Optimalisasi Waktu dan Biaya dalam Pengembangan Proyek *Software* Menggunakan *Critical Path Method*

Arnys Primaveria Mufidah[1], Adib Pakarbudi[2]
Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
e-mail: arnysprimaveria@gmail.com

ABSTRACT

Project management is an applied science related to resource management so that the project can run according to plan. It plays a crucial role in the success of the project. The plan for project management at Empat Beruang Perkasa Ltd. still uses a manual system. This research aims to make it easy for the company to plan, schedule, and control project activities accurately and to anticipate problems with delays in completing a project. The information system that would be used at Empat Beruang Perkasa Ltd. was the CPM (Critical Path Method) for network planning. The CPM method uses the critical path for scheduling project activities and calculates the estimated costs needed so that the project is completed on time. The crash method was employed to calculate cost optimization when experiencing accelerated project duration. The effective implementation of CPM and Crashing could optimize the time and cost needed to implement projects at Empat Beruang Perkasa Ltd. Five manual CPM and crash process tests produced the same results as the calculations generated on the system, thus demonstrating the system's accuracy of 100%.

Keywords: *information system, project management, network planning, critical path, CPM, crashing*

ABSTRAK

Manajemen Proyek merupakan suatu ilmu penerapan yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya agar proyek dapat berjalan sesuai rencana[1] sehingga peran manajemen proyek sangat besar dalam keberhasilan proyek. Manajemen Proyek PT. Empat Beruang Perkasa dalam perencanaan pelaksanaannya perusahaan masih menggunakan sistem manual. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempermudah perusahaan dalam membuat perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian aktivitas proyek yang akurat dan dapat mengantisipasi permasalahan keterlambatan dalam penyelesaian suatu proyek. Sistem Informasi yang akan digunakan pada PT.Empat Beruang Perkasa menggunakan CPM (Critical Path Method), dimana metode ini digunakan untuk membuat Network Planning. Metode CPM menggunakan jalur kritis sebagai penjadwalan aktivitas proyek dan perhitungan estimasi biaya yang dibutuhkan agar proyek selesai tepat waktu, serta menggunakan metode Crashing yang digunakan sebagai perhitungan optimasi biaya saat mengalami percepatan durasi proyek. Dengan penerapan CPM dan Crashing yang efektif, dapat mengoptimalkan waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek pada PT.Empat Beruang Perkasa, dimana dari lima kali pengujian proses CPM dan Crashing secara manual, hasilnya sama dengan perhitungan yang dihasilkan pada sistem, sehingga menunjukkan keakuratan sistem sebesar 100%

Kata kunci: Sistem Informasi, Manajemen Proyek, Network Planning, Jalur Kritis, CPM, Crashing.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang cukup pesat dari waktu ke waktu membuat pekerjaan yang dilakukan manusia pada umumnya dapat diselesaikan dengan cepat. Peran teknologi dalam pengolahan data dan informasi telah membuatnya lebih mudah, cepat, akurat, dan efisien. Proses pengolahan yang efektif sangat penting untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat bagi pengguna dan menjadi kebutuhan bagi perusahaan dan institusi untuk meningkatkan produktivitas kerja, menghemat waktu, dan mengurangi biaya[2]. Hal inilah yang memicu lahirnya berbagai macam Sistem Informasi (SI) maupun Teknologi Informasi (TI) baru dan membuat kebutuhan

SI/TI semakin meningkat. Dibalik meningkatnya SI/TI tidak lepas dari peran sebuah perusahaan pengembang SI/TI yang pada akhirnya melahirkan berbagai macam proyek SI/TI, salah satunya yaitu PT. Empat Beruang Perkasa.

