

PENERAPAN METODE CPM DAN PERT PADA PT. XYZ DALAM PEMBANGUNAN PROYEK APARTEMEN GARDEN DI TANGERANG

Danang Prihandoko

dprihandoko@binus.ac.id

Program Studi Ilmu Manajemen
Universitas Bina Nusantara

Tesar Klinzabilal

babam.tecau@gmail.com

Jurusan Manajemen
Universitas Bina Nusantara

Teuku Muhammad Rifqi

rifqibo93@gmail.com

Jurusan Manajemen
Universitas Bina Nusantara

Vior Ezki

viopijay@gmail.com

Jurusan Manajemen
Universitas Bina Nusantara

Abstract

Growth property business in Indonesia since the last years has been growth significantly; it's marked by the increase of property prices in Indonesia due to 2017. PT XYZ is one of company engaged in property business or real estate. At this time PT XYZ was currently conducting project development for Apartement located in Alam Sutera, Tangerang. The purpose of this research is to find out the application of the Critical Path Method and PERT method that can be applied to the apartment project, to compare the costs before and after using the Critical Path Method and PERT method, to determine the effectiveness and efficiency of using Crashing Program on the Apartment project. To optimize the development project, Therefore, they need a mature and structured Project Management to finish project to avoid delay. Hence, researchers tried to apply a method that approach optimization by using the Critical Path Method (CPM) and Project Evaluation and Review Technique (PERT) in Project Management, to be able to maximize profit and reduce the risk loss for the company and consumers.

Keywords: *Critical Path Method (CPM), Project Evaluation and Review Technique (PERT), Project Management.*

Pendahuluan

Pada era globalisasi saat ini, semua perusahaan berusaha untuk menghadapi dunia persaingan di bidang bisnis yang semakin kuat dan pasar yang semakin global. Tuntutan pembangunan di segala bidang semakin dirasakan, terutama di negara yang sedang berkembang, hal ini dilakukan dalam rangka meningkatkan taraf hidup masyarakat yang bertujuan untuk tercapainya kesejahteraan masyarakat yang diimbangi dengan pemerataan pembangunan di segala sektor dan kegiatan pembangunan itu sendiri mencakup proyek pembangunan gedung, hunian tempat tinggal, jembatan, informasi dan telekomunikasi, prasarana umum, dan lain-lain.

Sebagai kota Metropolitan, Jabodetabek merupakan kawasan yang memiliki prospek pengembangan properti yang sangat tinggi. Karena berada di wilayah ibu kota yang menjadi pusat bisnis dan komersial khususnya di pulau Jawa. Sehingga kawasan ini menjadi salah satu tujuan lokasi para pengembang untuk melakukan proyek pengembangan properti di Indonesia, salah satu kota dengan tingkat perkembangan tertinggi di Jabodetabek ialah kota Tangerang.

Tangerang salah satu kota yang berada dekat dengan ibukota Indonesia, menjadikan Tangerang merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang tinggi. Dikutip dari www.infojabodetabek.com bahwa luas area di jabodetabek sebesar 6.437,89 km² dengan total jumlah penduduknya sebesar 29.116.662 jiwa, dan total penduduk untuk Tangerang sendiri dari kota dan kabupaten yaitu sebesar 5.733.542 jiwa dengan luas areanya sebesar 1.312,98 km², yang artinya kepadatan penduduknya adalah 4.366,82 jiwa/km².

Sedangkan dikutip dari www.biropemerintahan.bantenprov.go.id, berdasarkan hasil Sensus Penduduk tahun 2010 oleh BPS Kota Tangerang Selatan jumlah penduduk Kota Tangerang Selatan adalah 1.290.322 jiwa, kepadatan penduduk di wilayah ini mencapai 8.856 jiwa/km² pada tahun 2010, hal itu membuat pertumbuhan ekonomi di daerah Tangerang terus bertumbuh dan semakin berkembang dengan pesat. Selain jumlah penduduk, banyaknya saham yang ditanamkan investor di daerah ini juga sangat besar pengaruhnya dengan kebutuhan lahan, baik perkantoran, pertokoan, sampai hunian tempat tinggal. Terbatasnya ketersediaan lahan membuat *highrise building* menjadi pilihan yang paling strategis dan paling banyak dipilih kebanyakan orang saat ini. Apartemen merupakan solusi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan lahan yang menjadi salah satu kebutuhan hidup masyarakat kota Tangerang. Dari sisi kenyamanan, Tangerang juga menawarkan satu kelebihan lantaran lingkungan yang relatif lebih bersih dibandingkan wilayah penyangga lainnya. Area residen di Jakarta yang makin sempit dan mahal menyebabkan Tangerang menjadi salah satu alternatif untuk bertempat tinggal.

PT. XYZ merupakan anak perusahaan dari Indopasifik Group, dan merupakan salah satu perusahaan properti yang ada di Indonesia. PT XYZ mulai beroperasi di bidang properti dengan melakukan pengembangan lahan yang terletak di Alam Sutera, Tangerang. Di atas lahan tersebut akan dibangun kawasan Apartemen yang diberi nama Apartemen Garden dengan pengembangan tempat tinggal yang spektakuler melalui penggabungan taman dan arsitektur kemegahan yang indah.

