



**EVALUASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN LT.20  
APARTEMEN SQ RESIDENCE DENGAN OPTIMASI WAKTU DAN  
BIAYA PENYELESAIAN PADA CV. AGUNG PUTRA**

Skripsi

Dibuat oleh:

Gita Cahyani

0211 20 352

[gcahyanirhmdn22@gmail.com](mailto:gcahyanirhmdn22@gmail.com)

**FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS**

**UNIVERSITAS PAKUAN**

**BOGOR**

**MARET 2024**



**EVALUASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN LT.20  
APARTEMEN SQ RESIDENCE DENGAN OPTIMASI WAKTU  
DAN BIAYA PENYELESAIAN PADA CV. AGUNG PUTRA**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat dalam mencapai gelar Sarjana Manajemen  
Program Studi Manajemen pada Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Pakuan  
Bogor

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis  
(Towaf Totok Irawan, S.E. M.E., Ph. D.)



Ketua Program Studi  
(Prof. Dr. Yohanes Indrayono, AK, MM, CA.)

**EVALUASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN LT.20  
APARTEMEN SQ RESIDENCE DENGAN OPTIMASI WAKTU  
DAN BIAYA PENYELESAIAN PADA CV. AGUNG PUTRA**

Skripsi

Telah disidangkan dan dinyatakan lulus

Pada hari : Selasa, 26 Maret 2024

Gita Cahyani

0211 20 352

Menyetujui

Ketua Penguji Sidang

(Dr. Dewi Taurusyanti, S.E., M.M)



Ketua Komisi Pembimbing

(Dr. Sri Hidajati Ramdani, S.E., M.M.)



Anggota Komisi Pembimbing

(Eka Patra, S.E., M.M.)



---

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gita Cahyani

NPM : 0211 20 352

Judul Skripsi : Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Apartemen SQ  
Residence Dengan Optimasi Waktu dan Biaya Penyelesaian Pada  
CV. Agung Putra

Dengan ini saya menyatakan bahwa Paten dan Hak Cipta dari produk skripsi di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan Paten, Hak Cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pakuan.

Bogor, Maret 2024



STAMP: KEMENTERIAN TEMPEL 220AKX823421368

Gita Cahyani

0211 20 352

**© Hak Cipta milik Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan, Tahun  
2024**

**Hak Cipta Dilindungi Undang-undang**

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan.*

*Dilarang mengumumkan dan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apapun tanpa seizin Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan.*

## ABSTRAK

GITA CAHYANI. 021120352. Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Apartemen SQ Residence Dengan Optimasi Waktu dan Biaya Penyelesaian Pada CV. Agung Putra. Di bawah bimbingan : SRI HIDAJATI RAMDANI dan EKA PATRA. 2024.

Sejalan dengan perkembangan zaman pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia setiap tahunnya mencapai kurang lebih 275,77 juta jiwa menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), yang memicu pertumbuhan jumlah tempat kota-kota besar di Indonesia memberi dampak akan pembangunan apartemen atau rumah susun. CV. Agung Putra dalam membuat penjadwalan proyek mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan yang terjadi di lapangan dari segi waktu dan biaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ Residence.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif eksploratif dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Data sekunder melalui studi kepustakaan berupa data teori pendukung perusahaan dan data primer melalui observasi serta wawancara langsung dari pihak sukontraktor. Alat analisis menggunakan metode *Project Evaluation Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM) dan simulasi *monte carlo*.

Hasil penelitian dengan metode PERT diperoleh waktu selama 255 hari dengan peluang sebesar (49.99%) atau (50%), metode CPM diperoleh percepatan waktu 255 hari dan biaya sebesar Rp7.120.091.750.00, dan metode simulasi *monte carlo* diperoleh hasil percepatan waktu 282 hari dan biaya percepatan sebesar Rp7.254.102.450.00. Dengan tingkat keyakinan penyelesaian proyek sebesar 80%.

Kata kunci: Penjadwalan proyek, Optimasi waktu dan biaya, *Project Evaluation Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM) dan Simulasi *Monte Carlo*.

## PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat Rahmat, Hidayah, Dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan mudah dan lancar. Penulisan skripsi dengan judul “Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan LT. 20 Apartemen S.Q *Residence* Dengan Optimalisasi Waktu dan Biaya Penyelesaian Pada CV. Agung Putra” disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dalam memperoleh gelar strata satu (S1) Sarjana Manajemen Program Studi Manajemen Pada Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan Bogor, Penulis menyadari bahwa skripsi ini dalam pengungkapan, penyajian, dan pemilihan kata-kata ataupun pembahasan materi masih jauh dari kata sempurna serta penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peran berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, saran dan doa. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran serta pengarahan dari berbagai pihak untuk skripsi ini.

Penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang membantu menyelesaikan skripsi ini kepada:

1. Bapak Darmin dan Ibu Eli Gustina selaku orang tua penulis, serta keluarga besar yang senantiasa mencurahkan doa, dukungan, materi dan lainnya kepada penulis tanpa henti untuk kesuksesan dan keberhasilan penulis.
2. Bapak Towaf T. Irawan S.E. M.E., Ph. D. Selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pakuan, Bogor.
3. Bapak Prof. Dr. Yohanes Indrayono, AK, MM, CA. Selaku Ketua Program Studi S1 Manajemen Universitas Pakuan, Bogor.
4. Ibu Dr. Sri Hidajati Ramdani, S.E., M.M. Selaku Ketua Komisi Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan serta dorongan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Eka Patra, S.E., M.M., CBOA., C.CC., C.IJ. Selaku Anggota Komisi Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan serta dorongan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Program Studi Manajemen yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
7. Para Staff Tata Usaha yang telah membantu dan memberikan kemudahan dalam melakukan administrasi perkuliahan dan informasi.
8. Bapak Darmin selaku orang tua dan Direktur dari pemilik CV. Agung Putra yang telah membantu dan mengarahkan dalam riset untuk skripsi ini.
9. Bapak Suem selaku Asisten Direktur yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Pemilik nomor NPM 021120411 sebagai *partner* saya, terimakasih telah berjuang bersama menyelesaikan skripsi ini dan yang telah membantu, mendampingi, memberikan semangat serta mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.

11. Kepada Geng Warlen Arieska, Enina, Fatimah, Malisa, Audri dan Atikah yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi.
12. Teman-teman konsentrasi manajemen operasional Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan serta semangat kepada penulis.
13. Kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
14. Terimakasih untuk diri sendiri karena telah mampu bertahan dan berjuang atas kerja keras sejauh ini serta tidak pernah menyerah untuk menyelesaikan skripsi.

Akhir kata dari penulis, Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat positif bagi semua pihak yang berkepentingan dan semoga Allah SWT membalas semua amal dan kebaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini.

Wassalamualaikum wr.wb

Bogor, 28 Februari 2024

Gita Cahyani

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	8
1.2.1 Identifikasi Masalah .....	8
1.2.2 Perumusan Masalah .....	9
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	9
1.3.1 Maksud Penelitian .....	9
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Kegunaan Penelitian .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>11</b>
2.1 Manajemen Operasional .....	11
2.1.1 Ruang Lingkup Manajemen Operasi .....	12
2.1.2 Fungsi Manajemen Operasi .....	14
2.1.3 Tujuan Manajemen Operasi .....	16
2.2 Manajemen Proyek .....	17
2.2.1 Fungsi Manajemen Proyek.....	19
2.2.2 Tujuan Manajemen Proyek .....	21
2.2.3 Aspek Manajemen Proyek .....	22
2.3 Penjadwalan Proyek.....	24
2.3.1 Fungsi Penjadwalan Proyek .....	26
2.3.2 Faktor-Faktor Dalam Penjadwalan.....	27
2.3.3 Macam-macam penjadwalan.....	28
2.3.4 Metode penjadwalan proyek .....	29
2.4 Pengertian Metode PERT Dan CPM .....	30
2.4.1 Metode PERT ( <i>Project Evaluation Review Technique</i> ) .....	31
2.4.2 CPM ( <i>Critical Path Method</i> ) .....	34
2.4.3 Jalur Kritis ( <i>Critical Path</i> ) .....	36
2.4.4 Perbedaan Metode PERT dan CPM .....	37
2.4.5 Langkah-langkah Metode PERT dan CPM .....	39
2.5 Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	42

2.5.1 Langkah-langkah Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	43
2.6 Hubungan Antara Waktu Dan Biaya .....	44
2.7 Optimasi .....	45
2.7.1 Analisis Optimasi .....	46
2.8 Penelitian Terdahulu .....	48
2.9 Kerangka Pemikiran .....	52
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>55</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	55
3.2 Objek Penelitian, Unit Analisa, dan Lokasi Penelitian.....	55
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	55
3.4 Operasional Variabel .....	56
3.5 Metode Pengumpulan Data .....	56
3.6 Metode Analisis.....	56
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN &amp; PEMBAHASAN.....</b>	<b>60</b>
4.1 Gambaran Umum CV. Agung Putra .....	60
4.1.1 Kegiatan Perusahaan.....	60
4.1.2 Struktur Organisasi, Tugas dan Wewenang Perusahaan.....	62
4.1.3 Deskripsi Penelitian .....	63
4.2 Pembahasan dan Interpretasi Hasil Penelitian .....	65
4.2.1 Estimasi Waktu Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Pada Proyek Apartemen SQ Residence Dengan Menggunakan Metode PERT.....	66
4.2.2 Estimasi Waktu dan Biaya Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Pada Proyek Apartemen SQ Residence Dengan Menggunakan Metode CPM dan Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	74
4.2.3 Hasil Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Pada Proyek Apartemen SQ Residence Dengan Metode PERT, CPM, dan Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	85
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>87</b>
5.1 Simpulan .....	87
5.2 Saran .....	88
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>89</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>102</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tipe Unit SQ <i>Residence</i> .....	4
Tabel 1.2 Jadwal Aktivitas Proyek Pekerjaan LT.20.....	5
Tabel 1.3 Biaya Proyek Pada Aktivitas Pekerjaan LT.20.....	7
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	49
Tabel 3.1 Operasional Variabel.....	56
Tabel 4.1 Uraian Kegiatan dan Durasi Kegiatan.....	64
Tabel 4.2 Taksiran Waktu Pembangunan Lantai 20 SQ Res .....	66
Tabel 4.3 Taksiran Waktu yang di Harapkan Pembangunan Lantai 20 SQ Res...68	
Tabel 4.4 Hasil <i>Time Expected</i> (TE) dan Varians Jalur Kritis V(te) .....	69
Tabel 4.5 Slack dan Jalur Kritis Dari Masing-Masing Kegiatan.....	71
Tabel 4.6 Probabilitas Keberhasilan Proyek SQ Res Pembangunan LT.20 .....	73
Tabel 4.7 Waktu Percepatan Proyek Apartemen SQ Res Lantai 20.....	74
Tabel 4.8 EF dan LF Dari Masing-Masing Kegiatan .....	75
Tabel 4.9 Biaya Percepatan dan Biaya Percepatan Per Unit Waktu.....	77
Tabel 4.10 Perhitungan Hasil Waktu Percepatan Dan Biaya Percepatan Per Unit Waktu Berdasarkan Jalur Kritis.....	78
Tabel 4.11 Kegiatan yang Mengalami Keterlambatan dan Memerlukan Waktu Percepatan Serta Biaya Percepatan.....	79
Tabel 4.12 Analisis Optimasi Menggunakan Metode <i>Crashing</i> .....	81
Tabel 4.13 Aktivitas yang Dapat Dilakukan Pengurangan Waktu .....	82
Tabel 4.14 Aktivitas Proyek dan Durasi Normal Pengerjaan .....	82
Tabel 4.15 Distribusi Probabilitas Proyek SQ Res Pembangunan LT.20.....	84
Tabel 4.16 Hasil Evaluasi Perhitungan Menggunakan Metode PERT, CPM, dan Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pasokan dan Permintaan Tahunan Kondominium Jakarta.....	1
Gambar 1.2 <i>South Quarter – Office and Residential</i> .....	3
Gambar 1.3 <i>SQ Residence Progress</i> .....	3
Gambar 1.4 Diagram Jaringan Kerja .....	6
Gambar 2.1 Diagram Jaringan Kerja .....	35
Gambar 2.2 Hubungan Waktu dan Biaya .....	45
Gambar 2.3 Konstelasi Penelitian .....	54
Gambar 4.1 Struktur Organisasi.....	62
Gambar 4.2 Diagram Jaringan Kerja .....	65
Gambar 4.3 Jalur Kritis .....	72
Gambar 4.4 Hubungan Antara Waktu dan Biaya.....	80

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram jaringan kerja.....	102
Lampiran 2 Jalur Kritis .....	106
Lampiran 3 Proyek apartemen SQ <i>Residence</i> Jakarta Selatan.....	107
Lampiran 4 Proses Pengerjaan Proyek SQ Res.....	108
Lampiran 5 Surat Keterangan.....	109

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan zaman pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia setiap tahunnya mencapai kurang lebih 275,77 juta jiwa menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), yang memicu pertumbuhan jumlah tempat kota-kota besar di Indonesia memberi dampak akan pembangunan apartemen atau rumah susun. Melihat pertumbuhan Kota Jakarta yang begitu cepat dan pesat dikarenakan oleh banyak faktor seperti pusat perkantoran, perdagangan, pemerintahan, perdagangan, bisnis dan permukiman menyebabkan banyak masyarakat yang cenderung untuk mencari penghasilan di Jakarta. Hal ini menyebabkan kebutuhan dan permintaan akan tempat tinggal juga menjadi meningkat. Namun, kebutuhan akan hunian menjadi sebuah permasalahan yang tidak sebanding dengan keadaan atau beberapa faktor-faktor yang memiliki potensi penurunan pada saat pembangunan hunian apartemen di Jakarta.