PT. Empat Beruang Perkasa merupakan salah satu perusahaan startup bergerak dibidang Sistem Informasi (SI) & Teknologi Informasi (IT) yang menyediakan jasa membuat sistem maupun *website* bagi kliennya. Perusahaan ini telah menjadi partner *in-cioss* terbaik dalam memberikan layanan yang komprehensif di beberapa proyek. Dibalik banyak proyek yang telah dikerjakan diketahui bahwa perusahaan PT. Empat Beruang Perkasa dalam melaksanakan proyeknya sering mengalami keterlambatan waktu dalam proses penyelesaiannya yang diakibatkan dari banyak faktor, seperti klien meminta perubahan sistem diluar perjanjian kontrak[3], rencana urutan kerja tidak tersusun dengan baik[4], kesulitan finansial yang menyebabkan terhambatnya dukungan sumber daya baik material maupun tenaga kerja[5], dan sebagainya yang mengakibatkan penyelesaian proyek mengalami perpanjangan. Selain itu, keterlambatan proyek juga berdampak bagi klien karna pengurangan pemasukan yang disebabkan penundaan pengoperasian fasilitasnya, dan bagi perusahaan pengembang TI akan mengalami kerugian yang ditanggung akibat pinalti bila pengerjaan proyek tidak sesuai dengan waktu yang telah disepakati / mengalami tambahan biaya *overhead* selama proyek masih berlangsung[6]. Sehingga dapat disimpulkan keterlambatan waktu secara tidak langsung berimbas pada pembengkakan biaya dan menjadi masalah besar bagi setiap pelaksana proyek termasuk kredibilitas perusahaan[7]. Dan juga saat ini perusahaan masih kebingungan dalam menentukan estimasi perhitungan biaya/durasi penyelesaian proyek saat klien meminta target tertentu sendiri mengenai durasi/biaya penyelesaian proyek. Oleh sebab itu, Proyek Pengembang TI membutuhkan suatu keterampilan dalam Manajemen Proyek untuk mencegah terjadinya resiko yang tidak diinginkan yang berkaitan dengan waktu dan biaya pengerjaan proyek[8].

Dari permasalahan yang ada, penulis ingin melakukan optimalisasi waktu dan biaya dalam proyek Sistem *Monitoring* ATM pada PT. Empat Beruang Perkasa menggunakan metode CPM (*Critical Path* Method). Metode CPM merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendesain *Network Planning* meliputi perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian aktivitas proyek yang bersifat deterministik atau waktu tunggal[9]. Teknik CPM dipilih karena Teknik ini menggunakan jalur kritis sebagai cara untuk menjadwalkan aktivitas yang menghasilkan detail hubungan antar aktivitas, jalur kritis dalam proyek, dan estimasi biaya yang dibutuhkan agar proyek selesai tepat waktu. Sedangkan untuk mengatasi permasalahan biaya saat dilakukan percepatan durasi proyek penulis menggunakan metode *Crashing.* Metode ini digunakan untuk mengurangi waktu dengan menimbulkan dampak penambahan pengeluaran biaya pada aktivitas jalur kritis. Hal ini bertujuan agar dapat mengoptimalkan waktu dan biaya proyek saat akan melakukan percepatan durasi. Metode *Crashing* dilakukan dengan membandingkan waktu dan biaya pada saat sebelum dan sesudah *Crashing*[10]. Jalur kritis berguna untuk mengetahui aktivitas yang berpengaruh dalam kecepatan dan kelambatan pada suatu proyek, sehingga tim Proyek dapat mengetahui aktivitas yang menjadi prioritas bila terjadi keterlambatan pengerjaan[11] [12]. Maka dari itu, optimalisasi waktu dan biaya menggunakan metode CPM dalam proyek Sistem *Monitoring* ATM ini sangat penting bagi efektifitas pelaksanaan proyek PT. Empat Beruang Perkasa.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode CPM (*Critical Path Method*)

Critical Path Method (CPM) sebuah metode manajemen proyek yang digunakan untuk merencanakan, mengelola, dan mengawasi proyek-proyek kompleks[13]. Metode ini membantu proyek-manajer dan tim proyek dalam menjadwalkan aktivitas, mengidentifikasi jalur kritis, dan memprediksi waktu penyelesaian proyek. CPM memiliki beberapa komponen kunci seperti

Aktivitas, Hubungan Antar Aktivitas, Jalur Kritis, Diagram PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), *Float* atau *Slack*. CPM membantu proyek-manajer untuk mengidentifikasi risiko dan mengelola waktu dengan lebih efektif, sehingga memungkinkan mereka untuk menjadwalkan, mengalokasikan sumber daya, dan mengawasi proyek dengan lebih baik. Metode ini telah digunakan secara luas dalam berbagai jenis proyek, termasuk konstruksi, rekayasa, dan proyek-proyek teknologi informasi.