Dalam pengembangan lahan pada Apartemen Garden, banyak pesaing lain yang juga melakukan pembangunan, diantaranya:

Tabel 1. Pesaing Perusahaan

No	Nama Perusahaan	Alamat	Proyek yang dikerjakan
1	PT. Jaya Real Property Tbk.	Tangerang Selatan, Banten.	Sedang membangun sebuah proyek yaitu Apartemen Silktown.
2	PT. Trinita Group & PT. W Realty	Tangerang Selatan, Banten.	Merupakan perusahaan yang berkeja sama untuk membangun sebuah proyek yaitu Apartemen Yukata Suites.
3	PT. Alam Sutera Realty	Tangerang, Banten.	Sedang membangun sebuah proyek yaitu Apartemen Paddington Heights.
4	PT. Trinita Group	Tangerang, Banten.	Sedang membangun sebuah proyek yaitu Apartemen The Smith.

Sumber: PT. XYZ (2019)

Pada beberapa tahun terakhir, perusahaan beberapa kali mengalami komplain karena keterlambatan dalam penyelesaian proyek pembangunan dan dapat dijabarkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. Komplain Keterlambatan

Tahun	Komplain Keterlambatan
2017	3
2018	4
2019	4

Sumber: PT. XYZ (2019)

Dari tabel di atas, terlihat bahwa perusahaan memang masih mengalami komplain hingga 2019, terutama komplain karena keterlambatan yang tinggi. Oleh karena itu, perusahaan berupaya untuk bisa menghindari keterlambatan lagi. Terutama untuk pembangunan proyek kedepannya yang cukup besar yaitu pembangunan proyek Apartemen Garden.

Tabel 3. Perbandingan Pekerjaan Normal dan Dipercepat

PEKERJAAN NORMAL	PEKERJAAN DIPERCEPAT
Persiapan awal dan penggalian	Persiapan awal dan penggalian
Pengetesan dan kekuatan tanah	Pengetesan dan kekuatan tanah
Pengeboran dan pengeringan air setelah pengeboran	Pengeboran dan pengeringan air setelah pengeboran
Pemasangan fondasi	Pemasangan fondasi
Pemasangan pipa air	Pemasangan pipa air
Pembuatan basemen	Pembuatan basemen
Pembuatan lantai dasar	Pembuatan lantai dasar
Pemasangan lantai marmer	
Pemasangan AC,FCU,FAN dan DIFUSER (Lobby, mezanine, dan koridor per lantai)	Pemasangan AC,FCU,FAN dan DIFUSER (Lobby, mezanine, dan koridor per lantai)
Pembangunan lantai eksklusif (1 s/d 3)	Pembangunan lantai eksklusif (1 s/d 3)
Pembangunan lantai regular (4 s/d 40)	Pembangunan lantai regular (4 s/d 40)
Pemasangan atap	Pemasangan atap
Pemasangan listrik (kabel)	Pemasangan listrik (kabel)
Pemasangan plafon	
Membangun unit perawatan/gondola	
Pemasangan anti air	Pemasangan anti air
Penataan furniture ruangan, koridor, lobby, lemari ruangan dan dapur	
Pembuatan ruangan dan pengaplikasian mesin lift	Pembuatan ruangan dan pengaplikasian mesin lift
Pemasangan lift umum dan servis	
Penataan tembok partisi	Penataan tembok partisi
Pengecatan interior dan eksterior	Pengecatan interior dan eksterior
Pemasangan bingkai jendela dan pintu alumunium	
Pemasangan kaca jendela	
Pemasangan ubin dan keramik toilet	Pemasangan ubin dan keramik toilet
PLN dan genset	PLN dan genset
Pemasangan lampu	
Pemasangan alat pemadam	
Pemasangan dasar aksesoris	Pemasangan dasar aksesoris
Pemasangan elektronik	Pemasangan elektronik
Pengetesan dan finishing	Pengetesan dan finishing

Sumber: PT. XYZ (2019)

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa kegiatan perusahaan dalam pembangunan Apartemen Garden memiliki tahapan pembangunan dengan data kegiatan-kegiatan pekerjaan normal dari perusahaan dan pekerjaan yang bisa dipercepat.

Pembangunan Apartemen Garden akan dijalankan pada pertengahan tahun 2020. Dari data kurva S yang didapatkan dari proyek bahwa pembangunan apartemen ini akan mengalami keterlambatan sekitar 1 tahun 4 bulan, hal tersebut dibuktikan dari kurva S pada pekerjaan *Ground Breaking* yang seharusnya pada bulan Agustus tahun 2020 sudah harus dilaksanakan, namun pada bulan Desember tahun 2020 pelaksanaan *Ground Breaking* baru dimulai. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengendalian waktu dan biaya.

Sebagaimana yang diketahui bahwa proyek Apartemen Garden merupakan proyek yang besar dan kompleks sehingga untuk mengoptimalkan pembangunan apartemen tersebut diperlukan sebuah manajemen proyek yang matang dan terstruktur. Penjadwalan yang baik pada suatu proyek merupakan hal yang sangat penting. Dalam penjadwalan perusahaan dituntut untuk dapat menyelesaikan pembangunan tepat waktu sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