Sumber: *Realestat.id* (2022)

Gambar 1.1 Pasokan dan Permintaan Tahunan Kondominium Jakarta

Meski telah mulai menggeliat dan menunjukkan performa positif, namun pasar apartemen di Jakarta terlihat masih memerlukan waktu lebih lama untuk kembali pulih dari krisis pasca pandemi. Berdasarkan pada gambar 1.1 menunjukkan bahwa menurut riset *Knight Frank* Indonesia bertajuk *Jakarta Property Highlight* mencatat, proyek baru dengan *pre-sales* tertinggi (81,3%) berasal dari segmen *lower middle*, dengan kisaran harga di bawah 16 juta per meter persegi. Sedangkan, peningkatan harga pada proyek baru didominasi kelas *upper*

*middle*, dengan rata-rata harga sebesar Rp39 juta per meter persegi. Syarifah Syaukat, Senior *Research Advisor Knight Frank* Indonesia menuturkan “penjualan pada stok di segmen menengah menjadi penggerak utama saat ini. Bahkan di Asia Pasifik, Jakarta diprediksikan sebagai salah satu kota yang akan memiliki pertumbuhan residensial yang cukup optimis di tahun 2022, “*jelas syarifah syaukat*. Optimisme juga masih tergambar dengan adanya penambahan jumlah pasokan di pasar apartemen Jakarta sebesar 1.735 unit. Pasokan baru dari empat proyek ini menambah *supply* apartemen menjadi 226.761 unit. Sedangkan, stok baru yang masuk di 2022 tercatat sejumlah 11.679 unit, atau meningkat lebih dari dua kali lipat dibandingkan tahun sebelumnya.

Covid-19 telah menimbulkan permasalahan di masyarakat dan di berbagai sektor usaha di Indonesia, termasuk sektor konstruksi. Hal tersebut berdampak pada proses pembangunan proyek-proyek seperti apartemen, gedung kantor dan lain-lain yang mengalami penundaan sehingga tidak dapat berjalan sesuai dengan *schedule* yang telah ditentukan. Dalam pelaksanaannya, sebuah proyek dapat terjadi ketidaksesuaian dalam hal waktu, faktor yang mempengaruhi hal tersebut salah satunya adalah perencanaan penjadwalan yang kurang baik yang disebabkan karena terdapat jadwal yang bentrok baik dari segi waktu, kegiatan, atau sumber daya manusia (Aldi, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa penjadwalan memiliki pengaruh yang besar terhadap pelaksanaan perencanaan proyek. Seperti yang terjadi pada proyek yang sedang dalam masa pemulihan dari masa pandemi yaitu pembangunan proyek apartemen *South Quarter Residence (SQ Res)* di daerah Jakarta Selatan.

Perencanaan menjadi aspek yang sangat penting dalam suatu manajemen proyek karena memainkan peran utama dalam keberhasilan serta tingkat pendapatan proyek, berkaitan dengan perencanaan merupakan suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan langkah-langkah kegiatan beserta segala sumber daya untuk mencapai tujuan tersebut (Sugiyanto, 2020). Untuk mengoptimalkan waktu dan biaya, pada proyek apartemen SQ Res perlu adanya pemakaian metode penjadwalan yang baik. Penjadwalan proyek menjadi salah satu kegiatan untuk merencanakan waktu pengerjaan proyek mulai dari identifikasi jenis kegiatan, keterurutan, sampai kurun waktu (durasi) yang dibutuhkan setiap kegiatan. Dalam pelaksanaannya, proyek konstruksi seringkali mengalami keterlambatan dikarenakan penjadwalan yang kurang optimal.



Sumber: <https://sq.residencejakarta.co.id/> (2023)

Gambar 1.2 *South Quarter – Office and Residential*

Penjadwalan proyek konstruksi banyak dibuat dengan hanya berorientasi pada waktu pengerjaan proyek tanpa memperhatikan faktor-faktor lain yang menjadi penunjang berjalannya aktivitas proyek. Untuk meminimalkan keterlambatan proyek, penjadwalan proyek harus dibuat lebih efektif dan realistis, yaitu penjadwalan sistematis yang terintegrasi dengan berbagai komponen proyek, seperti waktu, sumber daya, dan biaya proyek. Biaya proyek bersifat penting dan sensitif dalam suatu perencanaan proyek.

Penjadwalan proyek yang kurang tepat dapat mengakibatkan biaya proyek menjadi meningkat, selain itu kelonggaran waktu (*slack*) pada durasi proyek yang kurang efektif juga dapat menimbulkan penyimpangan biaya (Muzdalifah, 2019). Pada kenyataannya bahwa baik perkiraan biaya rinci dan jadwal berada di tingkat pengerjaan, tidak hanya berkaitan dengan perencanaan konstruksi dalam fase perencanaan, tetapi juga dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol kemajuan konstruksi selama fase pelaksanaan proyek (Afriani, 2024). Maka dengan adanya penjadwalan proyek akan membantu aktivitas pengerjaan, sehingga pengerjaan proyek tersebut mendapatkan hasil waktu yang optimal dan biaya yang efisiensi dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada (Lulu, 2023).



Sumber: <https://sq.residencejakarta.co.id/> (2019)

Gambar 1.3 *SQ Residence Progress*

PT. Intiland Development Tbk sebagai pengembang properti atau developer menggandeng salah satu perusahaan konstruksi terbesar di Indonesia yaitu PT. Total Bangun Persada Tbk untuk membangun proyek apartemen SQ *Residence* dengan target penyelesaian pembangunan serah terima pada tahun 2023. Proyek apartemen yang sedang dalam proses pembangunan di Jakarta ini tepatnya pada saat proses pembuatan lantai 20 yang di setiap lantainya berjumlah 16 unit di salah satu daerah Cilandak Kota Jakarta Selatan, memiliki target penyelesaian sampai dengan lantai 23. Namun, pada kenyataan dilapangan proyek pembangunan pekerjaan lantai 20 tersebut mengalami permasalahan penjadwalan proyek yakni keterlambatan waktu dalam proses penyelesaiannya.

Tabel 1.1 Tipe Unit SQ *Residence*

No	Tipe Unit Kamar	Luas Unit	Jumlah Unit
1.	Studio	30m <sup>2</sup>	16
2.	1 <i>Bedroom</i> + <i>Study</i>	60m <sup>2</sup>	16
3.	2 <i>Bedroom</i> ( <i>Corner</i> )	86m <sup>2</sup>	16
4.	2 <i>Bedroom</i> ( <i>Middle</i> )	93m <sup>2</sup>	16
5.	<i>Dual Key</i>	117m <sup>2</sup>	16

Sumber: <https://www.southquarterapartemen.com/> (2023)

Pada penelitian ini yang menyebabkan terjadinya kesalahan dalam penjadwalan proyek menjadi terlambat yaitu pada proses pembuatan tipe studio dengan luas masing-masing unit 30m<sup>2</sup> yang akan dikerjakan di lantai 20, pihak subkontraktor mengatakan bahwa proyek konstruksi pembangunan apartemen S.Q *Residence* yang direncanakan selesai pada tahun 2023 ternyata mengalami keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaannya atau melewati batas waktu (*deadline*) yang ditentukan. Permasalahan tersebut disebabkan karena waktu yang terlalu singkat dan cepat, sehingga banyak dari anggota tim proyek yang merasa kewalahan untuk menyelesaikan pekerjaan yang diberikan, dan jadwal yang telah direncanakan tidak dapat sesuai dengan waktu yang optimal, maka menimbulkan berbagai faktor-faktor permasalahan.

Waktu optimal yang dimaksud dengan penggunaan waktu seminimal mungkin tanpa merusak logika ketergantungan setiap kegiatan penyusunan proyek serta spesifikasi lain yang telah ditetapkan sebelumnya. Optimalisasi biasanya dilakukan untuk mengoptimalkan sumber daya yang ada serta meminimalkan risiko namun tetap mendapatkan hasil yang optimal (Natalia, 2021). Kondisi ini memaksa tim proyek untuk bekerja ekstra dan bahkan tidak jarang harus bekerja lembur untuk menyelesaikannya. Tentunya hal ini menjadi penghalang dan masalah yang harus dihadapi dengan seksama, serta berpengaruh terhadap aspek lain dalam proyek apartemen S.Q *Residence* yakni biaya dan mutu. Optimalisasi

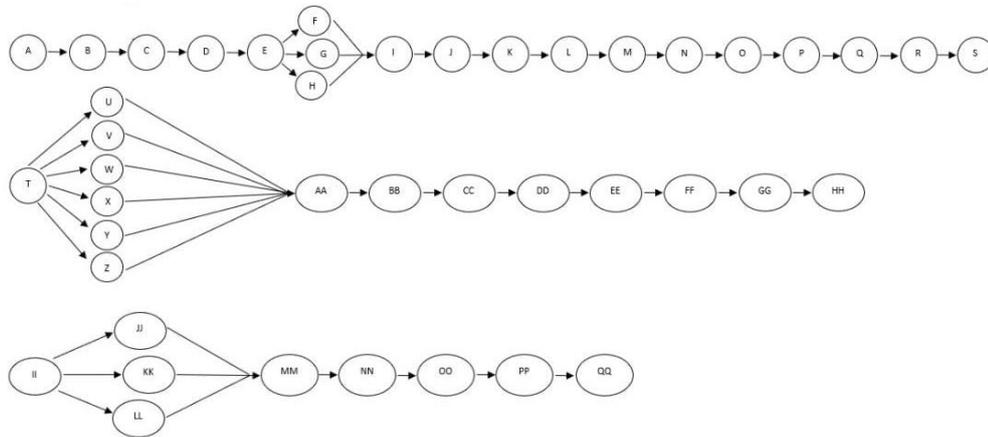
sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi waktu dan biaya (Pakpahan, 2019).

Tabel 1.2 Jadwal Aktivitas Proyek Pekerjaan LT.20

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Cepat (Hari)	Waktu Normal (Hari)	Waktu Lambat (Hari)	Tenaga Kerja (Hari)
1.	Pasang bekesting	A	6	12	18	6
2.	Pasang besi tulangan	B	4	8	12	3
3.	Cor lantai	C	3	5	8	10
4.	Pasang hebel	D	2	16	18	8
5.	Pasang instalasi listrik	E	3	6	9	2
6.	Pasang saluran telfon	F	3	6	9	2
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	6	6	12	2
8.	Pasang pipa air pemadam	H	6	6	12	3
9.	Plester	I	4	11	15	8
10.	Aci	J	4	9	13	6
11.	Pasang plafon + kerangka	K	4	12	16	5
12.	Scriet lantai unit	L	4	8	12	8
13.	Pasang keramik unit	M	4	17	21	6
14.	Ngenat keramik unit	N	5	5	10	2
15.	Pasang pintu dan jendela	O	4	5	9	2
16.	Cat	P	4	4	8	2
17.	Water proofing kamar mandi	Q	4	4	8	2
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	6	6	12	4
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	5	12	17	6
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	3	18	21	6
21.	Pasang kloset	U	2	4	6	3
22.	Pasang shower	V	2	4	6	2
23.	Pasang keran kamar mandi	W	2	4	6	1
24.	Pasang wastafel	X	3	3	6	2
25.	Pasang keran wastafel	Y	3	3	6	2
26.	Pasang drain	Z	3	3	6	2
27.	Pasang bekesting dapur	AA	3	6	9	2
28.	Pasang besi meja kompor	BB	6	6	12	2
29.	Cor meja kompor	CC	6	6	12	2
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	3	6	9	2
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	6	6	12	2
32.	Pasang kompor	FF	1	2	3	2
33.	Pasang kitchen seat	GG	5	5	10	3
34.	Pasang kitchen hut	HH	4	5	9	2
35.	Pasang skirting	II	6	6	12	2
36.	Pasang wardrobe	JJ	6	6	12	2
37.	Pasang AC	KK	2	3	5	3
38.	Water proofing balkon	LL	4	5	9	2
39.	Scriet lantai balkon	MM	4	6	10	3
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	6	6	12	3
41.	Pasang reling	OO	5	5	10	2
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	4	6	10	2
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	3	3	6	1
	Total		173	285	458	

Sumber: CV. Agung Putra (2019).

Pihak subkontraktor juga mengatakan bahwa estimasi waktu yang tidak akurat akan berdampak pada masalah produktivitas karena para pekerja mungkin lebih berfokus kepada langkah-langkah yang kurang penting atau kehilangan kesempatan untuk terhubung dengan rekan satu tim. Waktu yang efektif dapat memberikan penghematan kepada penggunaan sumber daya tertentu dan waktu aktivitas yang berlangsung. Seperti halnya berkaitan dengan proyek menurut (padhil et al, 2022) proyek merupakan suatu rangkaian mekanisme pekerjaan yang sensitif karena setiap aspek dalam proyek saling berkaitan antara satu dengan yang lain. Percepatan waktu menjadi hal yang perlu dilakukan untuk mencapai target yang telah ditentukan sebelumnya, agar akhir dari proyek dapat digunakan sesuai kebutuhan. Selain itu penambahan peralatan serta perubahan metode kerja dapat memperpendek waktu pelaksanaan proyek, namun dengan risiko menambah biaya yang harus dikeluarkan.



Sumber: diolah (2023).