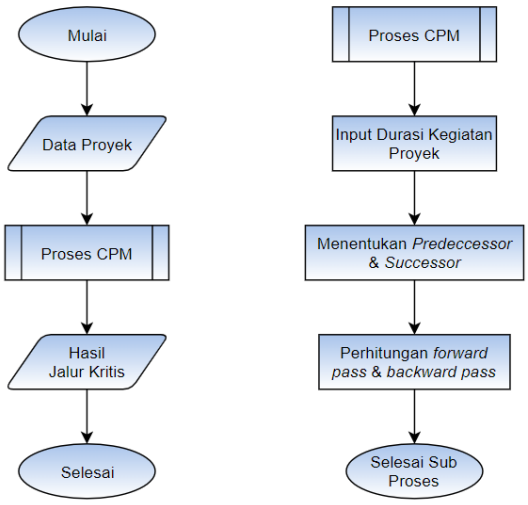
Metode *Crashing*

Metode *Crashing* adalah suatu metode yang digunakan untuk secara sengaja, terstruktur, dan logis mengurangi waktu penyelesaian proyek dengan mengidentifikasi dan mempercepat aktivitas-aktivitas proyek secara efisien[14]. Dengan kata lain metode ini dapat digunakan dalam manajemen proyek untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan menambahkan sumber daya tambahan atau memodifikasi jadwal kegiatan. Metode ini berguna untuk mengoptimumkan waktu kerja tetapi tetap dengan biaya yang efisien [15]. Tujuannya adalah untuk memenuhi tenggat waktu yang lebih ketat atau mengurangi durasi total proyek tanpa mengorbankan kualitas atau kinerja. Metode ini sering digunakan ketika ada tekanan untuk menyelesaikan proyek lebih cepat daripada yang telah direncanakan.

METODE

Untuk memperjelas pelaksanaan penelitian ini maka disusunlah metode penelitian sebagai alur pengerjaan. Dalam penelitian ini metode yang dilakukan oleh peneliti terbagi menjadi 2 bagian yaitu metode CPM dan Metode *Crashing*. Metode CPM digunakan untuk memodelkan aktivitas atau kegiatan proyek menjadi rangkaian pekerjaan[13] sedangkan Metode *Crashing* digunakan untuk mempersingkat durasi kegiatan suatu proyek[14]. Untuk memperjelas alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.

CPM merupakan suatu rangkaian aktivitas sebuah proyek yang menghasilkan hubungan antara aktivitas satu dengan yang lain. Dengan menggunakan Metode CPM diasumsikan bahwa waktu untuk setiap kegiatan diketahui pasti sehingga hanya memerlukan satu perkiraan waktu untuk setiap kegiatan[16]. Bagan alur proses menggunakan CPM beserta subproses nya yang dilakukan dengan membandingkan waktu pola jalur pada jaringan kerja (*network planning*) dapat dilihat pada gambar 1.

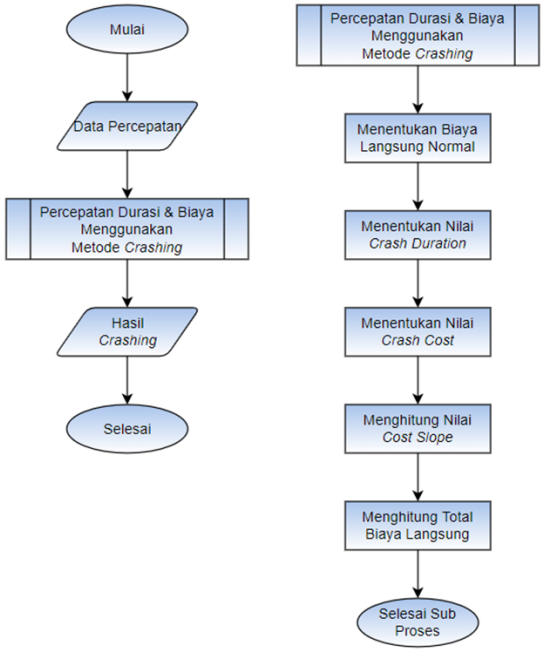


Gambar 1. Bagan Alur Proses Metode CPM

Metode *Crashing* berfokus dalam mereduksi durasi aktivitas pada jalur kritis. Jalur kritis berpengaruh besar terhadap keterlambatan proyek karena tidak memiliki kelonggaran durasi pada jalur tersebut[17]. Dalam melakukan *Crashing*, pihak pelaksana proyek tentu akan mengalami kondisi *Time Cost Trade Off* (Pengurangan durasi kerja dengan penambahan biaya yang efisien). *Time Cost Trade Off* merupakan sebuah proses yang dilakukan secara sengaja, terstruktur, dan analitis dengan menguji semua aktivitas dalam proyek yang fokus pada aktivitas-aktivitas yang berada di jalur kritis[18]. Selanjutnya melakukan kompresi waktu yang dimulai dari jalur kritis yang memiliki nilai *cost slope* terendah.