Di dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), Salah satu keuntungan CPM berdasarkan Adedeji dan Bello (2011) yaitu cocok untuk formulasi, penjadwalan, dan mengelola berbagai kegiatan di semua pekerjaan konstruksi, karena menyediakan jadwal yang dibangun secara empiris. Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk teknik perencanaan waktu dan jadwal dalam sebuah perencanaan *project*. Menurut Heizer & Render (2011), CPM (*Critical Path Method*) merupakan metode jalur kritis yang dikembangkan di tahun 1950-an untuk membantu para manajer melakukan penjadwalan, pemantauan, serta pengendalian proyek besar dan kompleks. Heizer & Render (2014:101), juga mendefinisikan PERT merupakan teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap aktivitas. CPM dan PERT lebih jarang digunakan dalam *project* dibandingkan dengan Kurva-S. Penggunaan CPM dan PERT baru sebatas syarat yang harus diajukan oleh kontraktor dalam tender. Setelah itu dalam pelaksanaannya, hampir tidak pernah dipakai. Seharusnya CPM yang dibuat pada saat tender yang akan menjadi *baseline* dalam monitoring pelaksanaan *project*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari penerapan metode CPM dan PERT pada pembangunan Apartemen Garden di Tangerang dalam penjadwalan waktu serta perbandingan biaya sebelum dan sesudah menggunakan metode CPM dan PERT.

Kajian Literatur

Manajemen Proyek

Mallon (2015) menjelaskan bahwa untuk membuat proses manajemen proyek lebih ringan bersumber pada daya *online* yang menjanjikan dan pertemuan jadwal secara rutin untuk melakukan monitor dan kontrol anggaran serta dalam menetapkan tugas, sumber daya yang mudah digunakan harus tinggi pada daftar *to-do* ketika memulai sebuah proyek baru.

Heizer & Render (2011) mengatakan bahwa “manajemen proyek merupakan suatu pemikiran tentang manajemen yang ditujukan untuk mengelola kegiatan yang berbentuk proyek. Manajemen proyek memiliki arti berbeda karena menggambarkan suatu komitmen sumber daya dan manusia untuk melakukan suatu aktivitas yang penting dalam jangka waktu, relatif, di mana setelah selesai manajemen akan dibubarkan. Terdapat tiga fase dalam manajemen proyek, yaitu: perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian”.

Ada tiga fase dalam manajemen proyek, yaitu (Heizer & Render, 2011) :

1. Perencanaan

Sebuah proyek perlu suatu perencanaan yang matang. Agar memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan dalam batasan waktu, mutu, biaya dan keselamatan kerja. Perencanaan proyek dilakukan dengan cara melakukan studi kelayakan, rekayasa nilai, perencanaan area manajemen proyek dari sisi biaya, mutu, waktu, kesehatan dan keselamatan kerja, sumber daya, lingkungan, resiko dan sistem informasi.

2. Penjadwalan

Di dalam proses ini merupakan implementasi dari perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek yang meliputi sumber daya, durasi dan waktu dalam menyelesaikan proyek. Proses *monitoring* dan *updating* selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang realistis agar sesuai dengan tujuan proyek dengan menggunakan beberapa metode yaitu *barchart*, penjadwalan *linear*, *network planning* serta waktu dan durasi kegiatan untuk memonitor bila ada penyimpangan dari perencanaan yang sudah dilakukan, sehingga bisa segera dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap berada di jalur yang diinginkan.

3. Pengendalian

Tujuan utama dari proses ini yaitu untuk meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama berlangsungnya proyek dan mengoptimasi kinerja biaya, waktu, mutu dan keselamatan kerja sebagai tolak ukur. Kegiatan yang dilakukan yaitu berupa pengawasan, pemeriksaan, koreksi yang dilakukan pada saat proses pelaksanaan proyek.

Di dalam bukunya, Nurhayati (2010) menjelaskan bahwa “sebuah proyek dapat diartikan sebagai upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.”

Metode CPM dan PERT

Untuk mempertahankan perencanaan dan pengendalian proyek, dua teknik riset operasi yaitu *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Techniques* (PERT).

Menurut Yang, (2017), “metode CPM biasanya menghasilkan kontrol jadwal yang lebih sulit yang mengakibatkan dalam pengambilan keputusan salah karena tidak realistis”. Menurut Heizer & Render (2011), “PERT dan CPM baik dikembangkan di tahun 1950 untuk membantu jadwal manajer, memantau dan mengendalikan proyek besar dan kompleks”. Sedangkan menurut Render, Stair, Jr, & Hanna. (2012), PERT adalah probabilitistik, sedangkan CPM adalah *deterministic*”.

Critical Path Method (CPM)

CPM merupakan singkatan dari *Critical Path Method*. Menurut Shankar, Saradhi, & Babu (2013) “metode jalur kritis (CPM) berguna untuk perencanaan dan pengendalian proyek yang kompleks. CPM mengidentifikasi kegiatan penting dalam jalur kritis dari suatu jaringan kerja. Keberhasilan pelaksanaan CPM membutuhkan ketersediaan durasi waktu yang ditentukan secara jelas untuk setiap kegiatan”.

Di dalam penjadwalan proyek, sering kali mempertimbangkan apakah waktu penyelesaian proyek yang diperkirakan perlu dipercepat atau tidak. Apabila waktu penyelesaian proyek diperlukan maka proyek akan dipercepat, maka hal yang perlu diperhatikan adalah lintasan kritisnya. Menurut Ridho dan Syahrizal (2012), “diadakannya pemendekan durasi, berarti harus menambah sumber daya, termasuk biaya dan mempercepat pengangkutan bahan ke proyek. Semakin banyak kegiatan yang dipercepat maka akan semakin banyak biaya yang akan dikeluarkan”.

Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Menurut Nurhayati (2010) dalam bukunya bahwa “PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk mengurangi adanya penundaan kegiatan (proyek, produksi, dan teknik) maupun rintangan dan perbedaan-perbedaan, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan, dan mempercepat selesainya proyek-proyek”.

Menurut Soeharto dalam yang dikutip oleh D annyanti (2012) di dalam Roshalia (2017), “PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan”.

Menurut Nurhayati (2010) ciri utama PERT adalah adanya tiga perkiraan waktu yang terdiri dari :

- a. Waktu optimis (*optimistic time*) (a) yaitu waktu minimum dari suatu kegiatan, dimana segala sesuatu akan berjalan baik, sangat kecil kemungkinan kegiatan selesai sebelum waktu ini.
- b. Waktu pesimis (*pessimistic time*) (b) yaitu waktu maksimal yang dibutuhkan dalam suatu kegiatan, situasi ini terjadi bila nasib buruk terjadi.
- c. Waktu realistik (*most likely time*) (m) yaitu waktu normal untuk menyelesaikan kegiatan yang bisa terjadi dalam pelaksanaan berdasarkan pengalaman-pengalaman masa lampau.

Aziz, (2014) dalam penelitiannya mengatakan bahwa “teknik yang digunakan untuk penjadwalan proyek akan bervariasi tergantung pada ukuran proyek, kompleksitas, durasi, personel, dan kebutuhan pemilik”. Hal ini berguna dalam analisis kegiatan yang terlibat dalam menyelesaikan proyek tertentu, terutama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan, dan mengidentifikasi waktu minimum dibutuhkan untuk menyelesaikan total proyek, PERT dikembangkan terutama untuk menyederhanakan perencanaan dan penjadwalan besar dan proyek-proyek kompleks. Sedangkan menurut Adebowale, dan Oluboyede, (2011), PERT digunakan untuk menggabungkan tidak pastian dengan membuat jadwal proyek sementara yang tidak tahu persis rincian dan durasi dari semua kegiatan.

Kerangka Kerja CPM dan PERT

Menurut Heizer dan Render (2014), CPM dan PERT ada 6 (enam) fase dasar sebagai berikut:

1. Menetapkan proyek dan menyiapkan struktur penguraian kerjanya.
2. Membangun hubungan antara aktivitas-aktivitasnya. Memutuskan aktivitas yang harus dilakukan lebih dahulu dan aktivitas yang harus mengikuti aktivitas lain.
3. Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan aktivitas.
4. Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk setiap aktivitas.
5. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan (jalur kritis).
6. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

Fase kelima adalah bagian utama dalam pengendalian proyek. Aktivitas pada jalur kritis merepresentasikan tugas-tugas yang akan membuat keseluruhan proyek menjadi tertunda, kecuali dapat diselesaikan secara tepat waktu.

Meskipun PERT dan CPM berbeda pada beberapa hal dalam terminologi dan konstruksi jaringan, tujuan keduanya sama.

Perbedaan CPM dan PERT

Menurut Sharma (2016), teknik ini dikembangkan secara independen oleh dua organisasi yang berbeda, mereka lebih atau kurang mirip dan sekarang disebut sebagai teknik jaringan atau analisis jaringan atau analisis jalur kritis atau teknik penjadwalan proyek. Kedua metode dapat jelas dibedakan dari satu sama lain sebagai berikut:

Tabel 4. Perbedaan CPM dan PERT

CPM	PERT
Penjadwalan dan pengendalian aktivitas yang sudah pernah dikerjakan	Perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan
1 jenis waktu informasi untuk menyelesaikan suatu proyek	3 jenis waktu pengerjaan : waktu optimis, waktu pesimis, waktu realistis
Penekanan biaya yang sesuai	Penekanan waktu yang cepat untuk meminimalkan biaya
Tanda panah adalah suatu aktivitas	Anak panah menunjukkan urutan aktivitas
Notasi: panah diagram, <i>node</i> , pekerjaan, <i>float</i> , dll	Notasi: jaringan, aktivitas acara, kendur, dll

Sumber : Sharma (2016)

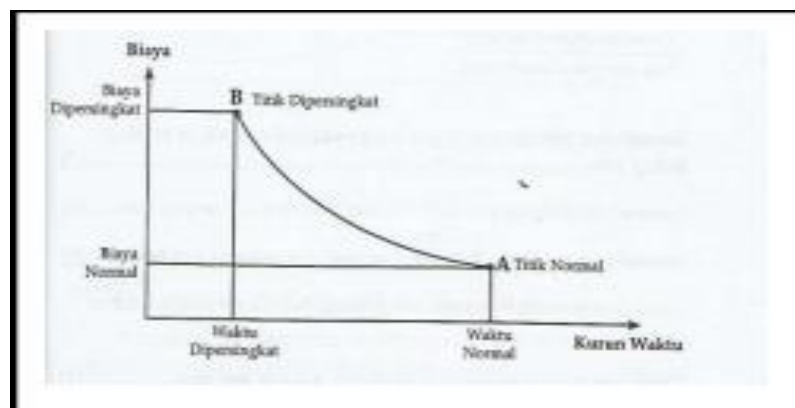
Crashing Program

Menurut Heizer & Render (2014), ketika memilih aktivitas mana yang harus dilakukan *crash* dan ada berapa banyak yang bisa dilakukan, harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Jumlah yang diperbolehkan pada sebuah aktivitas untuk dipersingkat.
- Secara bersamaan, jangka waktu aktivitas yang dipersingkat dapat menyelesaikan proyek pada batas waktunya.
- Biaya total *crashing* sekecil mungkin.