Gambar 1.4 Diagram Jaringan Kerja

Berdasarkan pada tabel diatas serta diagram jaringan kerja, yaitu hasil wawancara dengan pihak subkontraktor CV. Agung Putra dapat terlihat bahwa terjadi ketidaksesuaian antara penjadwalan yang telah dibuat dengan keadaan dilapangan serta tenaga kerja dari masing-masing aktivitas dalam jumlah sedikit. Waktu normal pada proyek SQ Res memiliki durasi selama 285 hari dengan waktu percepatan pengerjaan proyek tersebut yaitu selama 173 hari. Jika suatu proyek mengalami keterlambatan dapat dipastikan proyek tersebut mengalami kemunduran waktu dalam penyelesaiannya, sehingga dibutuhkan percepatan pelaksanaan proyek, selain itu keahlian atau *skill* yang dimiliki pekerja juga tidak sesuai dengan bidang yang dikerjakan. Permasalahan selanjutnya yaitu mengenai biaya proyek yang menimbulkan pengeluaran biaya diluar rencana. Dimana suatu proyek diharapkan dapat terselesaikan dengan waktu yang sesuai jadwal yang direncanakan dengan biaya minimal, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal dan juga menghindarkan dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Tabel 1.3 Biaya Proyek Pada Aktivitas Pekerjaan LT.20

No.	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Biaya Normal	Biaya Cepat
1.	Pasang bekesting	A	Rp624.500.000.00	Rp655.725.000.00
2.	Pasang besi tulangan	B	Rp946.665.000.00	Rp993.998.250.00
3.	Cor lantai	C	Rp74.940.000.00	Rp78.687.000.00
4.	Pasang hebel	D	Rp136.420.000.00	Rp143.241.000.00
5.	Pasang instalasi listrik	E	Rp375.000.000.00	Rp393.750.000.00
6.	Pasang saluran telfon	F	Rp187.500.000.00	Rp196.875.000.00
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	Rp165.000.000.00	Rp173.250.000.00
8.	Pasang pipa air pemadam	H	Rp150.000.000.00	Rp157.500.000.00
9.	Plester	I	Rp400.000.000.00	Rp420.000.000.00
10.	Aci	J	Rp180.500.000.00	Rp189.525.000.00
11.	Pasang plafon + kerangka	K	Rp212.330.000.00	Rp222.946.500.00
12.	Scriet lantai unit	L	Rp103.720.000.00	Rp108.906.000.00
13.	Pasang keramik unit	M	Rp310.000.000.00	Rp325.500.000.00
14.	Ngenat keramik unit	N	Rp282.274.000.00	Rp296.387.700.00
15.	Pasang pintu dan jendela	O	Rp15.000.000.00	Rp15.750.000.00
16.	Cat	P	Rp224.820.000.00	Rp236.061.000.00
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	Rp8.000.000.00	Rp8.400.000.00
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	Rp6.720.000.00	Rp7.056.000.00
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	Rp156.000.000.00	Rp163.800.000.00
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	Rp123.500.000.00	Rp129.675.000.00
21.	Pasang kloset	U	Rp114.000.000.00	Rp119.700.000.00
22.	Pasang shower	V	Rp119.000.000.00	Rp124.950.000.00
23.	Pasang keran kamar mandi	W	Rp19.200.000.00	Rp20.160.000.00
24.	Pasang wastafel	X	Rp29.600.000.00	Rp31.080.000.00
25.	Pasang keran wastafel	Y	Rp14.400.000.00	Rp15.120.000.00
26.	Pasang drain	Z	Rp5.000.000.00	Rp5.250.000.00
27.	Pasang bekesting dapur	AA	Rp4.000.000.00	Rp4.200.000.00
28.	Pasang besi meja kompor	BB	Rp4.800.000.00	Rp5.040.000.00
29.	Cor meja kompor	CC	Rp288.000.000.00	Rp302.400.000.00
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	Rp14.400.000.00	Rp15.120.000.00
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	Rp144.000.000.00	Rp151.200.000.00
32.	Pasang kompor	FF	Rp126.000.000.00	Rp132.300.000.00
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	Rp235.200.000.00	Rp246.960.000.00
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	Rp52.800.000.00	Rp55.440.000.00
35.	Pasang skirting	II	Rp125.000.000.00	Rp131.250.000.00
36.	Pasang wardrobe	JJ	Rp480.000.000.00	Rp504.000.000.00
37.	Pasang AC	KK	Rp88.000.000.00	Rp92.400.000.00
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	Rp76.500.000.00	Rp80.325.000.00
39.	Scriet lantai balkon	MM	Rp4.480.000.00	Rp4.704.000.00
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	Rp125.000.000.00	Rp131.250.000.00
41.	Pasang reling	OO	Rp25.600.000.00	Rp26.880.000.00
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	Rp116.000.000.00	Rp121.800.000.00
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	Rp14.800.000.00	Rp15.540.000.00
	Total		Rp6.908.669.000.00	Rp7.254.102.450.00

Sumber: CV. Agung Putra (2019).

Hal ini menunjukkan karena adanya permasalahan terkait waktu dan biaya yang menjadi penunjang keberhasilan proyek. Permasalahan-permasalahan tersebut maka berdampak kepada semua proses pekerjaan proyek apartemen SQ Residence lantai 20 pada tipe studio, yang mengakibatkan saat pembangunan lantai

20 ini menjadi tertunda atau mengalami keterlambatan dan tidak dapat meneruskan ke lantai berikutnya dalam proses pengerjaan. Maka estimasi waktu yang telah ditentukan tidak sesuai untuk menyelesaikan setiap tugas dalam proyek. Permasalahan seperti masalah pembiayaan proyek, hal itu dapat terjadi saat klien mengubah persyaratannya, karena pihak tersebut hanya menyertakan biaya untuk sumber daya awal dalam rencana awal dan terdapat juga biaya diluar perencanaan jika terjadi keterlambatan proses pengerjaan, sehingga total estimasi biaya yang direncanakan tidak sesuai dengan rencana. Ketika tim proyek dapat menyusun ulang anggaran secara efektif, itu dapat mengurangi kemungkinan penundaan dengan lebih baik. Maka pekerjaan proses pembuatan apartemen S.Q *Residence* dapat berjalan dengan optimal.

PT. Total Bangun Persada menunjuk salah satu subkontraktor untuk bekerja sama menyelesaikan proyek SQ *Residence* lantai 20 pada tipe studio yaitu CV. Agung Putra. Salah satu subkontraktor sebuah perusahaan perseorangan yang bergerak di bidang konstruksi bangunan seperti pada pembuatan proyek jembatan layang tol, pembuatan mall, hotel, apartemen, rumah sakit dan pembuatan Gedung kampus. CV. Agung Putra menggarap proyek apartemen SQ Res salah satunya yaitu pada lantai 20 tipe unit studio. PT Total Bangun Persada memberikan penyerahan pekerjaan kepada CV. Agung Putra untuk membantu dari segi tenaga kerja dalam menyelesaikan lantai 20, peralatan dan pengelolaan penghematan waktu agar dikontrol dengan baik. Jika tidak dikontrol dengan baik tentunya akan berimbas pada penjadwalan proyek yang sudah dibuat dan produktivitas pekerjaan serta kualitas pekerjaan itu sendiri, PT Total Bangun Persada juga memberikan kepercayaan pada CV. Agung Putra untuk bertanggung jawab atas risiko-risiko yang mungkin timbul dalam menyelesaikan bagian yang dikerjakan.

Bedasarkan latar belakang dan fenomena diatas, maka dapat disimpulkan penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“EVALUASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN LT. 20 APARTEMEN SQ RESIDENCE DENGAN OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PENYELESAIAN PADA CV. AGUNG PUTRA”**.

## **1.2. Identifikasi Dan Perumusan Masalah**

### **1.2.1 Identifikasi Masalah**

Bedasarkan latar belakang di atas, identifikasi masalah dalam penelitian adalah:

1. Berdasarkan fenomena pembangunan LT. 20 proyek apartemen SQ *Residence* pada CV. Agung Putra mengalami permasalahan dalam estimasi waktu.
2. Berdasarkan fenomena pembangunan LT. 20 proyek apartemen SQ *Residence* pada CV. Agung Putra mengalami permasalahan dalam estimasi biaya.

3. Berdasarkan fenomena pembangunan LT.20 CV. Agung Putra perlu mengevaluasi kembali mengenai penjadwalan proyek.

### 1.2.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah penulis merumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana estimasi waktu penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ *Residence* dengan menggunakan metode PERT?
2. Bagaimana estimasi waktu dan biaya penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ *Residence* dengan menggunakan metode CPM dan Simulasi *Monte Carlo*?
3. Bagaimana hasil evaluasi penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ *Residence* Dengan Metode PERT, CPM, dan Simulasi *Monte Carlo*?

## 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Maksud Penelitian

Adapun maksud dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan untuk menganalisis keterkaitan/hubungan antara hambatan-hambatan dengan aktivitas dalam penyelesaian pekerjaan pembangunan proyek sehingga didapatkan waktu yang efektif dan biaya efisiensi.

### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Bedasarkan perumusan masalah diatas penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk membuktikan hasil estimasi waktu penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ *Residence* dengan menggunakan metode PERT.
2. Untuk membuktikan hasil estimasi waktu dan biaya penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ *Residence* dengan menggunakan metode CPM dan Simulasi *Monte Carlo*.
3. Untuk mengevaluasi hasil penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ *Residence*.

## 1.4. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat atau kegunaan antara lain untuk:

### 1. Kegunaan Praktis

Hasil penelitian ini dapat memberikan bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam menyusun strategi penjadwalan, serta dapat memantapkan teori dengan praktik dilapangan pada pembangunan selanjutnya.

2. Kegunaan Teoritik

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan dan wawasan penulis serta mengembangkan ilmu yang lebih dalam mengenai penjadwalan proyek, untuk menjadi bekal pengetahuan penulis di masa yang akan datang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Manajemen Operasional**

Manajemen operasional merupakan serangkaian kegiatan yang terhubung dengan serangkaian proses pengambilan keputusan dalam rangka mengatur dan mengkoordinasi penggunaan berbagai sumber daya demi tercapainya tujuan organisasi. Manajemen operasi merupakan sebuah perencanaan yang fokusnya pada kegiatan produksi. Tugasnya untuk memastikan proses produksi terjaga dan berjalan sebagaimana mestinya. Adapun beberapa definisi yang dipaparkan oleh para ahli tentang pengertian manajemen operasi adalah sebagai berikut:

Menurut Suaryasa (2023) menyatakan bahwa manajemen operasional adalah suatu usaha pengelolaan secara maksimal, semua faktor produksi yang ada baik itu tenaga kerja (SDM), mesin peralatan, *raw material* (bahan mentah) dan faktor produksi yang lainnya dalam proses transformasi sehingga menjadi berbagai macam produk barang atau jasa.

Menurut Ernawati (2022) menyatakan bahwa untuk produksi atau operasi, kata produksi tidak selalu disebut dengan nama itu ada juga disebut dengan operasi. Operasi berkaitan dengan pengelolaan tujuan inti bisnis yang menghasilkan beberapa campuran produk dan layanan. Operasi merupakan seperangkat metode yang menghasilkan dan memberikan produk dan layanan dalam mencapai tujuan tertentu.

Menurut Supardi dan Sukmono, (2021) menyatakan manajemen operasional merupakan sebuah pengelolaan di dalam suatu usaha sehingga dapat menghasilkan yang maksimal di dalam penggunaan ketika produksi sumber daya manusia, peralatan, bahan mentah, mesin, ataupun faktor-faktor lainnya sehingga dapat mengubah proses dengan berbagai macam produk barang ataupun jasa.

*Operations management is about the selection, procurement, and control of resources to create value. This applies to any organization, no matter its objective (Girotra 2020).*

Menurut Effendi (2019) menyatakan manajemen operasional merupakan beberapa rangkaian yang menghasilkan aktivitas dalam bentuk barang ataupun jasa sehingga dapat dijadikan perubahan *input* menjadi *output*.

Menurut Sukmono et al. (2021) menyatakan manajemen operasional pengendalian operasi baik itu di dalam sebuah desain, pelaksanaan, ataupun sumber daya yang dijadikan sebagai barang ataupun jasa yang telah

disesuaikan dengan menerapkan strategi bisnis perusahaan dan juga sesuai keinginan.

*Operations management is the business function that plans, organizes, coordinates, and controls the resources needed to produce a company's goods and services. Operations management is a management function. It involves managing people, equipment, technology, information and many others resources (Kulkarni and More, 2022).*

Menurut Hasan dkk, (2023) menyatakan bahwa manajemen operasi atau dalam arti luas disebut manajemen produksi. Manajemen operasi berkaitan dengan produksi barang dan jasa. Produksi barang atau jasa yang melimpah berada di bawah koordinasi dan pengawasan manajer operasi.