Dapat diliat bagan alur metode *Crashing* pada gambar 2 bahwa langkah yang dilakukan pada metode *Crashing* adalah sebagai berikut.

a. Memasukkan data percepatan (biaya dan durasi kerja) pelaksanaan proyek ke dalam sistem.
b. Menentukan biaya langsung normal sesuai dengan anggaran yang telah direncanakan.
c. Menentukan nilai *Crash Duration*
d. Menentukan nilai *Crash Cost*
e. Menghitung nilai *Cost Slope*
f. Menentukan total biaya langsung yang diakibatkan oleh percepatan durasi kerja



Gambar 2. Bagan Alur Proses Metode *Crashing*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Proyek

Identifikasi Proyek yang akan dianalisa berupa kumpulan kegiatan yang dilakukan dalam memproses data menggunakan metode CPM dan *Crashing*. Proyek yang digunakan dalam penelitian ini merupakan proyek pengembangan Sistem *Monitoring* ATM yang dikembangkan oleh PT. XYZ. Dalam penelitian ini informan yang digunakan merupakan pemilk dari PT. XYZ yang merupakan manajer proyek. Dalam studi kasus ini peneliti menganalisis langkah-langkah yang dilakukan oleh perusahaan dalam pengembangan Sistem *Monitoring* ATM.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi data primer yang berisi kumpulan data hubungan antar aktivitas sebagai bahan untuk menentukan jalur kritis, dan data sekunder yang berisi data durasi dan biaya langsung setiap aktivitas sebagai bahan untuk perhitungan estimasi biaya yang dikeluarkan. Pada tabel 1 merupakan data primer yang diperoleh dari perusahaan sebagai berikut.

Tabel 1. Data Primer

No.	Uraian Aktivitas	Durasi (hari)	*Predecessor*	*Successor*
A.	Analisa dan Desain Sistem	20	-	B, C
B.	Desain Aplikasi	20	A	C
C.	Programming	60	A, B	D, E
D.	Testing	30	C	G
E.	Instalasi Program	20	C	F
F.	Training User	14	E	G
G.	Dokumentasi	20	D, F	-
	Total Durasi Proyek =	184 hari		

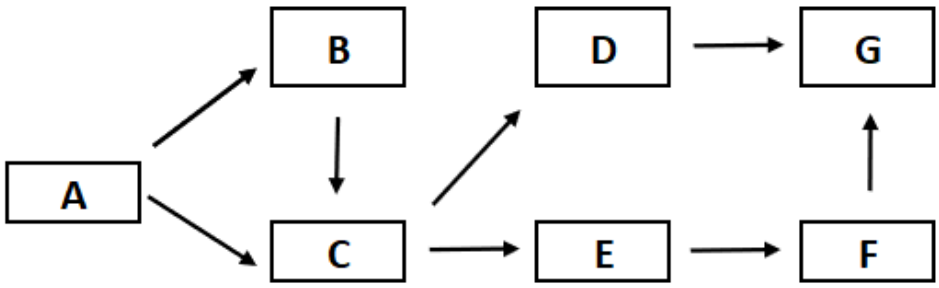
Sedangkan data sekunder yang diperoleh dari perusahan dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Data Sekunder

No.	Aktivitas	Durasi (hari)	Biaya Langsung (Rp)
A.	Analisa dan Desain Sistem	20	Rp 5.500.000,00
B.	Desain Aplikasi	20	Rp 4.420.000,00
C.	Programming	60	Rp100.000.000,00
D.	Testing	30	Rp 12.000.000,00
E.	Instalasi Program	20	Rp 3.000.000,00
F.	Training User	14	Rp 3.000.000,00
G.	Dokumentasi	20	Rp 15.500.000,00
Total Biaya Langsung =		184 hari	Rp 142.500.000,00

Proses CPM – Menentukan Jaringan Kerja

Berdasarkan data yang diperoleh sehingga dapat diilustrasikan menjadi sebuah jaringan kerja dengan aktivitas yang saling berhubungan, dan dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Jaringan Kerja Proyek Sistem *Monitoring* ATM

Proses CPM – Menentukan Jalur Kritis

Langkah selanjutnya, menentukan jalur kritis menggunakan dua proses perhitungan, yaitu hitungan maju (*forward pass*) dan hitungan mundur (*backward pass*), dengan ketentuan perhitungan hari dimulai dari angka 1 yang berarti hari ke-1.