Dalam menganalisis program percepatan adalah sebagai berikut:

- *Normal Duration* (Durasi Normal) yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas atau kegiatan dengan sumber daya normal yang ada, tanpa adanya biaya tambahan lain dalam suatu proyek.
- *Crash Duration* (Durasi Dipersingkat) waktu yang akan dibutuhkan suatu proyek dalam usahanya mempersingkat waktu, yang durasinya lebih pendek dari normal duration.
- *Normal Cost* (Biaya Normal) yaitu biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal.
- *Crash Cost* (Biaya untuk waktu yang dipersingkat) adalah biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam jangka waktu sebesar durasi percepatannya. Biaya setelah dipercepat akan menjadi lebih besar dari biaya normal.



Gambar 1. Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipersingkat Untuk Satu Kegiatan

Sumber: Hamdan Dimiyati & Kadar Nurjaman (2014)

Pembahasan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Analisis menggunakan CPM (*Critical Path Method*) dan Metode Analisis menggunakan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Penelitian dilakukan terhadap proyek pembangunan Apartemen Garden, Alam Sutera. Jenis penelitian yang digunakan adalah Deskriptif Kuantitatif. Dalam pelaksanaannya metode penelitian yang dilakukan adalah Wawancara. Unit analisis yang dituju adalah Perusahaan PT XYZ bagian *project control* (organisasi), Studi kasus proyek Apartemen dan time horizon yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan *time horizon cross sectional*.

Perhitungan menggunakan CPM

Dalam CPM setiap aktivitas mempunyai waktu yang dianggap sudah pasti. Waktu setiap aktivitas dalam proyek pada Apartemen Garden dapat dilihat pada table di bawah ini:

Tabel 5. Durasi Kegiatan (CPM)

Kegiatan	Jenis Kegiatan	Durasi (Hari)	Kegiatan Pendahulu
1	persiapan awal dan penggalian	17	0
2	pengetesan dan kekuatan tanah	30	1
3	pengeboran dan pengeringan air setelah pengeboran	30	2
4	pemasangan fondasi	10	3
5	pemasangan pipa air	68	4
6	pembuatan basemen	30	5
7	pembuatan lantai dasar	6	6
8	pemasangan lantai marmer	67	7
9	pemasangan AC,FCU,FAN dan DIFUSER (Lobby, mezanine, dan koridor per lantai)	82	7
10	pembangunan lantai eksklusif (1 s/d 3)	60	8,9
11	pembangunan lantai regular (4 s/d 40)	51	10
12	pemasangan atap	10	11
13	pemasangan listrik (kabel)	85	12
14	pemasangan plafon	62	13
15	membangun unit perawatan/gondola	42	13
16	pemasangan anti air	52	13
17	penataan furniture ruangan, koridor, lobby, lemari ruangan dan dapur	65	14
18	pembuatan ruangan dan pengaplikasian mesin lift	10	15,16
19	pemasangan lift umum dan servis	75	18
20	penataan tembok partisi	60	18
21	pengecatan interior dan eksterior	65	20
22	pemasangan bingkai jendela dan pintu alumunium	57	20
23	pemasangan kaca jendela	60	22
24	pemasangan ubin dan keramik toilet	70	21
25	PLN dan genset	60	22,24
26	pemasangan lampu	75	25
27	pemasangan alat pemadam	85	25
28	pemasangan dasar aksesoris	75	25
29	pemasangan elektronik	85	28
30	pengetesan dan finishing	80	26,27,29

Sumber : PT. XYZ (2019)

Tabel 6. Jaringan CPM

Project	Activity Time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
1	17	0	17	0	17	0
2	30	17	47	17	47	0
3	30	47	77	47	77	0
4	10	77	87	77	87	0
5	68	87	155	87	155	0
6	30	155	185	155	185	0
7	6	185	191	185	191	0
8	67	191	258	206	273	15
9	82	191	273	191	273	0
10	60	273	324	273	324	0
11	51	324	384	324	384	0
12	10	384	394	384	394	0
13	85	394	479	394	479	0
14	62	479	541	909	971	430
15	42	479	521	489	531	10
16	52	479	531	479	531	0
17	65	541	606	971	1036	430
18	10	531	541	531	541	0
19	75	541	616	961	1036	420
20	60	541	601	541	601	0
21	65	601	666	601	666	0
22	57	601	658	679	936	278
23	60	658	718	976	1036	318
24	70	666	736	666	736	0
25	60	736	796	736	796	0
26	75	796	871	881	956	85
27	85	796	881	871	956	75
28	75	796	871	796	871	0
29	85	871	956	871	956	0
30	80	956	1036	956	1036	0

Sumber : Penulis (2019)

Keterangan:

ES : *earliest activity start time*, yaitu waktu tercepat dimulainya aktivitas.

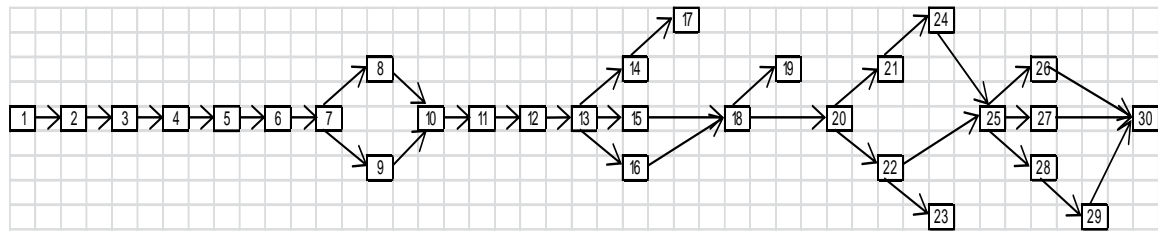
EF : *earliest activity finish time*, yaitu waktu tercepat diselesaikannya aktivitas.