Dari definisi-definisi diatas menurut beberapa ahli dapat disimpulkan bahwa manajemen operasional adalah suatu usaha pengelolaan secara maksimal, semua faktor produksi yang ada baik itu tenaga kerja (SDM), mesin peralatan, raw material (bahan mentah) dan faktor produksi yang lainnya, untuk produksi atau operasi, kata produksi tidak selalu disebut dengan nama itu ada juga disebut dengan operasi. Operasi berkaitan dengan pengelolaan tujuan inti bisnis yang menghasilkan beberapa campuran produk dan layanan pada sebuah pengelolaan di dalam suatu usaha sehingga dapat menghasilkan yang maksimal untuk menciptakan nilai. Manajemen operasional merupakan beberapa rangkaian yang menghasilkan aktivitas dalam bentuk barang ataupun jasa sehingga dapat dijadikan perubahan *input* menjadi *output*, dan pengendalian operasi baik itu di dalam sebuah desain, pelaksanaan, ataupun sumber daya yang dijadikan sebagai barang ataupun jasa yang telah disesuaikan dengan menerapkan strategi bisnis perusahaan. Manajemen operasional merupakan fungsi bisnis yang merencanakan, mengorganisir, mengkoordinasikan, dan mengendalikan sumber daya yang dibutuhkan untuk memproduksi barang dan jasa perusahaan. Produksi barang atau jasa yang melimpah berada di bawah koordinasi dan pengawasan manajer operasi

### **2.1.1 Ruang Lingkup Manajemen Operasi**

Ada beberapa aspek yang saling berhubungan erat dalam ruang lingkup manajemen operasional menurut Sukmono dan Supardi (2021), antara lain:

1. Aspek Struktural, merupakan aspek mengenai pengaturan komponen yang membangun suatu sistem manajemen operasional yang saling berinteraksi antara satu sama lainnya.
2. Aspek Fungsional, yaitu aspek yang berkaitan dengan manajerial dan pengorganisasian seluruh komponen struktural maupun interaksinya mulai dari perencanaan, penerapan, pengendalian maupun perbaikan agar diperoleh kinerja yang optimal.

3. Aspek Lingkungan, sistem dalam manajemen operasional yang berupa pentingnya memperhatikan perkembangan dan kecenderungan yang berhubungan erat dengan lingkungan.

Secara khusus ruang lingkup manajemen operasional menurut Sukmono dan Supardi (2021), sebagai berikut:

1. Perencanaan sistem produksi (produk, lokasi pabrik, letak fasilitas produksi, lingkungan kerja, standar produksi).
2. Pengendalian produksi (proses produksi, bahan baku, tenaga kerja, biaya produksi, kualitas dan pemeliharaan).
3. Sistem informasi produksi (struktur organisasi, produksi atas dasar pesanan, produksi untuk persediaan atau umum).

Menurut Mustikasari (2023) menyatakan bahwa sebagai suatu sistem, manajemen operasi memiliki karakteristik seperti mempunyai tujuan yaitu dengan menghasilkan barang dan jasa, mempunyai kegiatan yaitu proses transformasi, dan adanya mekanisme yang mengendalikan pengoperasian. Berdasarkan karakteristik tersebut, maka ruang lingkup manajemen operasi dapat dirumuskan:

1. Perencanaan output (peramalan output/penjualan).
2. Perencanaan kapasitas dan bangunan pabrik.
3. Perencanaan tata letak fasilitas dan desain aliran kerja.
4. Perencanaan produksi.
5. Manajemen persediaan.

Sedangkan menurut Heizer dan Render (2015) manajemen operasi memiliki sepuluh keputusan strategi penting yang memperlihatkan dengan jelas bahwa masing-masing keputusan membutuhkan perencanaan, pengorganisasian, pengaturan karyawan, pengarahan, dan pengendalian. Sepuluh keputusan tersebut diantaranya :

1. Desain produk dan jasa sebuah strategi di manajemen operasional yang menjabarkan tentang apa saja yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu kegiatan operasi pada masing-masing keputusan.
2. Manajemen mutu adalah pembuatan kebijakan dan prosedur untuk mencapai ekspektasi kualitas dari pelanggan seperti yang diinginkan.
3. Desain proses dan kapasitas adalah penentuan seberapa baik barang ataupun jasa pada saat proses produksi dengan menggabungkan manajemen terhadap kualitas, sumber daya manusia, investasi/modal serta teknologi untuk menentukan biaya dasar perusahaan.
4. Lokasi adalah strategi yang berhubungan dengan tempat yang akan ditempati yang memiliki kriteria seperti kedekatan dengan konsumen, dekat dengan bahan baku maupun dekat dengan pemasok, namun juga

harus mempertimbangkan mengenai biaya, infrastruktur, logistic maupun pemerintah.

5. Desain tata letak atau strategi tata ruang yaitu penyesuaian antara kapasitas, teknologi, jumlah karyawan, dan jumlah persediaan yang dibutuhkan terhadap tata letak ruang yang dipakai agar mencapai tujuan informasi, biaya, dan orang dalam arus yang lancar.
6. Sumber daya manusia dan sistem kerja adalah strategi dalam melaksanakan perekrutan calon tenaga kerja, memberikan motivasi, dan mempertahankan mereka yang memiliki kemampuan yang dibutuhkan.
7. Manajemen rantai pasokan adalah penentuan rantai pasok kedalam manajemen perusahaan termasuk kedalam keputusan-keputusan yang menentukan barang apa yang harus dibeli dari siapa dan dengan syarat yang seperti apa.
8. Perawatan adalah pemeliharaan yang dilakukan kepada kapasitas fasilitas, permintaan produksi, kebutuhan karyawan yang dapat diandalkan untuk menjaga setiap proses produksi.
9. Penjadwalan jangka pendek dan menengah adalah penentuan dalam penerapan jadwal jangka waktu baik menengah maupun pendek dan penggunaan tenaga kerja yang efektif dan efisien untuk memenuhi permintaan konsumen.
10. Manajemen persediaan adalah penentuan keputusan mengenai pemesanan dan penyimpanan persediaan dan sekaligus bagaimana cara pengoptimalan kapabilitas dari pemasok dan kapan persediaan tersebut akan diproduksi.

Dari beberapa pendapat ahli di atas maka dapat disimpulkan ruang lingkup manajemen operasi berkaitan dengan aspek struktural, aspek fungsional, aspek lingkungan, perencanaan sistem produksi, pengendalian produksi, dan sistem informasi produksi. Ruang lingkup manajemen operasi dapat dirumuskan menjadi perencanaan output (peramalan output/penjualan), perencanaan kapasitas dan bangunan pabrik, perencanaan tata letak fasilitas dan desain aliran kerja, perencanaan produksi, dan manajemen persediaan. Sepuluh keputusan strategi manajemen operasi diantaranya desain produk dan jasa, manajemen mutu, desain proses dan kapasitas, lokasi, desain tata letak atau strategi tata ruang, sumber daya manusia dan sistem kerja, manajemen rantai pasokan, perawatan, penjadwalan jangka pendek dan menengah, manajemen persediaan.

### **2.1.2 Fungsi Manajemen Operasi**

Adapun fungsi dari manajemen operasional menurut Sukmono dan Supardi (2021), di antaranya:

1. Fungsi perencanaan

Dalam perencanaan, manajer operasi menentukan tujuan sub sistem operasi dari organisasi dan mengembangkan suatu program, kebijakan dan prosedur yang diperlukan guna mencapai tujuan tersebut. Tahap ini mencakup penentuan peranan dan fokus operasi termasuk perencanaan produk, fasilitas dan penggunaan sumber daya produksi.

2. Fungsi pengorganisasian

Dalam pengorganisasian, manajer operasi menentukan struktur individu, grup, seksi, bagian, divisi atau departemen dalam sub sistem operasi untuk mencapai tujuan organisasi. Selain itu manajer operasi juga menentukan kebutuhan sumber daya yang diperlukan untuk mencapai tujuan operasi dan juga mengatur wewenang dan tanggung jawab yang dibutuhkan dalam pelaksanaannya.

3. Fungsi penggerakan

Dalam hal ini, manajemen operasi berfungsi memimpin, mengawasi dan memotivasi karyawan untuk melaksanakan tugasnya.

4. Fungsi pengendalian

Dalam hal ini, manajemen operasi berfungsi mengembangkan standar dan jaringan komunikasi yang dibutuhkan agar pengorganisasian dan pergerakan sesuai dengan yang telah direncanakan dan juga mencapai tujuan.

Bedasarkan tugasnya, menurut Julyanthry dan Valentine, (2020) menyatakan fungsi manajemen operasional dapat dibagi menjadi empat kelompok yaitu:

1. Fungsi Perencanaan, fungsi perencanaan ini menentukan tujuan dari subsistem operasi organisasi perusahaan dan mengembangkan program yang sudah dimiliki. Tak hanya itu, kebijakan dan prosedur untuk mencapai tujuan perusahaan juga dapat dikembangkan melalui manajemen operasional.
2. Fungsi pengorganisasian, manajemen operasional dapat menentukan struktur individu, grup, bagian, divisi, hingga departemen di perusahaan. Manajemen operasional mampu menyatukan subsistem-subsistem operasi tersebut agar bisa mencapai tujuan perusahaan. Pada fungsi pengorganisasian, manajemen operasional akan menyediakan sumber daya yang dibutuhkan demi tercapainya tujuan perusahaan tersebut. Ditambah lagi manajer operasional memiliki wewenang dan tanggung jawab untuk melaksanakan hal tersebut. Sehingga fungsi pengorganisasian dapat berjalan dengan lebih baik.

3. Fungsi Penggerakan, manajemen operasional harus memiliki sikap kepemimpinan, pengawasan, serta motivasi para seluruh karyawan perusahaan. Hal ini bertujuan agar karyawan dapat bekerja dengan optimal dan melaksanakan tugasnya dengan memuaskan.
4. Fungsi Pengendalian, manajemen operasional juga memiliki fungsi pengendalian. Artinya, manajemen operasional mampu meningkatkan standar dan jaringan komunikasi perusahaan agar organisasi perusahaan dapat bergerak sesuai rencana yang telah dibuat. Dengan begitu, tujuan perusahaan dapat tercapai dengan lebih mudah dan efisien.

Menurut Utama, dkk (2019) fungsi manajemen operasional adalah menciptakan produk yang bernilai tambah sehingga memiliki daya saing untuk berkompetisi dalam pasar maupun industri.

*It is the operations function, however, that plans and coordinates all the resources needed to design, produce, and deliver the merchandise to the various retail locations. Without operations, there would be no goods or services to sell to customer (Kulkarni and More, 2022).*

Dari pendapat beberapa ahli di atas maka fungsi manajemen operasi dapat disimpulkan yaitu fungsi perencanaan manajer operasi menentukan tujuan sub sistem operasi dari organisasi dan mengembangkan suatu program, kebijakan dan prosedur yang diperlukan guna mencapai tujuan tersebut, fungsi pengorganisasian manajer operasi menentukan struktur individu, grup, seksi, bagian, divisi atau departemen dalam sub sistem operasi untuk mencapai tujuan organisasi, fungsi penggerakan dalam hal ini, manajemen operasi berfungsi memimpin, mengawasi dan memotivasi karyawan untuk melaksanakan tugasnya, fungsi pengendalian manajemen operasi berfungsi mengembangkan standar dan jaringan komunikasi yang dibutuhkan agar pengorganisasian dan pergerakan sesuai dengan yang telah direncanakan. Fungsi manajemen operasional adalah menciptakan produk yang bernilai tambah sehingga memiliki daya saing untuk berkompetisi dalam pasar maupun industri.

### **2.1.3 Tujuan Manajemen Operasi**

Adapun tujuan dari Manajemen Operasi menurut Rochmah (2022), di antaranya:

- a. *Efficiency* (meningkatkan efisiensi). Untuk meningkatkan efisiensi dalam perusahaan yaitu dengan memaksimalkan output barang dan jasa dengan input sumber daya minimal.
- b. *Productivity* (meningkatkan efektivitas). Untuk meningkatkan efektivitas dalam perusahaan dengan memproduksi barang dan jasa yang tepat dalam memenuhi kebutuhan konsumen.

- c. *Economy* (mengurangi biaya). Untuk mengurangi biaya dalam kegiatan perusahaan yaitu dengan meminimalkan biaya produksi barang dan jasa yang akan dibuat.
- d. *Quality* (meningkatkan kualitas). Untuk meningkatkan kualitas di dalam perusahaan dengan memastikan bahwa barang dan jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar dan kualitas yang ditentukan.
- e. *Reduced Processing Time* (mengurangi waktu proses produksi), untuk meminimalkan waktu yang terbuang sia-sia pada proses produksi dengan mengontrol waktu dan memanfaatkan semaksimal mungkin waktu yang digunakan ke dalam aktivitas lain.

*The objectives of operations management can be classified into two main categories, internal and external. Internal objectives relate to the operation of the business itself and are concerned with matters such as efficiency, quality, and cost. External objectives, on the other hand, relate to the impact of the business on its surroundings and are concerned with matters such as environmental impact, customer satisfaction, and social responsibility (Edureka, 2022).*

Menurut Faiq dkk (2021) menyatakan tujuan yang dicapai dari manajemen operasional adalah mewujudkan efisiensi ekonomi dalam proses produksi baik barang dan juga jasa, berkualitas tinggi, proses distribusi cepat, dan peralatan produksi dapat segera dialihkan untuk mengerjakan produk lainnya. Orientasi dari manajemen operasional sudah meluas dan memiliki orientasi pada mutu, biaya, kecepatan penyerahan, dan keluwesan proses.

Dari beberapa pendapat ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa tujuan manajemen produksi dan operasi adalah meningkatkan efisiensi, meningkatkan efektivitas, mengurangi biaya, meningkatkan kualitas, dan mengurangi waktu proses produksi. Tujuan manajemen operasi dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, internal dan eksternal. Internal berkaitan dengan hal-hal seperti efisiensi, kualitas, dan biaya baik barang dan juga jasa. Tujuan eksternal berkaitan dengan hal-hal seperti dampak lingkungan, kepuasan pelanggan, tanggung jawab sosial, dan peralatan produksi dapat segera dialihkan untuk mengerjakan produk lainnya.

## **2.2 Manajemen Proyek**

Setiap perusahaan yang sedang melakukan suatu pembangunan proyek pasti menginginkan agar kegiatan proyek yang dijalankan bisa berjalan lancar sesuai dengan perencanaan, maka proyek membutuhkan manajemen yang akan mengelola proyek dari awal hingga akhir.