Forward Pass	*Backward Pass*
ES = Max (EF akt. sebelumnya)+1	*LS = LF – Duration +1*
EF = ES + Duration -1	*LF = Min (LS akt. berikutnya)-1*

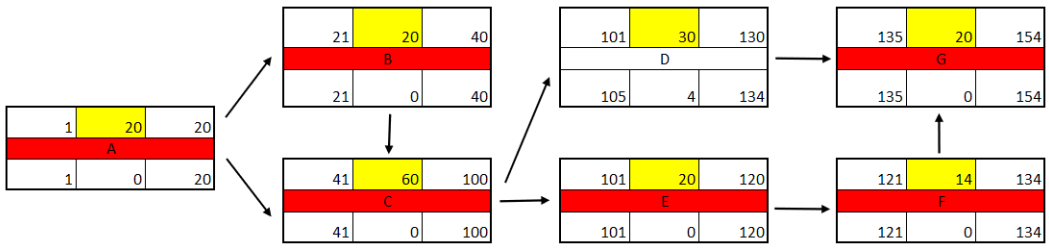
Kemudian menentukan nilai *slack time* sebagai penentu jalur kritis dimana suatu kegiatan dikatakan jalur kritis apabila nilai *slack* =0.

$$Slack = LS - ES$$

Sehingga tampilan dari hasil perhitungan *forward pass*, *backward pass*, dan *slack time* dapat dilihat pada tabel 3. Dan hasil jaringan kerja dapat diilustrasikan pada gambar 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Jalur Kritis

Aktivitas	Durasi	ES	EF	LS	LF	*Slack*	Jalur Kritis
A	20	1	20	1	20	0	YA
B	20	21	40	21	40	0	YA
C	60	41	100	41	100	0	YA
D	30	101	130	105	134	4	TIDAK
E	20	101	120	101	120	0	YA
F	14	121	134	121	134	0	YA
G	20	135	154	135	154	0	YA



Gambar 4. Jaringan Kerja Proyek Sistem *Monitoring* ATM (CPM)

Proses *Crashing* – Menentukan Nilai *Cost Slope*

Dalam penelitian ini, data Nilai *Crash Duration* (CD) dan *Crash Cost* (CC) diperoleh dari hasil wawancara pada perusahaan. Data tersebut dibutuhkan untuk nilai *Cost Slope* (CS) dengan menggunakan persamaan.

$$\textit{Cost Slope Aktivitas A} = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Duration - Crash\ Duration}$$

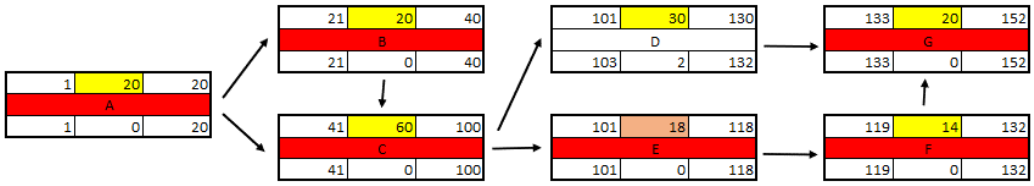
Sehingga hasil dari rekapitulasi nilai *Normal Duration (*ND*), Normal Cost* (NC)*, Crash Duration (CD), Crash Cost* (CC)*,* dan *Cost Slope* (CS) dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi nilai ND, NC, CD, CC, dan *Cost Slope*

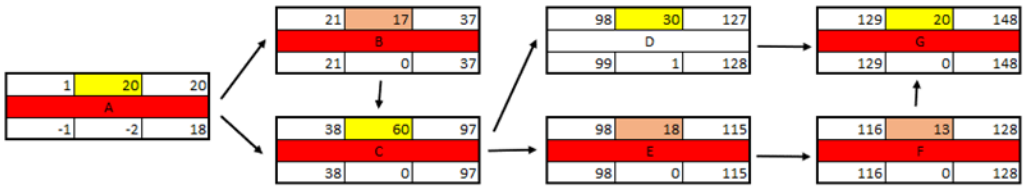
Aktivitas	ND (hari)	NC (Rp)	CD (hari)	CC (Rp)	*Cost Slope (Rp/hari)*
A	20	Rp. 5.000.000,00	18	Rp. 5.500.000,00	Rp. 250.000,00
B	20	Rp. 4.000.000,00	17	Rp. 4.420.000,00	Rp. 140.000,00
C	60	Rp.100.000.000,00	59	Rp.108.000.000,00	Rp.8.000.000,00
D	30	Rp. 12.000.000,00	28	Rp. 12.680.000,00	Rp. 340.000,00
E	20	Rp. 3.000.000,00	18	Rp. 3.230.000,00	Rp. 115.000,00
F	14	Rp. 3.000.000,00	13	Rp. 3.170.000,00	Rp. 170.000,00
G	20	Rp. 15.500.000,00	18	Rp. 16.050.000,00	Rp. 275.000,00
TOTAL		**Rp.142.500.000,00**		**Rp.153.050.000,00**	