LS : *latest activity start time*, yaitu waktu paling terlambat dimulainya aktivitas.

LF : *latest activity finish time*, yaitu waktu paling terlambat diselesaikannya aktivitas.

SLACK : waktu bebas yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui waktu penyelesaian proyek yang dilakukan perusahaan dengan menggunakan pendekatan CPM adalah sebesar 1.036 hari.



Gambar 2. Lintasan Jalur Kritis

Sumber : Penulis (2019)

Lintasan kritis atau jalur kritis merupakan lintasan dengan jumlah waktu yang paling lama pada kegiatan, dibandingkan dengan semua lintasan lain yang mungkin. Jumlah waktu pada lintasan kritis sama dengan umur proyek yang berjalan.

Perhitungan menggunakan PERT

Estimasi waktu dan hasil perhitungan waktu yang diharapkan dalam pengerjaan proyek konstruksi bangunan pada Apartemen Garden dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 7. Durasi Kegiatan (PERT)

Kegiatan	Jenis Kegiatan	Waktu Optimis	Waktu Rata-rata	Waktu Pesimis	Kegiatan Pendahulu
1	persiapan awal dan penggalian	15	17	20	0
2	pengetesan dan kekuatan tanah	25	30	33	1
3	pengeboran dan pengeringan air setelah pengeboran	25	30	35	2
4	pemasangan fondasi	9	10	12	3
5	pemasangan pipa air	60	68	70	4
6	pembuatan basemen	25	30	35	5
7	pembuatan lantai dasar	5	6	7	6
8	pemasangan lantai marmer	65	67	69	7
9	pemasangan AC,FCU,FAN dan DIFUSER (Lobby, mezanine, dan koridor per lantai)	75	82	89	7
10	pembangunan lantai eksklusif (1 s/d 3)	55	60	65	8,9
11	pembangunan lantai regular (4 s/d 40)	50	51	52	10
12	pemasangan atap	9	10	11	11
13	pemasangan listrik (kabel)	82	85	88	12
14	pemasangan plafon	60	62	64	13
15	membangun unit perawatan/gondola	40	42	44	13
16	pemasangan anti air	50	52	54	13
17	penataan furniture ruangan, koridor, lobby, lemari ruangan dan dapur	62	65	58	14
18	pembuatan ruangan dan pengaplikasian mesin lift	7	10	14	15,16

Kegiatan	Jenis Kegiatan	Waktu Optimis	Waktu Rata-rata	Waktu Pesimis	Kegiatan Pendahulu
19	pasangan lif umum dan servis	70	75	80	18
20	penataan tembok partisi	57	60	63	18
21	pengecatan interior dan eksterior	63	65	67	20
22	pasangan bingkai jendela dan pintu aluminium	55	57	59	20
23	pasangan kaca jendela	55	60	65	22
24	pasangan ubin dan keramik toilet	65	70	75	21
25	PLN dan genset	55	60	65	22,24
26	pasangan lampu	70	75	80	25
27	pasangan alat pemadam	80	85	90	25
28	pasangan dasar aksesoris	70	75	80	25
29	pasangan elektronik	82	85	87	28
30	pengetesan dan finishing	70	80	90	26,27,29

Sumber : PT. XYZ (2019)

Tabel 8. Jaringan PERT

Project	Activity Time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
1	17,17	0	17,17	0	17,17	0
2	29,67	17,17	46,83	17,17	46,83	0
3	30	46,83	76,83	46,83	76,83	0
4	10,17	76,83	87	76,83	87	0
5	67	87	154	87	154	0
6	30	154	184	154	184	0
7	6	184	190	184	190	0
8	67	190	257	205	272	15
9	82	190	272	190	272	0
10	60	272	332	272	332	0
11	51	332	383	332	383	0
12	10	383	393	383	393	0
13	85	393	478	393	478	0
14	62	478	540	909,67	971,67	431,67
15	42	478	520	488	530	10
16	52	478	530	478	530	0
17	63,33	540	603,33	971,67	1035	431,67
18	10,17	530	540,17	530	540,17	0

Project	Activity Time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
19	75	540,17	615,17	960	1035	419,83
20	60	540	600	540	600	0
21	65	600,17	665,17	600,17	665,17	0
22	57	600,17	657,17	678,17	735,17	78
23	60	657,17	717,17	975	1035	317,83
24	70	665,17	735,17	665,17	735,17	0
25	60	735,17	795,17	735,17	795,17	0
26	75	795,17	870,17	880	955	84,83
27	85	795,17	880,17	870	955	74,83
28	75	795,17	870,17	795,17	870,17	0
29	84,83	870,17	955	870,17	955	0
30	80	955	1035	955	1035	0

Sumber : Penulis (2019)

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui waktu penyelesaian proyek yang dilakukan oleh perusahaan adalah 1.035 hari.

