebelum batas waktu 23 minggu. Perhitungan probabilitas serupa bisa dibuat sebagai alternatif batas waktu proyek lainnya.

Selanjutnya akan dilakukan *crashing* untuk mempercepat pelaksanaan proyek. Berikut perhitungan proses *crashing* yang dilakukan pada proyek ini:

1. Kegiatan A dengan waktu penyelesaian selama 1 minggu, tidak dapat selesai lebih cepat dari 1 minggu, sehingga tidak ada *crashing* disini.
2. Kegiatan B dengan waktu penyelesaian normal yaitu selama 2 minggu, bisa di-*crashing* menjadi 1 minggu dengan waktu percepatan 1 minggu. *Crashing* per periode waktu adalah 13883325,83.
3. Untuk hasil perhitungan *crashing* untuk kegiatan setelahnya pada tabel 6.

Data estimasi waktu dan biaya *crashing* penulis dapatkan dari pihak kontraktor langsung. Setelah dilakukan *crashing* diperoleh waktu total proyek hingga selesai yaitu selama 18 minggu. Setelah di *crashing* total biaya yang dikeluarkan yaitu Rp. 1.787.703.844,13.

Sehingga total biaya proyek setelah melakukan *crashing* adalah Rp. 1.787.703.844,13 Dengan membandingkan pekerjaan yang telah di-*crashing* tersebut akan lebih efisien dan efektif, mengingat waktu pengerjaannya lebih cepat dan biaya yang tidak jauh berbeda. Normalnya kegiatan proyek ini membutuhkan waktu selama 21 minggu dengan biaya total Rp. 1.724.873.973,93, ternyata bisa dipercepat menjadi 18 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 1.787.703.844,13. Perbandingan antara waktu dan biaya sebelum dan sesudah *crashing* terdapat pada table 5.

TABEL5
KEUNTUNGAN DENGAN CRASHING

	Waktu (minggu)	Biaya (Rp)
Normal	21	1.724.873.973,93
Crashing	18	1.787.703.844,13

TABEL6
PERHITUNGAN CRASHING

Kode	Waktu Normal	Waktu Crashing	Biaya Normal	Biaya Dipercepat (Crashing)	Biaya Crashing per Periode
1	2	3	4	5	6
A	1	1	1.675.905,00	1.675.905,00	-
B	2	1	152.564.020,16	166.447.346	13883325,83
C	5	4	427.077.189,84	466.368.291	39291101,47
D	1	1	13.243.303,83	13.243.303,83	-
E	4	3	98.668.344,32	107.548.495	8880150,989
F	2	1	16.566.961,25	17.892.318	1325356,9
G	2	1	43.632.409,76	47.123.003	3490592,781
H	2	2	126.914.347,66	126.914.347,66	-
I	1	1	75.709.272,61	75.709.272,61	-
J	1	1	23.170.000,00	23.170.000,00	-
K	1	1	21.029.249,46	21.029.249,46	-
L	1	1	22.201.275,10	22.201.275,10	-
M	2	1	18.251.974,76	19.967.660	1715685,627
N	1	1	580.744,11	580.744,11	-
O	1	1	1.000.000,00	1.000.000,00	-

1	2	3	4	5	6
P	4	3	110.982.102,27	120.637.545	9655442,897
Q	2	2	88.918.444,35	88.918.444,35	-
R	2	2	78.257.171,52	78.257.171,52	-
S	1	1	18.250.835,81	18.250.835,81	-
T	1	1	41.744.048,47	41.744.048,47	-
U	1	1	60.582.852,44	60.582.852,44	-
V	1	1	82.052.666,44	82.052.666,44	-
W	1	1	33.970.000,00	33.970.000,00	-
X	1	1	10.965.739,64	10.965.739,64	-
Y	1	1	24.070.713,94	24.070.713,94	-
Z	2	2	29.790.939,40	29.790.939,40	-
α	2	2	31.165.478,13	31.165.478,13	-
β	2	2	46.140.851,35	46.140.851,35	-
γ	1	1	15.916.003,40	15.916.003,40	-
δ	1	1	3.773.655,94	3.773.655,94	-
ϵ	1	1	1.110.000,00	1.110.000,00	-
θ	1	1	4.897.472,98	4.897.472,98	-

SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa pengoptimalan proyek pada durasi dan biaya bisa dilakukan dengan metode PERT-CPM. Dari metode CPM dapat diketahui jalur kritis pada proyek yaitu A, B, C, P, R, Q, U, V, S, X, Y. Perhitungan dengan metode PERT diperoleh peluang proyek dapat terselesaikan selama 23 minggu adalah 0,8749. Hal ini berarti besar kemungkinan proyek dapat selesai sebelum 23 minggu.

Kemudian untuk mempersingkat waktu pelaksanaan proyek dengan biaya yang optimal bisa dilakukan *crashing* dimana durasi yang dihasilkan bisa lebih singkat dengan penambahan biaya yang tidak begitu jauh.

Dengan selisih biaya yang tipis, waktu pelaksanaan proyek bisa dipercepat menjadi 18 minggu dengan total biaya Rp 1.787.703.844,13. Ini menunjukkan durasi proyek bisa dipercepat 14,3 % dari waktu pelaksanaan awal.

REFERENSI

- [1] Soeharto, Iman. 2002. *Studi Kelayakan Proyek Industri*. Jakarta : Erlangga.
- [2] Santoso, Budi. 2003. *Manajemen Proyek*. Surabaya: Guna Widya.
- [3] Husen, Abrar. 2010. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: ANDI.
- [4] Suryadi. 2006. "Model Hubungan Kausal Kesadaran, Pelayanan, Kepatuhan wajib Pajak dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Penerimaan Pajak". *Jurnal Keuangan Publik* Volume 4.
- [5] Handoko, T. Hani. 1994. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta : BPFE.
- [5] Syaifuddin, Dedy Takdir. 2011. *Riset Operasi*. Malang : Citra Malang.