Proses *Crashing* – Menentukan Aktivitas yang Dippercepat (*Crashing*)

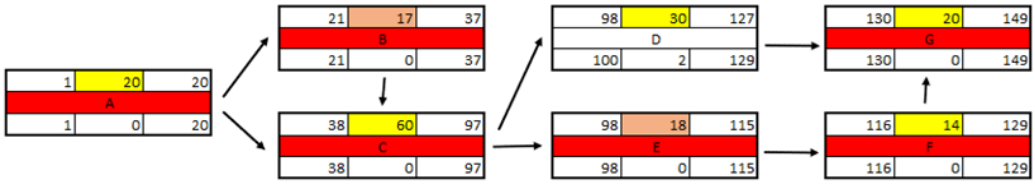
Proses *Crashing* dilakukan secara berulang pada seluruh aktivitas jalur kritis beurutan dari nilai *Cost Slope* terkecil. Berikut jaringan kerja yang didapat dari hasil *Crashing* dapat dilihat pada gambar 5 – 10.



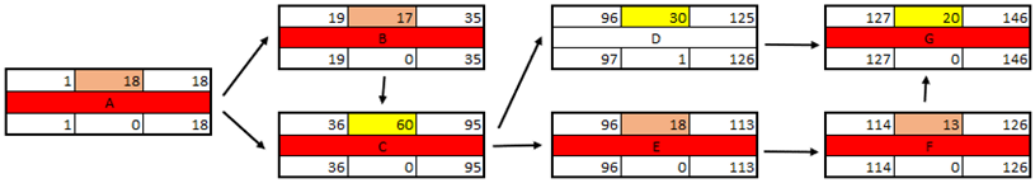
Gambar 5. *Crashing* Ke 1 - Proyek Sistem *Monitoring* ATM



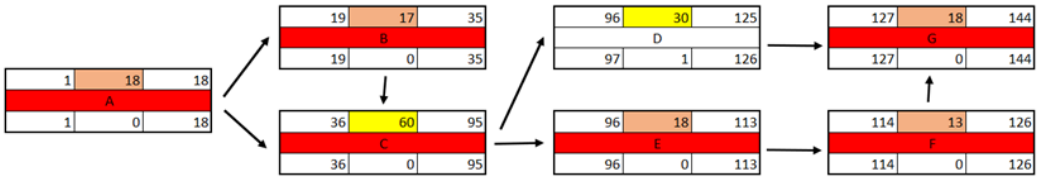
Gambar 6. *Crashing* Ke 2 - Proyek Sistem *Monitoring* ATM



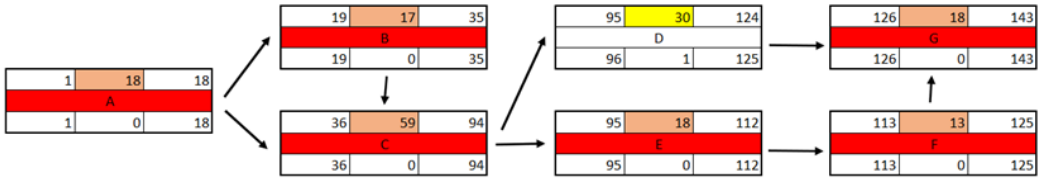
Gambar 7. *Crashing* Ke 3 - Proyek Sistem *Monitoring* ATM



Gambar 8. *Crashing* Ke 4 - Proyek Sistem *Monitoring* ATM



Gambar 9. *Crashing* Ke 5 - Proyek Sistem *Monitoring* ATM



Gambar 10. *Crashing* Ke 6 - Proyek Sistem *Monitoring* ATM

Proses *Crashing* – Menentukan Aktivitas yang Dippercepat (*Crashing*)

Perhitungan *Time Cost Trade Off* hanya menggunakan biaya langsung pada penelitian ini dan perhitungan dilakukan pada *Crashing* setiap tahap menggunakan sebuah persamaan.