Tabel 9. Perhitungan Crashing Program

Kegiatan	Waktu yang dibutuhkan (hari)		Biaya (Dalam Rupiah)	
	Normal	Crash	Normal	Crash
1*	17	15	18.017.345.767,33	18.197.519.225,01
2*	30	27	7.206.938.307,00	7.315.042.381,61
3*	30	25	10.810.407.460,33	11.080.667.646,84
4*	10	9	10.619.845.000,00	10.672.944.225,00
5*	68	60	12.397.227.245,67	12.893.116.335,49
6*	30	25	14.138.936.572,33	14.492.409.986,64
7*	6	5	8.932.236.054,00	8.976.897.234,27
8	67	65	15.760.717.440,67	15.760.717.440,67
9*	82	75	20.127.042.527,00	20.831.489.015,45
10*	60	55	16.588.438.386,00	17.003.149.345,65
11*	51	48	53.343.267.706,67	54.143.416.722,27
12*	10	9	1.441.709.938,00	1.448.918.487,69
13*	85	82	14.553.266.766,67	14.771.565.768,17
14	62	60	7.952.485.843,67	7.952.485.843,67
15	42	40	1.450.000.000,00	1.450.000.000,00
16*	52	50	9.593.480.181,33	9.689.414.983,15
17	65	62	20.580.285.533,33	20.580.285.533,33
18*	10	7	6.468.118.563,00	6.565.140.341,45

Kegiatan	Waktu yang dibutuhkan (hari)		Biaya (Dalam Rupiah)	
	Normal	Crash	Normal	Crash
19	75	70	15.300.000.000,00	15.300.000.000,00
20*	60	57	14.390.220.272,00	14.606.073.576,08
21*	65	63	21.927.954.700,33	22.147.234.247,34
22	57	55	16.445.966.025,33	16.445.966.025,33
23	60	55	26.039.446.206,67	26.039.446.206,67
24*	70	65	20.557.457.532,00	21.071.393.970,30
25*	60	55	14.962.500.000,00	15.336.562.500,00
26	75	70	2.250.000.000,00	2.250.000.000,00
27	85	80	10.780.197.605,00	10.780.197.605,00
28*	75	70	7.131.988.675,00	7.310.288.391,88
29*	85	82	9.702.177.844,33	9.847.710.512,00
30*	80	70	166.666.667,00	175.000.000,35
	1.624	1.511	409.636.324.820,67	415.135.053.551,28
	1.036	954	293.077.226.166,00	298.575.954.896,61

Sumber : Penulis (2019)

Keterangan :

- * = Jalur kritis
- 1.624 = Total keseluruhan waktu normal
- 1.511 = Total keseluruhan waktu normal setelah *crashing*
- 1.036 = Total waktu normal dengan perhitungan kritis
- 954 = Total waktu setelah *crashing* dengan perhitungan kritis
- Rp 409.636.324.820 = Total keseluruhan biaya normal
- Rp 415.135.053.551 = Total keseluruhan biaya setelah *crashing*
- Rp 293.077.226.166 = Total biaya normal dengan perhitungan kritis
- Rp 298.575.954.896 = Total biaya setelah *crashing* dengan perhitungan kritis

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui waktu penyelesaian proyek yang dilakukan oleh perusahaan adalah 1.624 hari. Dengan menggunakan *Crashing Program* dan pendekatan CPM adalah sebesar 954 hari.

Dengan menggunakan *crash schedule* biayanya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan *normal schedule*. Dalam *crash schedule* akan dipilih kegiatan-kegiatan kritis dengan tingkat kemiringan terkecil untuk mempercepat pelaksanaannya. Langkah ini dilakukan sampai seluruh kegiatan mencapai nilai *crash time*-nya. Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan sudut kemiringan/*slope* (waktu dan biaya suatu kegiatan) adalah:

Penerapan Metode CPM dan PERT pada PT. XYZ dalam Pembangunan Proyek Apartemen Garden di Tangerang

$$\begin{aligned}
 \text{Slope biaya CPM} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipercepat}} \dots\dots\dots(1) \\
 &= \frac{298.575.954.896,61 - 293.077.226.166}{1.036 - 954} \\
 &= 67.057.667,45 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Slope biaya PERT} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipercepat}} \dots\dots\dots(2) \\
 &= \frac{298.575.954.896,61 - 293.077.226.166}{1.035 - 954} \\
 &= 67.885.539,88 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Rp 298.575.954.896 = Biaya dipercepat hasil dari penjumlahan jalur kritis pada biaya *crashing program*.
- Rp 293.077.226.166 = Biaya normal didapat dari hasil penjumlahan jalur kritis pada biaya normal CPM atau PERT.
- 1.036 Hari = Waktu normal didapat dari hasil penjumlahan jalur kritis pada waktu normal CPM.
- 1.035 Hari = Waktu normal didapat dari hasil penjumlahan jalur kritis pada waktu normal PERT.
- 954 Hari = Waktu dipercepat hasil dari penjumlahan jalur kritis pada waktu *crashing program*.

Tabel 10. Summary Hasil Pengolahan Data

	NORMAL	CPM	PERT
Alur Kegiatan Yang Dijalankan	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30	1-2-3-4-5-6-7-9-10-11-12-13-16-18-20-21-24-25-28-29-30	1-2-3-4-5-6-7-9-10-11-12-13-16-18-20-21-24-25-28-29-30
Total Biaya	409.636.324.820,67	293.077.226.166	293.077.226.166
Slop Biaya Setelah Crashing	-	67.057.667,45	67.885.539,88
Waktu Tanpa Crashing	1.624	1.036	1.035

Sumber : Penulis (2019)

Dari hasil pengolahan data menggunakan *QM for Windows versi 5.0* yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa alur kegiatan dengan metode CPM dan PERT lebih cepat dari metode manual. Biaya yang dikeluarkan dengan penerapan kedua metode tersebut adalah sebesar Rp 293.077.226.166. Hal ini menunjukkan adanya optimasi biaya sebesar Rp 116.559.098.654,67.

Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dengan skenario CPM adalah 1.036 hari dan dengan skenario PERT adalah 1.035 hari, sedangkan waktu dengan skenario CPM apabila menggunakan *crashing program* adalah 954 hari.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh melalui observasi proses produksi, data perusahaan dan wawancara kepada PT. XYZ serta analisis data dengan menggunakan metode CPM dan PERT yang dilakukan untuk menentukan penjadwalan produksi yang baik untuk menghindari keterlambatan produksi proyek pembangunan apartemen serta mengetahui biaya dan waktu yang optimal untuk menjalankan proyek pembangunan apartemen, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan metode CPM dan PERT, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dengan skenario CPM adalah 1.036 hari dan dengan skenario PERT adalah 1.035 hari, sedangkan waktu dengan skenario CPM apabila menggunakan *crashing program* adalah 954 hari dan kegiatan apa saja yang termasuk di dalam jalur kritis, dimana kegiatan tersebut harus selesai dengan tepat waktu.
2. Terdapat perbandingan biaya antara sebelum dan sesudah menggunakan metode CPM dan PERT pada proyek pembangunan Apartemen Garden. Dengan biaya normal sebesar Rp. 409.636.324.820,67 dan biaya pada jalur kritis sebesar Rp. 293.077.226.166,00 dimana perbedaan biayanya adalah sebesar Rp. 116.559.098.655 dari biaya normal.
3. Biaya dan waktu normal proyek diselesaikan dalam jangka waktu 1.624 hari dengan biaya Rp. 406.636324.820,67 dan jika menggunakan jalur kritis pada *Crashing Program*, proyek akan bisa diselesaikan dalam jangka waktu 954 hari dengan total biaya Rp. 293.077.266.166,00.

Saran

Dari hasil penelitian, saran kepada pihak perusahaan PT. XYZ, yaitu :

1. Dalam proses pengerjaan proyek pembangunan Apartemen Garden bila PT. XYZ mengaplikasikan metode CPM ataupun PERT dalam mengoptimalkan manajemen proyek agar dapat mengetahui waktu dan biaya perencanaan yang baik sebelum memulai proyek pembangunan.
2. Perusahaan sebaiknya memperhatikan jalur kritis. Hal ini bertujuan untuk menghindari keterlambatan pekerjaan yang dapat mempengaruhi proyek secara keseluruhan.
3. Perusahaan direkomendasikan untuk mengaplikasikan metode PERT pada proyek pembangunan Apartemen Garden sehingga proyek dapat diselesaikan 1.035 hari dari waktu normal yaitu 1.624 hari. Apabila perusahaan ingin lebih mempercepat waktu pekerjaan, maka perusahaan disarankan menggunakan perhitungan *Crashing Program* sehingga waktu pekerjaan menjadi 954 hari dengan total biaya Rp. 293.077.266.166,00.

Daftar Pustaka

- Adebowale, S.A. and Oluboyede, E.D. (2011). Network analysis and building construction: Implications for timing and costing of activities. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*. 2(5), 90-100.
- Adedeji, A. A., & Bello, J. A. (2011). CONSTRUCTION PROCEDURE OF A STRAW \ BALE WALLED BUILDING-A REVIEW. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 9(3), 255.

- Aziz, R. F. (2014). RPERT: Repetitive-projects evaluation and review technique. *Alexandria Engineering Journal*, 53(1), 81-93.
- Dimiyati, H.A. Hamdan & Nurjaman, K. (2014). *Manajemen Proyek*. Cetakan Pertama. Bandung: Pustaka Setia.
- Heizer, J. H. & Render, B. (2011). *Operations Management*. New York : Pearson.
- Heizer, J dan Render, B (2014). *Operation Management Sustainability and Supply*. England: Pearson Education Limited.
- <https://biropemerintahan.bantenprov.go.id/profil-kota-tangerang-selatan>
- <https://www.infojabodetabek.com/luas-wilayah-dan-jumlah-penduduk-jabodetabek/>
- Mallon, M. (2015). Project Management. *Public Services Quarterly*, 11(2), 114-122.
- Nurhayati. (2010). *Manajemen Proyek*. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- Render, Stair, Jr, & Hanna. 2012. *Quantitative Analysis for Management*. New York : Pearson Prentice Hall.
- Rizki Ridho, M, Syahrizal. (2012). *Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Proyek dengan Metode PERT dan CPM*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Vol 1 No.1.
- Roshalia, O. (2017). *Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Menggunakan Critical Path Method (CPM) Dan Project Evaluation And Review Technique (PERT)* (Doctoral dissertation, STIE Ekuitas).
- Shankar, N. R., Saradhi, B. P., & Babu, S. S. (2013). Fuzzy critical path method based on a new approach of ranking fuzzy numbers using centroid of centroids. *International Journal of Fuzzy System Applications (IJFSA)*, 3(2), 16-31.
- Sharma. (2016). *Operation Research PERT, CPM & Cost Analysis*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- Yang, J. B. (2017). Reviewing construction schedule float management. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 11(1).