Berikut ini ada beberapa pengertian-pengertian tentang Manajemen Proyek dari para ahli, diantaranya:

Menurut Rochmah, (2022) manajemen proyek adalah usaha pengerjaan suatu proyek yang dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu dengan tujuan tercapainya proyek tersebut secara efisien dan efektif. Usaha pengerjaan yang di maksud di atas meliputi proses *Planning* (Perencanaan), *Organizing* (Pengaturan), dan *Controlling* (Pengendalian).

Menurut Belferik (2023) manajemen proyek merupakan proses menggabungkan alat, sumber daya, dan teknik untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Kegiatan manajemen proyek meliputi perencanaan, organisasi, implementasi, dan kontrol.

*In every challenging situation, project management can be incorporated into the notion of change management. In addition, project management should look for the most effective and direct way the most effective and direct way to run a project. Starting form planning, execution, tracking and controlling and closing are the five most numerous process group. Are the five process group that are most needed by the project (Vrchota et al., 2021).*

Menurut Ervianto (2023) manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) sampai selesainya proyek untuk menjamin proyek dilaksanakan secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

Menurut Siswanto dan Salim (2019) manajemen proyek merupakan suatu strategi yang perlu dilakukan untuk mencapai efisiensi dan efektivitas suatu perusahaan.

Menurut Yogasara (2024) manajemen proyek tidak hanya harus berusaha untuk memenuhi tujuan lingkup, waktu, biaya, dan kualitas proyek yang spesifik, mereka juga harus memfasilitasi seluruh proses untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pihak-pihak yang terlibat dalam atau dipengaruhi oleh aktivitas proyek.

*Some people may think of two construction projects as being identical just because they have the same design. In project management, we may have similar projects, but every project is unique. Differences may occur because of location (soil type, weather conditions, labour market, building codes, unforeseen conditions, etc). labour skill level, management type and experience, or for other circumstances (and how much murphy's law was involved) (Mubarak, 2019).*

Menurut Sitanggang (2019) manajemen proyek terdiri penjadwalan, perencanaan, dan pengendalian *project activity* agar tujuan proyek terwujud. Prioritas yang harus dipenuhi meliputi *progress*, biaya, dan sasaran waktu, dan di waktu yang sama mengendalikan atau mempertahankan ruang lingkup proyek pada tingkat yang benar.

Menurut Shereen (2023) manajemen proyek merupakan ilmu manajemen yang digunakan untuk memberi manfaat bagi produktivitas operasional dalam meraih suatu tujuan bisnis. Kegiatan pengelolaan memiliki tahapan yang meliputi perencanaan, pengorganisasian, pengelolaan, pengendalian seluruh sumber daya yang termasuk dalam kegiatan pada periode tertentu.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah usaha pengerjaan suatu proyek yang dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu dengan tujuan tercapainya proyek tersebut secara efisien dan efektif. Manajemen proyek harus mencari cara yang paling efektif dan langsung untuk menjalankan sebuah proyek mulai dari perencanaan, eksekusi, pelacakan dan pengendalian serta penutupan adalah lima kelompok proses yang paling banyak dibutuhkan oleh proyek. Manajemen proyek adalah semua pelaksanaan dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) sampai selesainya proyek. Manajemen proyek merupakan perbedaan yang dapat terjadi karena lokasi (jenis tanah, kondisi cuaca, tenaga kerja, peraturan bangunan, kondisi yang tidak terduga dan lainnya. Manajemen proyek terdiri penjadwalan, perencanaan, dan pengendalian *project activity* agar tujuan proyek terwujud. Manajemen proyek merupakan proses menggabungkan alat, sumber daya, dan teknik untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Manajemen proyek merupakan ilmu manajemen yang digunakan untuk memberi manfaat bagi produktivitas operasional dalam meraih suatu tujuan bisnis, manajemen proyek tidak hanya harus berusaha untuk memenuhi tujuan lingkup, waktu, biaya, dan kualitas proyek yang spesifik, mereka juga harus memfasilitasi seluruh proses untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pihak-pihak yang terlibat dalam atau dipengaruhi oleh aktivitas proyek.

### **2.2.1 Fungsi Manajemen Proyek**

Di antara fungsi yang ada dalam manajemen proyek yang dapat membantu pengerjaan proyek menurut Apriliani (2022) menyatakan sebagai berikut:

#### **1. Lingkup (*Scoping*)**

Fungsi *scoping* adalah kegiatan melingkupkan batasan-batasan ranah pekerjaan yang harus dikerjakan agar proyek terselesaikan.

#### **2. Perencanaan (*Planning*)**

Fungsi *planning* adalah kegiatan mengidentifikasi tujuan proyek yang diinginkan, mengurangi peluang munculnya resiko, mengantisipasi pekerjaan agar selesai tepat waktu, hingga akhirnya dapat menghasilkan produk atau layanan yang sudah disepakati bersama.

### 3. Estimasi (*Estimating*)

Fungsi *estimating* adalah bagian dari bentuk perencanaan proyek yang kegiatannya mencakup perkiraan pada biaya proyek secara kuantitatif, sumber daya yang digunakan, hingga durasi penyelesaian proyek.

### 4. Penjadwalan (*Scheduling*)

Fungsi *scheduling* adalah kegiatan penyusunan daftar kegiatan yang mencakup waktu mulai dan selesai dari setiap pekerjaan, durasi penyelesaian yang ideal, dan penanggung jawab untuk setiap jenis pekerjaan. Penjadwalan yang efektif adalah faktor penting untuk menciptakan manajemen waktu yang baik.

### 5. Pengorganisasian (*Organizing*)

Fungsi *organizing* adalah kegiatan mengonfirmasi atau memastikan seluruh anggota tim apakah sudah paham betul terkait peran dan tanggung jawabnya masing-masing dan hubungan mereka dengan selaku project manager.

### 6. Pengarahan (*Directing*)

Fungsi *directing* berpusat gaya kepemimpinan atas sebuah proyek. Kegiatan *directing* ini mencakup penginstruksian, pembimbingan, dan melatih komunikasi tim agar meraih tujuan proyek yang harus mereka capai.

### 7. Pengendalian (*Controlling*)

Fungsi *controlling* adalah kegiatan pengendalian seluruh pekerjaan yang berlangsung dalam proyek agar berjalan sesuai rencana atau tidak menyimpang. Manajer proyek akan menggunakan standar pengukuran matriks untuk memantau setiap kegiatan yang sedang berjalan. Fungsi ini dapat dikatakan sebagai fungsi yang paling sulit dan penting karena menentukan efektivitas dan kesuksesan proyek.

### 8. Penutup (*Closing*)

Fungsi *closing* ini merupakan kegiatan evaluasi dan penilaian terhadap hasil akhir dari proyek yang telah berakhir dijalankan.

*The deficiencies in project management practices that go with these challenges are only noticeable when performance reporting does not provide sufficient information. In this way, it becomes important that companies undergo a periodic assessment of their project management maturity, as this allows them to increase the probability of the institution performing its function*

*without errors and unforeseen events, minimizing waste, and keeping up with change and the company's strategy (Lea and Pedro., 2023).*

Menurut Astari et al (2021) manajemen proyek memiliki fungsi digunakan untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan kegiatan proyek untuk meminimalisir risiko pada waktu dan biaya proyek.

Adapun dapat disimpulkan dari beberapa pendapat ahli diatas bahwa fungsi manajemen proyek diantaranya ruang lingkup, perencanaan, estimasi, penjadwalan, pengorganisasian, pengarahan, pengendalian, dan penutup. Selain itu fungsi manajemen proyek adalah untuk melakukan penilaian berkala terhadap kematangan manajemen proyek, untuk meningkatkan probabilitas institusi, menjalankan fungsinya tanpa kesalahan dan kejadian yang tidak terduga, meminimalkan pemborosan, dan mengikuti perubahan dan strategi perusahaan, serta fungsi manajemen proyek adalah untuk meminimalisir risiko pada waktu dan biaya proyek.

### **2.2.2 Tujuan Manajemen Proyek**

Adapun tujuan dari manajemen proyek menurut Run (2022) menyatakan sebagai berikut:

#### **1. Memastikan semua proyek selesai**

Artinya, proses ini mampu memastikan tidak ada proyek yang terlewat meski dilakukan secara bersamaan dengan proyek lainnya. Dengan kata lain, manajemen proyek juga bisa menjadi alat kontrol keberhasilan proyek.

#### **2. Menekan biaya dan risiko**

Biaya dan risiko dari setiap proyek dapat diidentifikasi, dianggarkan atau direncanakan, dan dicegah selama tahap perencanaan. Sehingga keberhasilan proyek dapat diraih dengan efektif dan efisien.

#### **3. Meningkatkan produktivitas**

Metode ini juga dapat meningkatkan produktivitas kerja tim. Hal ini karena semua anggota tim bekerja pada ruang lingkungannya masing-masing dengan porsi tanggung jawab dan peran yang sama. Sehingga perusahaan akan mampu memperoleh beberapa pencapaian sekaligus.

*Project management aims to measure, develop, and proficiently accomplish the project from initiation to execution and implementation (Zada and Saeed., 2023).*

Tujuan manajemen proyek menurut Belferik (2023) adalah untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal waktu, biaya, dan kualitas. Manajemen proyek mencakup berbagai proses, Teknik dan alat yang digunakan untuk

mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan risiko dalam proyek.

*Project management aims to use technology to improve project site operations and provide tracking, control to improve productivity and control to increase productivity and prevent rework (Mesa, 2023).*

Jadi dapat disimpulkan bahwa tujuan manajemen proyek adalah memastikan semua proyek selesai artinya, proses ini mampu memastikan tidak ada proyek yang terlewat meski dilakukan secara bersamaan dengan proyek lainnya, menekan biaya dan risiko dari setiap proyek dapat diidentifikasi, dianggarkan atau direncanakan, dan dicegah selama tahap perencanaan, meningkatkan produktivitas, hal ini karena semua anggota tim bekerja pada ruang lingkungannya masing-masing dengan porsi tanggung jawab dan peran yang sama. Manajemen proyek bertujuan untuk mengukur, mengembangkan, dan menyelesaikan proyek dengan baik. Selain itu manajemen proyek bertujuan untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal waktu, biaya, dan kualitas. Manajemen proyek juga memiliki tujuan menggunakan teknologi untuk meningkatkan operasi di lokasi proyek, dan mencegah pengerjaan ulang.

### **2.2.3 Aspek Manajemen Proyek**

*One of the most critical aspects of project management is moving forward with the project while considering its risks; planning and scheduling can help decrease project risks. In addition, organizations are increasingly relying on risk management to effectively finish project (Rezaei et al., 2020).*

Dalam manajemen proyek, menurut Siswanto dan Salim (2019) yang perlu dipertimbangkan agar output proyek sesuai dengan sasaran dan tujuan yang direncanakan adalah mengidentifikasi berbagai masalah yang mungkin timbul ketika proyek dilaksanakan. Beberapa aspek yang dapat diidentifikasi dan menjadi masalah dalam manajemen proyek serta membutuhkan penanganan yang cermat adalah sebagai berikut:

1. Aspek Keuangan : Masalah ini berkaitan dengan pembelanjaan dan pembiayaan proyek. Biasanya berasal dari modal sendiri atau pinjaman dari bank atau investor dalam jangka pendek atau jangka panjang. Pembiayaan proyek menjadi sangat krusial bila proyek berskala besar dengan tingkat kompleksitas yang rumit, yang membutuhkan analisis keuangan yang cepat dan terencana.
2. Aspek Anggaran Biaya : Masalah ini berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung. Perencanaan yang matang dan terperinci akan memudahkan proses pengendalian biaya, sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang direncanakan. Jika sebaliknya, akan terjadi peningkatan biaya yang besar dan merugikan apabila proses perencanaannya salah.

3. Aspek Manajemen Sumber Daya Manusia : Masalah ini berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung yang berfluktuatif. Agar tidak menimbulkan masalah yang kompleks, perencanaan SDM didasarkan atas organisasi proyek yang dibentuk sebelumnya dengan melakukan langkah-langkah, proses staffing SDM, deskripsi kerja, perhitungan beban kerja, deskripsi wewenang dan tanggung jawab SDM serta penjelasan tentang sasaran dan tujuan proyek.
4. Aspek Manajemen Produksi : Masalah ini berkaitan dengan hasil akhir dari proyek, hasil akhir proyek negatif apabila proses perencanaan dan pengendaliannya tidak baik. Agar hal ini tidak terjadi, maka dilakukan berbagai usaha untuk meningkatkan produktivitas SDM, meningkatkan efisiensi proses produksi dan kerja, meningkatkan kualitas produksi melalui jaminan mutu dan pengendalian mutu.
5. Aspek Harga : Masalah ini timbul karena kondisi eksternal dalam hal persaingan harga, yang dapat merugikan perusahaan karena produk yang dihasilkan membutuhkan biaya produksi yang tinggi dan kalah bersaing dengan produk lain.
6. Aspek Efektifitas Dan Efisiensi : Masalah ini dapat merugikan apabila fungsi produk yang dihasilkan tidak terpenuhi atau tidak efektif atau dapat juga terjadi apabila faktor efisiensi tidak terpenuhi, sehingga usaha produksi membutuhkan biaya yang besar.
7. Aspek Pemasaran : Masalah ini timbul berkaitan dengan perkembangan faktor eksternal sehubungan dengan persaingan harga, strategi promosi, mutu produk serta analisis pasar yang salah terhadap produksi yang dihasilkan.
8. Aspek Mutu : Masalah ini berkaitan dengan kualitas produk akhir yang nantinya dapat meningkatkan daya saing serta memberikan kepuasan bagi pelanggan.
9. Aspek Waktu : Masalah waktu dapat menimbulkan kerugian biaya apabila terlambat dari yang direncanakan serta akan menguntungkan apabila dapat dipercepat.