Biaya Langsung Tahap 1= *Biaya Langsung Normal* + *Cost Slope*

Sehingga hasil rekapitulasi perhitungan *Time Cost Trade Off* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan *Time Cost Trade Off* Proyek Sistem *Monitoring* ATM

Tahap	*Crash Duration*	Total Biaya Langsung
1	152	Rp 142,730,000.00
2	149	Rp 143,150,000.00
3	148	Rp 143,320,000.00
4	146	Rp 143,820,000.00
5	144	Rp 144,370,000.00
6	143	Rp 152,370,000.00

Hasil Analisis Metode CPM dan *Crashing*

Pada tabel 6, hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode CPM dalam menyelesaikan proyek Sistem *Monitoring* ATM didapatkan lintasan jalur kritis dengan total waktu penyelesaian selama 154 hari, sedangkan pada perhitungan manual proyek ini memerlukan total waktu penyelesaian selama 184 hari.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Waktu Penyelesaian Proyek pada Perhitungan Normal dan Perhitugan CPM

Keterangan	Perhitungan Normal	Perhitungan CPM	Selisih
Waktu Penyelesaian Proyek	184 hari	154 hari	20 hari

Penerapan metode CPM dalam penelitian ini ditujukan untuk menghasilkan jaringan kerja dan mencari jalur kritis sebagai penjadwalan aktivitas proyek. Dalam menentukan optimal waktu dan biaya pada penyelesaian proyek maka dibutuhkan penerapan metode *Crashing*, yang mana bertujuan untuk menghindari keterlambatan penyelesaian proyek. Proses *Crashing* menghasilkan

suatu kondisi apabila durasi proyek dipercepat maka akan mengakibatkan bertambahnya dari segi biaya proyek. Biaya yang ditambahkan hanya pada aktivitas jalur kritis dan percepatan durasi aktivitas ini diutamakan terlebih dahulu pada aktivitas jalur kritis yang memiliki biaya tambahan (*Cost Slope*) yang terendah. Penambahan biaya diperoleh dari setiap tahap *Crashing* dengan menjumlahkan *Crash Cost* dikurangi *Normal Cost*, kemudian dibagi *Normal Duration* dikurangi *Crash Duration*.

Tabel 7. Perbandingan Hasil waktu dan Biaya Penyelesaian Proyek pada Perhitungan CPM dan Perhitungan *Crashing-1*

Keterangan	Perhitungan CPM	Perhitungan *Crashing-1*	Selisih
Waktu Penyelesaian Proyek	154 hari	152 hari	2 hari
Biaya Penyelesaian Proyek	Rp. 142,500,000.00	Rp. 142,730,000.00	Rp 230,000.00

Sehingga berdasarkan tabel 7 didapatkan hasil analisis CPM yang menunjukkan waktu penyelesaian proyek selama 154 hari dengan biaya Rp. 142.500.000,00 mengalami durasi percepatan (Crashing kondisi ke-1) menjadi 152 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 230.000,00 sehingga total biaya penyelesaian proyek menjadi Rp. 142.730.000,00. Proses Crashing dilakukan terus-menerus pada seluruh aktivitas jalur kritis hingga menghasilkan beberapa kondisi alternatif dengan waktu dan biaya yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan optimalisasi waktu dan biaya dalam proyek Sistem *Monitoring* ATM pada PT. Empat Beruang Perkasa menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*), maka dapat diambil kesimpula yaitu dengan membuat uraian aktivitas berupa durasi setiap aktivitas dan aktivitas yang bergantung sebelumnya (*Predecessor*) yang kemudian diproses sehingga menghasilkan jaringan kerja yang optimal dan dapat mengetahui aktivitas yang perlu diperhatikan karna tidak memiliki waktu senggang.

Kemudian untuk perhitungan estimasi biaya dengan menjumlah biaya pada seluruh aktivitas proyek, sedangkan untuk perhitungan optimasi biaya bila proyek mengalami percepatan durasi dilakukan menggunakan metode *Crashing* dengan menambahkan total biaya proyek sebelumnya (*Normal Cost*) dengan jumlah reduksi durasi dikali *Cost Slope* aktivitas pada *Crashing*-1, selanjutnya menambahkan hasil biaya proyek sebelumnya (Total Biaya *Crashing*-1) dengan jumlah reduksi durasi dikali *Cost Slope* aktivitas pada *Crashing*-2, dan seterusnya. Sehingga akan menghasilkan suatu kondisi bahwa pelaksana proyek dapat memilih beberapa alternatif dari segi waktu maupun biaya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Muhammad & A. Pakarbudi "Optimasi Waktu Proyek Sistem Informasi Pengelolaan Armada pada PT. Digital Entropy Venture Menggunakan Metode PERT". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, Surabaya, Indonesia, 2023.