*The introduction of sustainability is about project management politics, processes, and procedures, which can be split into the social (people), environment, and financial aspects (profit) (Chofreh et al. 2019).*

Dari beberapa pendapat menurut para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa aspek-aspek manajemen proyek adalah melanjutkan proyek dengan mempertimbangkan risikonya, seperti perencanaan dan penjadwalan yang dapat membantu mengurangi risiko proyek. Selain itu aspek-aspek dalam manajemen proyek meliputi aspek keuangan yang berkaitan dengan pembelanjaan dan pembiayaan proyek, aspek anggaran biaya berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung, aspek

manajemen sumber daya manusia berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung yang berfluktuatif, aspek manajemen produksi berkaitan hasil akhir dari proyek, hasil akhir proyek negatif apabila proses perencanaan dan pengendaliannya tidak baik, aspek harga berkaitan karena kondisi eksternal dalam hal persaingan harga, aspek efektivitas dan efisiensi dapat merugikan apabila fungsi produk yang dihasilkan tidak terpenuhi atau tidak efektif, aspek pemasaran timbul berkaitan dengan perkembangan faktor eksternal, aspek mutu berkaitan dengan kualitas produk akhir yang nantinya dapat meningkatkan daya saing, dan terakhir aspek waktu dapat menimbulkan kerugian biaya apabila terlambat dari yang direncanakan. Aspek manajemen proyek dapat dibagi menjadi aspek sosial (manusia), lingkungan, dan keuangan (keuntungan).

### **2.3 Penjadwalan Proyek**

Setiap proyek yang dimulai pasti memiliki penjadwalan yang berbeda-beda karena, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya proyek tersebut memiliki karakteristik yang unik.

Penjadwalan proyek merupakan penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan yang telah dimasukkan faktor waktu untuk mencapai sasaran. Secara umum dapat dikatakan bahwa penjadwalan adalah perhitungan pengalokasian waktu yang tersedia kepada pelaksanaan masing-masing bagian pekerjaan atau kegiatan, dalam rangka penyelesaian proyek sedemikian rupa, sehingga tercapai hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Sugiyanto, 2020).

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil 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 progress waktu untuk menyelesaikan proyek (Tarman, 2022).

*Scheduling is an essential project management technique used to finish any project on time while maximizing its value to the stake holders and minimizing waste (Shtub and Rich, 2019).*

Penjadwalan dalam sebuah proyek menjadi sebuah alat dalam menentukan aktivitas yang diperlukan beserta urutannya dalam jangka waktu tertentu, dimana setiap aktivitas harus dilaksanakan selesai tepat waktu dengan biaya yang optimal. Penjadwalan proyek dapat memberikan hasil berupa gambaran perencanaan dalam skala waktu, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal dimulai, ditunda, dan diselesaikannya sebuah pekerjaan. Selain itu penjadwalan juga dapat menggambarkan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta

rencana durasi waktu proyek yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek (Mufidah dkk, 2021).

*Scheduling is the determination of the timing and sequence of operations in the project and their assembly to give the overall completion time. As mentioned previously, scheduling focuses on one part of the planning effort (Mubarak, 2019).*

Menurut Simanjuntak (2023) menyatakan penjadwalan proyek merupakan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan setiap pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapainya hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu yang ada.

*Scheduling project play a critical role in the success of development projects. To reduce development cost and beat the market, companies have to make reliable project plans. However, efficient allocation of workers is a uniquely difficult and challenging problem, particularly for medium to large scale projects (Kosztyan et al, 2019).*

Menurut Afriani (2024) penjadwalan proyek merupakan fase penterjemahan suatu perencanaan ke dalam suatu bentuk diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan menentukan suatu aktivitas dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber daya bisa disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang telah ditetapkan.

Dari definisi diatas dapat disimpulkan bahwa penjadwalan proyek adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan yang telah dimasukkan faktor waktu untuk mencapai sasaran, menyelesaikan proyek tepat waktu dengan memaksimalkan nilainya kepada pemegang saham dan meminimalkan limbah, bagian integral dari manajemen proyek, dan alat dalam menentukan aktivitas yang diperlukan beserta urutannya dalam jangka waktu tertentu, dimana setiap aktivitas harus dilaksanakan selesai tepat waktu dengan biaya yang optimal. Selain itu penjadwalan proyek merupakan proses kompleks yang melibatkan banyak sumber daya agar dapat mengurangi biaya pengembangan dan mengalahkan pasar perusahaan harus membuat rencana proyek yang handal. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil 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 progress waktu untuk menyelesaikan proyek. Penjadwalan menentukan suatu aktivitas dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber daya bisa disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang telah ditetapkan.

### 2.3.1 Fungsi Penjadwalan Proyek

Sebelum memulai penjadwalan proyek, penting untuk memahami fungsi penjadwalan proyek yang telah dibahas oleh para ahli sebelumnya, diantaranya:

Penjadwalan proyek memiliki beberapa fungsi menurut (Husein, 2008), yaitu:

- a. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
- b. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
- c. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
- d. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
- e. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
- f. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Menurut Mufidah dkk (2021) fungsi dari penjadwalan ini adalah untuk mengontrol jalannya proyek serta mengantisipasi keterlambatan penyelesaian proyek. Fungsi lainnya dari penjadwalan proyek adalah untuk membantu tim proyek dalam membuat rencana anggaran biaya (RAB) agar tidak terlalu banyak pengeluaran yang dibutuhkan.

Menurut Saputra (2021) Penjadwalan proyek berfungsi untuk menunjukkan kemajuan rencana dan kemajuan proyek. Jadwal yang dibuat menunjukkan apakah pada pelaksanaannya berjalan dengan baik dan sesuai rencana. Karena satu proyek berbeda dengan proyek lainnya, penjadwalan dibuat mengikuti perkembangan dalam pelaksanaan proyek.

Dari pendapat beberapa ahli yang telah ada dapat disimpulkan bahwa fungsi penjadwalan proyek adalah memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan, memberikan sarana bagi manajemen, memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan, menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan, dan sarana penting dalam pengendalian proyek. Selain itu untuk mengontrol jalannya proyek serta mengantisipasi keterlambatan penyelesaian proyek dan menunjukkan kemajuan rencana dan kemajuan proyek. Sehingga dapat memantau sejauh mana pihak-pihak proyek atau tim dalam menyelesaikan suatu tugas pada waktu tertentu.

### 2.3.2 Faktor-faktor dalam Penjadwalan

Selain mengetahui fungsi dari penjadwalan, pembuatan jadwal juga memerlukan pemahaman tentang faktor-faktor penjadwalan yang dapat membantu dalam pembuatan jadwal yang efektif.

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dan mempengaruhi menurut Willyanto et al, (2023) dalam membuat jadwal pelaksanaan proyek:

1. Sasaran dan tujuan proyek.
2. Dana yang diperlukan dan yang tersedia.
3. Waktu yang diperlukan, waktu yang tersedia serta perkiraan waktu yang hilang dan hari libur.
4. Susunan dan jumlah kegiatan proyek serta keterkaitan diantaranya.
5. Kerja lembur dan pembagian shift kerja untuk mempercepat proyek.
6. Sumber daya yang diperlukan dan sumber daya yang tersedia.
7. Keahlian yang dimiliki tim proyek dan kecepatan dalam menyelesaikan pekerjaan.
8. Keterkaitan dengan proyek lain agar terintegrasi dengan *master schedule*.

*Project scheduling is caused by several factors including lack of commitment, inadequate construction site management, lack of sites coordination, inappropriate scheduling, lack of clarity on the scope of construction, poor communication, and inadequate contract (Mulyadi et al, 2020).*

Menurut Rahmanto dan Janizar (2022) Faktor-faktor pada penjadwalan proyek adalah faktor internal dan eksternal. Faktor eksternal yang mempengaruhi keterlambatan seperti; kondisi lingkungan, keadaan iklim/cuaca, dan kondisi geografis. Faktor internal yang memperbesar risiko keterlambatan dibagi menjadi dua. Faktor internal saat perencanaan meliputi; kesalahan penjadwalan, kesalahan desain, dan faktor internal saat pelaksanaan pengerjaan konstruksi yang meliputi kekurangan tenaga kerja, keterlambatan material dan sejenisnya.

*Project scheduling is the next step once project planning is completed. This requires knowledge and the depth of the activities, the dependencies between activities and, duration of the activities. Creating and designing a realistic project schedule is the biggest challenges a project manager faces. There are some common problems that can be impact towards project delay or performance: Assigning Resource or Resource Constraint, Managing the Unknown or Managing Change and Estimating Task Duration. These 3 factors and causes are contributing to project scheduling problem (Haizan, 2021).*

*Good project scheduling factors (Mubarak, 2019) are as follows:*

1. *The human factor: a proficient scheduler or scheduling team who understands the concepts, definitions, and applications of project scheduling and control.*
2. *Technology: a good scheduling computer system (software and hardware), along with capable IT support.*
3. *Management: a dynamic, responsive, and supportive management team who believes in the use of scheduling as part of the management effort.*

Dari beberapa pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor pada penjadwalan proyek seperti sasaran dan tujuan proyek, dana yang diperlukan dan yang tersedia, waktu yang diperlukan, susunan dan jumlah kegiatan proyek, kerja lembur dan pembagian shift kerja, sumber daya yang diperlukan, keahlian yang dimiliki tim proyek, dan keterkaitan dengan proyek lain. Selain itu faktor lainnya seperti kurangnya komitmen, manajemen lokasi konstruksi yang tidak memadai, koordinasi lokasi yang kurang, penjadwalan yang tidak tepat, dan kontrak yang tidak memadai, kondisi lingkungan, keadaan iklim/cuaca, dan kondisi geografis.

### **2.3.3 Macam-macam Penjadwalan**

Penjadwalan menyangkut pembuatan rencana pelaksanaan setiap kegiatan di dalam suatu proyek dengan mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu dan sumber daya yang tersedia.

Menurut Rosyada (2023) menjelaskan bahwa penjadwalan mencakup penugasan batas waktu pada pengerjaan tertentu, dimana terdapat banyak pekerjaan secara bersamaan bersaing untuk menggunakan sumber daya yang sama, teknik untuk penjadwalan digolongkan menjadi dua yaitu penjadwalan maju dan penjadwalan mundur.

- a. Penjadwalan Maju (*Forward Scheduling*) memulai jadwal segera setelah persyaratan suatu pekerjaan diketahui. Penjadwalan maju digunakan dalam berbagai organisasi seperti rumah sakit, klinik, rumah makan mewah, dan produsen perkakas mesin. Dalam fasilitas seperti ini, pekerjaan dilakukan sesuai dengan pesanan pelanggan, dan biasanya diminta untuk dikirim sesegera mungkin. Penjadwalan maju pada umumnya dirancang untuk menghasilkan sebuah jadwal yang dapat dipenuhi sekalipun hal ini berarti batas waktunya tidak dapat dipenuhi. Dalam banyak kejadian penjadwalan maju menjadi penyebab tertumpuknya barang setengah jadi.
- b. Penjadwalan Mundur (*Backward Scheduling*) dimulai dari batas waktu, dan menjadwalkan operasi yang terakhir terlebih dahulu. Kemudian urutan pekerjaan dijadwalkan satu demi satu dalam susunan terbalik. Dengan mengurangi lead time untuk setiap unit, maka diperoleh waktu mulai. Bagaimana pun, sumber daya yang diperlukan untuk memenuhi jadwal

mungkin tidak ada. Penjadwalan mundur digunakan dalam banyak lingkungan manufaktur, seperti halnya lingkungan jasa yang menyajikan sebuah perjamuan atau penjadwalan operasi pembedahan. Dalam praktik, sebuah kombinasi dari penjadwalan maju dan penjadwalan mundur sering digunakan untuk memenuhi titik temu diantara apa yang dapat dipenuhi dan batas waktu pelanggan.

Menurut Siti Rochmah (2022) menyatakan bahwa dalam penetapan tanggal setiap operasi mengenai dua macam penjadwalan yaitu:

a. Penjadwalan Maju (*Forward Scheduling*)

Dalam penjadwalan maju (*forward scheduling*) pekerjaan dimulai seawal mungkin sehingga pekerjaan selesai sebelum batas waktu yang dijanjikan (*due date*) penjadwalan maju memiliki konsekuensi terjadinya akumulasi persediaan sampai hasil pekerjaan itu diperlukan pada pusat kerja berikutnya. Teknik ini mengasumsikan bahwa pengadaan material dan operasi dimulai segera setelah pesanan diterima. Penjadwalan dilakukan atas setiap kegiatan operasi secara berurutan dari awal hingga seluruh kegiatan operasi selesai. Penjadwalan maju banyak digunakan dalam perusahaan dimana operasi dibuat berdasarkan pesanan dan pengiriman dilakukan setelah pekerjaan selesai.

b. Penjadwalan Mundur (*Backward Scheduling*)

Dalam penjadwalan mundur (*backward scheduling*) berlawanan dengan penjadwalan maju, kegiatan operasi yang terakhir dijadwalkan lebih dulu yang selanjutnya secara berturut-turut ditentukan jadwal untuk kegiatan sebelumnya satu persatu secara mundur. Akhirnya dengan mengetahui waktu tenggang (*lead time*) dalam pengadaan barang dapat ditentukan kapan saat dimulainya operasi. Metode ini dapat meminimumkan persediaan, namun penggunaan metode ini harus disertai dengan perencanaan dan waktu tenggang yang akurat tidak terjadi *break down* selama proses ataupun perubahan *due date* yang lebih cepat.

Menurut penjelasan para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa penjadwalan dibagi menjadi dua kategori yaitu penjadwalan maju dan penjadwalan mundur. Kedua penjadwalan ini bergantung pada tugas perusahaan yang akan dilakukan, perusahaan dapat memilih mana yang paling sesuai untuk meminimalkan kerugian dan mencapai tujuan perusahaan.

#### 2.3.4 Metode Penjadwalan Proyek

Dalam penjadwalan proyek, ada juga metode yang perlu dipahami untuk membantu menentukan kapan setiap tugas harus dilaksanakan dan diselesaikan. Dalam menentukan penjadwalan sebuah proyek dapat dibuat dengan menerapkan beberapa metode, yaitu:

1. PERT (*Project Evaluation Review Technique*) adalah teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap aktivitas. Tiga angka estimasi tersebut yaitu, a (kurun waktu optimistik), b (kurun waktu pesimistik), dan m (kurun waktu yang paling mungkin). (Masinambow, 2019).
2. CPM (*Critical Path Method*) mengenali jalur kritis sebagai rangkaian komponen untuk jumlah total aktivitas dan menunjukkan periode waktu terlama dengan penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis dimulai dari aktivitas pertama hingga terakhir proyek. Jalur kritis penting untuk implementasi proyek, aktivitas yang tertunda pada satu jalur akan menyebabkan penundaan proyek secara keseluruhan (Lantara et al, 2024).
3. Simulasi *Monte Carlo*, simulasi monte carlo dalam manajemen proyek digunakan untuk menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek, dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek (Sarah, 2019).

Oleh karena itu, dari pendapat ahli di atas dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan proses penjadwalan ulang dapat menggunakan metode pendekatan CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Project Evaluation Review Technique*) dan simulasi *monte carlo*.

#### **2.4 Pengertian Metode PERT dan CPM**

Metode jaringan untuk penjadwalan proyek yang dikenal sebagai PERT ini untuk pertama kali dikembangkan pada tahun 1957 oleh kantor proyek khusus Angkatan Laut yang bekerja sama dengan Booz, Allen, dan Hamilton. Sedangkan CPM muncul terlebih dahulu sebagai alat untuk pembangunan dan pemeliharaan pabrik yang dikembangkan oleh J. E. Kelly dan M. R. Walker. Pada dasarnya metode PERT (*Project Evaluation Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method*) merupakan alat analisis proyek yang sudah banyak dikenal di bidang manajemen. Proyek terdiri atas serangkaian kegiatan dan beberapa diantara kegiatan tersebut saling terkait. Suatu kegiatan hanya dapat dilakukan setelah kegiatan sebelumnya selesai dilakukan. Serangkaian kegiatan tersebut dapat digambarkan dalam sebuah diagram.

Menurut Masinambow (2019) PERT (*Program Evaluation And Review Technique*) adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur, dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

*On the other hand, PERT is based on the same principle of identifying the critical path in a networking system, but the activity time estimates are probabilistic in nature (Kiran, 2019).*

CPM adalah singkatan dari *Critical Path Method* (metode jalur kritis). Pada metode CPM terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan, kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (normal estimasi) dan perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya dipercepat (*crash estimate*). Analisis jaringan metode CPM bertujuan untuk menentukan jalur kritis yang dimulai dari awal proyek hingga selesai sehingga metode ini juga dikenal sebagai metode lintasan kritis (Safitri, 2019).

*CPM can be defined as a sequence of project network activities that add up to the longest duration. It's sequence regulates the least time possible to complete the project (Cynthia, 2019).*

Metode CPM dan PERT dapat digunakan dalam optimalisasi, perencanaan dan penjadwalan sebuah proyek. Namun, metode PERT digunakan untuk menentukan suatu proyek yang belum diketahui secara pasti waktu penyelesaiannya, sedangkan metode CPM digunakan untuk membandingkan waktu penyelesaian suatu proyek yang sudah diketahui waktu penyelesaiannya berdasarkan pengalaman atau data jadwal waktu yang telah dibuat oleh perusahaan, dan metode CPM dapat digunakan juga untuk penentuan jalur kritis di dalam perencanaan dan penjadwalan proyek (Abdurrasyid, 2019).

Jadi, menurut beberapa para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa CPM terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan, kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (normal estimasi) dan perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya dipercepat (*crash estimate*). Sedangkan, metode PERT adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur, dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

#### **2.4.1 Metode PERT (*Project Evaluation Review Technique*)**

Metode PERT menurut (Abdurrasyid dkk, 2019) digunakan untuk mengevaluasi kegiatan proyek dengan tujuan untuk meminimalkan terjadinya masalah, keterlambatan atau gangguan kegiatan proyek. Menurut Hidayah dkk (2018) metode PERT merupakan suatu metode yang memungkinkan untuk memprediksi dampak ketidakpastian waktu dalam menyelesaikan setiap kegiatan proyek dan mengantisipasi ketidakpastian durasi proyek secara keseluruhan. Metode ini digunakan untuk menyusun jadwal serta anggaran sebelum pelaksanaan proyek, sehingga aktivitas pekerja dapat terkontrol dan

lebih terorganisir. *PERT computation supports assigning probabilities with task completion times in accordance with; optimistic time (o), most likely time (m), and pessimistic time (p)* (Cynthia, 2020). Dari jaringan kerja ini dapat dilakukan berbagai analisis untuk membantu manajer dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan waktu, biaya, atau penggunaan sumber daya. Tiga jenis waktu yang dipergunakan dalam PERT, sebagai berikut:

$t_o$  = Perkiraan waktu optimis

$t_m$  = Perkiraan waktu paling mungkin

$t_p$  = Perkiraan waktu pesimis

Waktu yang diharapkan untuk suatu kegiatan dihitung berdasarkan rata-rata tertimbang dari tiga jenis waktu diatas, yaitu:

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

Rata-rata selesainya proyek merupakan jumlah waktu dari kegiatan kritis, sedangkan varian lintasan kritis proyek merupakan jumlah varian kegiatan kritis, varian kegiatan kritis ( $\sigma_{kk}^2$ ) dapat dicari dengan rumus berikut:

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

Varian proyek ( $\sigma^2$ ) merupakan jumlah varian kegiatan kritis:

$$\sigma^2 = \sum \sigma_{kk}^2$$

Sedangkan, deviasi standar dari proyek ( $\sigma$ ) adalah akar dari varian proyek

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Nilai deviasi standar normal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Z = \frac{\chi - \mu}{\sigma}$$

Dimana:

$\chi$  = Target waktu penyelesaian (*due date*)

$\mu$  = Rata-rata waktu penyelesaian pekerjaan

$\sigma$  = Deviasi standar

Untuk mempersingkat dan menentukan waktu dan biaya digunakan rumus:

$$\text{Biaya cash per periode} = \frac{(C_c - C_n)}{(T_n - T_c)}$$

Dimana:

$C_c$  = biaya cash

$C_n$  = biaya normal

$T_n$  = waktu normal

$T_c$  = waktu crash

Pemberian bobot rumus diatas merupakan bentuk asli (*default*) dari PERT. Analisis bisa saja memberikan bobot berbeda untuk masing-masing jenis waktu tersebut.

*PERT is a method of analysing the tasks involved in completing a given project, especially the time needed to complete each task, and to identify the minimum time needed to complete the total project. It incorporates uncertainty by making it possible to schedule a project while not knowing precisely the details and durations off all the activities (Arati, 2021).* PERT menggunakan tiga dugaan waktu untuk peluang penyelesaian proyek pada tanggal yang ditetapkan dapat dihitung, bersama dengan waktu mulai dan akhir standar flap kegiatan. Ketiga dugaan waktu yang digunakan pada PERT tersebut, yaitu sebagai berikut:

- a. Waktu Optimis (a) adalah waktu kegiatan jika semuanya berjalan dengan baik tanpa hambatan-hambatan atau penundaan-penundaan.
- b. Waktu Paling Mungkin (m) adalah waktu kegiatan yang akan terjadi jika suatu kegiatan dilaksanakan dalam kondisi normal, dengan penundaan-penundaan tertentu yang dapat diterima.
- c. Waktu pesimis (b) adalah waktu kegiatan jika terjadi hambatan atau penundaan lebih semestinya.

PERT “menimbangkan” ketiga estimasi itu untuk mendapatkan waktu kegiatan yang diharapkan (*expected time*) dengan rumus

$$ET = \frac{a + 4(m) + b}{6}$$

Menurut Abdurrasyid (2019) metode PERT adalah suatu metode yang digunakan dalam evaluasi suatu proyek yang bertujuan untuk mengurangi sebanyak mungkin adanya penundaan, konflik, maupun gangguan terhadap kegiatan suatu proyek, termasuk di dalamnya melakukan koordinasi dan sinkronisasi dengan berbagai bagian dari keseluruhan pekerjaan agar dapat dilakukan percepatan terhadap penyelesaian suatu proyek. Metode ini melakukan penyusunan jadwal dan anggaran dari suatu pekerjaan di awal sebelum dilaksanakannya suatu proyek sehingga aktifitas pekerjaan dapat terkendali dan lebih teratur. Saat ini, Teknik PERT digunakan secara rutin pada setiap proyek besar seperti pembangunan software, konstruksi gedung dan

sebagainya. PERT banyak diterapkan pada proyek dalam penelitian dan pengembangan, desain sistem komputer, dan invasi militer, dimana waktu kegiatan dapat diharapkan beragam.

Adapun rumus yang digunakan dalam PERT adalah:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

$$E(T) = \cup \sum T_e \text{ lintasan kritis}$$

$$\text{Var } I = \left( \frac{T_p - T_o}{6} \right)^2$$

$$\text{Var } (T) = \text{Var } i \text{ lintasan kritis}$$

$$S = \text{akar pangkat dua dari var } (T)$$

$$Z = \frac{X - E(T)}{S}$$

Dimana :

$T_e$  = waktu harapan

$T_o$  = waktu optimis

$T_p$  = waktu pesimis

$\text{Var } I$  = varians untuk tiap kegiatan I pada lintasan kritis

$E(T)$  = harapan penyelesaian total

$\text{Var } (T)$  = keragaman penyelesaian total

$Z$  = nilai normal baku

Jadi kesimpulan yang didapat dari beberapa pendapat ahli mengenai PERT adalah bahwa PERT digunakan untuk mengevaluasi kegiatan proyek dengan tujuan untuk meminimalkan terjadinya masalah, keterlambatan atau gangguan kegiatan proyek, yang memungkinkan untuk memprediksi dampak ketidakpastian waktu dalam menyelesaikan setiap kegiatan proyek dan mengantisipasi ketidakpastian durasi proyek secara keseluruhan. PERT menggunakan tiga dugaan waktu untuk peluang penyelesaian proyek yaitu waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), waktu pesimis (b). Metode ini melakukan penyusunan jadwal dan anggaran dari suatu pekerjaan di awal sebelum dilaksanakannya suatu proyek sehingga aktifitas pekerjaan dapat terkendali dan lebih teratur.

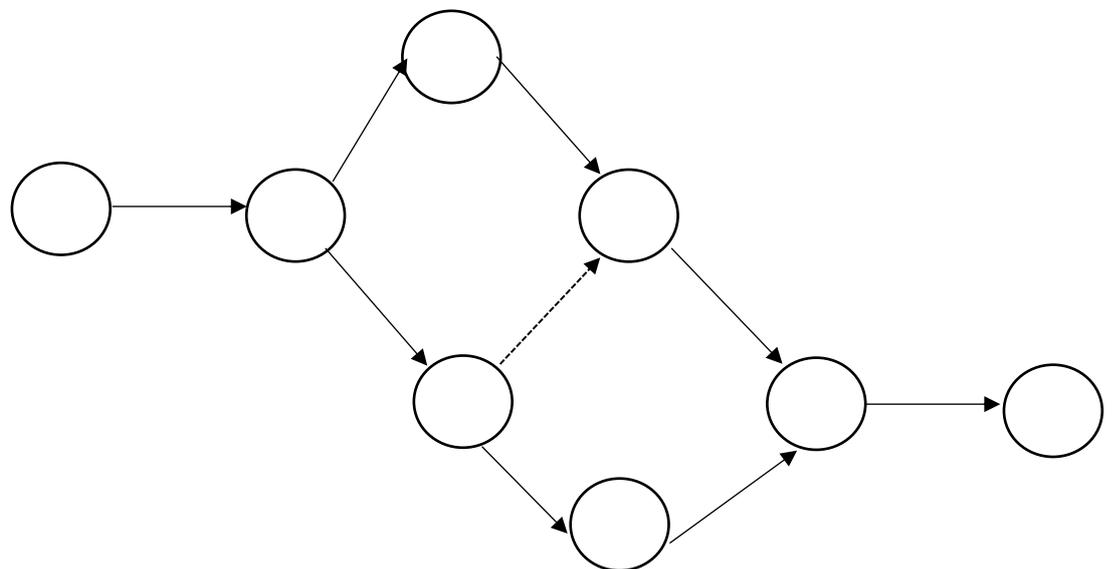
#### 2.4.2 CPM (*Critical Path Method*)

Metode CPM merupakan suatu metode atau cara dan tahapan yang digunakan dalam perencanaan dan pengendalian dengan menggunakan prinsip pembentukan jaringan di mana metode ini cukup banyak digunakan pada

pengelolaan suatu proyek. Metode CPM memastikan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek sudah diketahui pada awal sebelum pengerjaan, termasuk waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek serta hubungan antara sumber yang digunakan. Metode CPM memberikan hasil analisis pada jaringan kegiatan suatu proyek berupa optimasi biaya total proyek dengan cara mempersingkat waktu total penyelesaian proyek yang dilaksanakan (Abdurrasyid, 2019).