[2] A. Pakarbudi & A. Sodik. "Evaluasi Antarmuka Situs Web Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya pada Perangkat Mobile Menggunakan Metode Usability Testing". *Jurnal IPTEK XXIII (2),* 2019, pp. 117-124.

[3] Omoregie, A. & Radford, D., 2006. Infrastructure delays and cost escalation: Causes and effects in Nigeria. *papers presented at the proceeding of sixth international postgraduate research conference*.

[4] Wijaya, C., Song, L. G. & Alifen, R. S., 2022. "Antisipasi Keterlambatan Proyek dengan Metode Penjadwalan CPM". *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, pp. vol. 11, no. 2, September.

[5] Megawati, L. A. & Lirawati, 2020. ANALISIS FAKTOR KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG. *Journal Unpak, Jurnal Teknik,* pp. Vol. 21, No. 2, 27-34.

[6] Alifen, R. S., Setiawan, R. S. & Sunarto, A., 2000. "Analisa "What If" sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek". *Dimensi Teknik Sipil*, pp. vol. 2, no. 1, Maret.

[7] Winoto, M. C., Guwinarto, K. & Limanto, S., 2023. "Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menurut Kontraktor Terhadap Indikator Performa Proyek". *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil,* pp. Vol. 12, No. 1, 56-63.

[8] M. R. K. Pratama, S. Khadafi & A. Pakarbudi. "Implementasi Manajemen Proyek dengan Metode CPM (Critical path method) Tentang Optimalisasi Durasi Proyek Pemasangan Fiber Optik Diperusahaan XYZ". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, Surabaya, Indonesia, Jun. 2021, pp. 233–240.

[9] Syaihu, A. E., 2016. Optimalisasi Waktu Penyelesaian Pekerjaan Proyek Konsultan Pengawasan Pada Dinas Pekerjaan Umum Di Kota Tarakan. *Jurnal Media Teknik Sipil*, pp. 105-115.

[10] Khoiroh, S. M., 2018. Mengoptimalkan Crashing Project Pemasangan Saluran Rumah di Perumahan X Dengan Pendekatan CPM-PERT. *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC*, pp. Vol. 15, No. 1, 39-48.

[11] A. Muhammad, B. Kurniawan, A. P. Mufidah, L. D. M. B. L. Dai & A. Pakarbudi. "Analisa Jalur Kritis Pada Penjadwalan Proyek Pengembangan Sistem Informasi Menggunakan Teknik Critical Path Method (CPM)(Studi Kasus: PT. XYZ)". *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX (SNTEKPAN-IX),* Surabaya, Indonesia, 2021, pp. 538-547.

[12] Turang, D. A. O. & Zaini, 2018. "Perancangan Manajemen Proyek Sistem Informasi Akademik Dengan Critical Path Method Dan Program Evaluation And Review Technique". *Jurnal INTEK,* pp. Vol. 1, No. 2, November.

[13] D. Widyaningsih & A. W. Utami, 2021. Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Kontraktor pada Perusahaan X Menggunakan CPM. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, pp. Vol. 4, No. 1, 25-33.

[14] D. I. Sari, 2021. Implementasi Manajemen Proyek CPM pada Pembangunan Infrastruktur IT Optical Distribution Point. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JURTEKSI).* Pp. Vol. 7, No. 3, 1039.

[15] Sa'adah, N., Iqrammah, E. & Rijanto, T., 2022. "Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi),* pp. Vol. 3, No. 2, 55-62.

[16] Yuwono, W., Kaukab, M. E. & Mahfud, Y., 2021. "Kajian Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek". *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology (JEMATech),* pp. Vol. 4, No. 2, 192-214.

[17] Abdurrasyid, Luqman, Haris, A. & Indrianto, 2019. "Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal". *Jurnal Ilmu Komputer dan Infromatika (KHAZANAH INFROMATIKA)*, pp. Vol. 5, No. 1, 28-36.

[18] Budianto, E. A. & Husin, A. E, 2021. "Analisis Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Gudang Amunisi". *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana*, pp. Vol. 19, No. 3, 305-310.