*CPM is a method for planning and monitoring projects which is the most widely used system among all other systems, which uses the principles of network formation. CPM method used a critical path that has a series of activity components with the longest total amount of time (Cynthia, 2019).*

Critical path method (CPM) atau metode jalur kritis merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. CPM merupakan Analisa jaringan kerja yang berupaya mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek. Penggunaan metode CPM dapat menghemat waktu dalam menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik (Karuntu, 2023).



Gambar 2.1 Diagram Jaringan Kerja

**Keterangan:**

- ▶ : kegiatan
- : peristiwa
- - - - -▶ : kegiatan semu

*Identification is made by dividing the project into several work activities and then visualized with flow charts and then calculated for the project's duration. The duration obtained after calculating with the CPM is the initial duration of the activity start (ES), the initial duration of the activity completion (EF), the end duration of the activity started (LS), the end duration of the completed activity (LF), and the grace period (slack) (Farida and Anenda, 2022).*

Jadi, kesimpulan dari pendapat para ahli mengenai CPM (*Critical Path Method*) bahwa CPM merupakan suatu metode atau cara dan tahapan yang digunakan dalam perencanaan dan pengendalian dengan menggunakan prinsip pembentukan jaringan di mana metode ini cukup banyak digunakan pada pengelolaan suatu proyek. Metode CPM menggunakan jalur kritis yang memiliki rangkaian komponen aktivitas dengan berupaya mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek serta dapat menghemat waktu dalam menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek. CPM adalah durasi awal dimulainya aktivitas (ES), durasi awal penyelesaian aktivitas (EF), durasi akhir aktivitas dimulai (LS), durasi akhir aktivitas selesai (LF), dan waktu tenggat.

### **2.4.3 Jalur Kritis (*Critical Path*)**

Jalur kritis adalah rangkaian kegiatan atau pekerjaan kritis yang terdapat pada suatu proyek. Dalam penjadwalan proyek selain umur proyek jalur kritis merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan dan dimonitor dengan baik, karena jalur kritis akan berpengaruh terhadap terlambat atau tidaknya suatu proyek (Abdurrasyid, 2019). Proyek dapat membuat lebih dari satu jalur kritis, jumlah jalur kritis yang ada dalam suatu proyek sebanding dengan jumlah aktivitas yang harus diawasi secara ketat. Sebagai estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, jalur kritis yang memiliki akumulasi waktu yang paling lama akan digunakan.

*Critical Path is a project management technique that lays out all of the activities needed to complete a task, the time it will take to complete each activity and the relationships between the activities. Also called the "critical path method", critical path can help predict whether a project can be completed on time and can be used to reorganize the project both before starting it, and as it progresses, to keep the project's completion on track and ensure that deliverables are ready on time (Lee and Shvetsova, 2019).*

Menurut Karuntu dkk (2023) jalur kritis merupakan sebuah rangkaian aktivitas-aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda waktu pelaksanaannya dan menunjukkan hubungan yang saling berkaitan satu sama lain. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi. Jalur kritis diperoleh dari diagram

jaringan yang memperlihatkan hubungan dan urutan kegiatan dalam suatu proyek.

*Critical path, which has critical activities taking into consideration their cost of lateness due to their interruptions, based on a new criticality index expressions for evaluating the total expected interruption time, and the overall expectation of lateness, provided that the sum of latest finishing time is greater than or equal to the given date (Ahmood, 2022).*

Menurut Abraham dkk (2022) dalam metode *Critical Path Method* (CPM) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, jalur kritis adalah jalur yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal. dengan diketahui aktivitas kritis maka penyelesaian rangkaian kegiatan proyek dapat tercapai dengan menggunakan metode penentuan waktu.

Jadi kesimpulan yang didapat dari para pendapat ahli diatas bahwa jalur kritis adalah rangkaian kegiatan atau pekerjaan kritis yang terdapat pada suatu proyek untuk menyelesaikan tugas, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas, dan hubungan antar aktivitas. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi, jika implementasi pada jalur kritis terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada aktivitas lainnya. Jalur kritis adalah jalur yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal. dengan diketahui aktivitas kritis maka penyelesaian rangkaian kegiatan proyek dapat tercapai dengan menggunakan metode penentuan waktu.

#### **2.4.4 Perbedaan Metode PERT Dan CPM**

Berikut adalah perbedaan antara metode PERT dengan metode CPM:

Menurut Abdurrasyid (2019) metode PERT dan CPM memiliki perbedaan sebagai berikut:

- a. Penerapan metode, metode PERT digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan sebelumnya, adapun metode CPM penggunaannya untuk melakukan penjadwalan dan pengendalian aktivitas yang sudah pernah dikerjakan sebelumnya sehingga waktu, data, serta biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui lebih dulu oleh evaluator.
- b. Waktu pengerjaan, metode PERT menggunakan tiga jenis waktu pengerjaan yaitu yang tercepat, terlama serta terlayak, adapun pada metode

CPM hanya terdiri dari satu jenis informasi waktu pengerjaan saja, yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.

- c. Fokus metode, pada metode PERT yang fokus ditekankan adalah pada faktor ketepatan waktu, karena menurut metode ini dengan memangkas waktu maka berdampak pada menurunnya biaya proyek, sedangkan pada metode CPM fokus yang ditekankan adalah pada ketepatan biaya proyek rencana dengan realisasi.
- d. Pada metode PERT anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidential) sedangkan pada CPM tanda panah adalah kegiatan.

*The difference between the CPM and PERT is that PERT is mainly used where the time required for completion of each of the activities is unknown whereas CPM technique bases its execution of the project on the knowledge and experience of past projects (Cynthia, 2019).*

Perbedaan antara metode PERT dan CPM adalah metode PERT lebih menekankan dan memperhatikan waktu, sedangkan metode CPM selain memperhatikan waktu kerja juga memperhatikan biaya. Metode CPM juga biasa digunakan untuk proyek konstruksi. PERT merupakan bagian dari network planning yang menggunakan bahasa symbol dan termin dimana proyek dianggap sebagai kumpulan dari peristiwa-peristiwa yang menyusul untuk kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram network (Anthon & Kartini, 2020).

*CPM and PERT are two almost identical techniques. Their basic functions are time study, analyse, and solve various management problems of large projects. The following illustrate how they are similar but at the same time are different:*

1. *CPM is generally activity oriented and PERT is generally event oriented. As explained in a previous paragraph, an event is the point at which an activity starts or ends.*
2. *CPM emphasizes the identification of the most time-consuming activity in a group of activities. In other words, it emphasizes the identification of the critical path to concentrate our time reduction efforts to the activities of this path only. PERT emphasizes the review of all the activities with relation to the realistic time estimates and presents a model for reflecting some of these statistical uncertainties.*
3. *CPM is generally simple in presentation and gives a very clear picture of the relationship among various activities with reference to the dependencies to enable us to make a quick and easy to explain analysis. PERT presents all the complex relations and time estimates so that it helps in detailed analysis and yields more accurate time estimates and easier follow up and control tools.*
4. *CPM is helpful in simple projects and PERT is helpful in complex projects.*

5. *For the same project, it is better to first draw the CPM chart, do the preliminary analysis to get a quick picture of the future, and expand it to PERT analysis for a well scheduled perpetual control during the execution stage (Kiran, 2019).*

Jadi kesimpulan yang didapat dari para ahli diatas bahwa perbedaan PERT dan CPM adalah dilihat dari penerapan metode, waktu pengerjaan, fokus metode, dan pada metode PERT anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidential) sedangkan pada CPM tanda panah adalah kegiatan. PERT menggunakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap kegiatan tidak diketahui, sedangkan CPM mendasar pada pengetahuan, pengalaman proyek sebelumnya dan juga memperhatikan biaya. CPM umumnya sederhana dalam penyajiannya dan memberikan gambaran yang sangat jelas tentang hubungan antara berbagai aktivitas, PERT menyajikan semua hubungan kompleks dan perkiraan waktu sehingga membantu dalam analisis terperinci dan menghasilkan perkiraan waktu yang lebih akurat.

#### **2.4.5 Langkah-Langkah Metode CPM dan PERT**

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk menggunakan metode PERT dan CPM diantaranya adalah sebagai berikut:

Langkah-langkah dalam menyusun jaringan kerja CPM (Critical Path Method) menurut (Eddy et al., 2019) yaitu:

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
2. Menyusun kembali komponen-komponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan.
3. Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
4. Mengidentifikasi jalur kritis (critical path) dan float pada jaringan kerja.

*In applying the CPM (Kiran, 2019) there are several steps that can be summarized:*

1. *Define the required tasks and put them down in an orderly sequenced list.*
2. *Create a flowchart or other diagram showing each task in relation to the others.*
3. *Identify the critical and noncritical relationships (paths) among tasks.*
4. *Determine the expected completion or execution time for each task.*
5. *Locate or devise alternatives (backups) for the most critical paths.*
6. *Calculate the duration for each path, and chart out the activities considering the dependencies and then identify the longest path.*
7. *Construct the network diagram.*

8. *Compute the path time for each path as the sum of individual activities of the path.*
9. *The path having the longest time is the critical path and each activity in this path is the critical activity.*
10. *The other paths normally take less time, so they have some "slack" meaning you can delay or slow them in order to concentrate on the critical path.*
11. *This would enable identifying those activities whose durations can be reduced by*
  - *Analysing like method study and brainstorming.*
  - *By shifting more resources toward the completion of that activity.*
  - *Increasing the speed of execution of that activity.*

*This reduction of activity time is called crash duration.*

Menurut Fitrianto (2019) penggunaan metode PERT di dalam perencanaan dan penjadwalan proyek dapat dilakukan dengan mengikuti langkah sebagai berikut:

1. Menjelaskan dan menguraikan berbagai pekerjaan yang akan dilaksanakan pada suatu proyek.
2. Membuat bagan jaringan.
3. Menaksir waktu penyelesaian setiap pekerjaan.
4. Menghitung statistik waktu.
5. Menentukan lisan atau alur kritis.
6. Menghitung kelenturan (*slack*).
7. Menghitung peluang.
8. Memantau perkembangan pengerjaan proyek.
9. Melihat kemungkinan percepatan penyelesaian proyek.

Langkah yang perlu ditempuh dalam metode PERT menurut Murdifin dan Mahfud (2022), yaitu:

1. Merumuskan visi (*vision*) dan tujuan (*goals*) proyek, yang akan menjadi dasar perumusan kegiatan.
2. Mengidentifikasi pekerjaan yang harus diselesaikan pada proyek yang bersangkutan.
3. Mengidentifikasi urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengerjaan berlangsung secara sistematis.
4. Mengidentifikasi waktu pengerjaan setiap pekerjaan yang ada.
5. Membuat diagram pengerjaan proyek.
6. Menetapkan jalur kritis proyek.
7. Menghitung standar deviasi jalur kritis proyek.
8. Menghitung probabilitas penyelesaian proyek sesuai yang diminta oleh pemilik proyek.

9. Menghitung biaya nyata proyek.
10. Mengevaluasi alternatif percepatan yang mungkin.

Adapun pendapat dari beberapa ahli yang telah diuraikan diatas dapat disimpulkan untuk menggunakan metode CPM langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek, dengan meletakkan dalam daftar urutan yang teratur.
2. Menyusun kembali komponen-komponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan, dan membuat bagan aliran atau diagram yang menunjukkan keterkaitan setiap tugas-tugas.
3. Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
4. Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan float pada jaringan kerja, dan tentukan waktu penyelesaian atau pelaksanaan yang diharapkan untuk setiap tugas.
5. Temukan atau rancang alternatif (cadangan) untuk jalur yang paling kritis.
6. Hitung durasi untuk setiap jalur, dan membuat bagan aktivitas dengan mempertimbangkan depedensi, lalu identifikasi jalur terpanjang.
7. Buatlah diagram jaringan.
8. Hitung waktu jalur untuk setiap jalur sebagai jumlah aktivitas individu jalur tersebut.
9. Jalur yang memiliki waktu terlama adalah jalur kritis dan setiap aktivitas di jalur ini adalah aktivitas kritis.
10. Jalur lain biasanya memakan waktu lebih sedikit, sehingga memiliki beberapa “kelonggaran” yang berarti dapat menunda atau memperlambatnya untuk berkonsentrasi pada jalur kritis.

Sedangkan menurut beberapa pendapat para ahli diatas metode PERT dapat disimpulkan langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Merumuskan visi (*vision*) dan tujuan (*goals*) proyek, yang akan menjadi dasar perumusan kegiatan dengan menjelaskan dan menguraikan berbagai pekerjaan yang akan dilaksanakan pada suatu proyek.
2. Mengidentifikasi pekerjaan yang harus diselesaikan pada proyek yang bersangkutan, dengan membuat bagan jaringan.
3. Mengidentifikasi urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengerjaan berlangsung secara sistematis dengan menaksir waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

4. Mengidentifikasi waktu pengerjaan setiap pekerjaan yang ada dengan menghitung statistik waktu.
5. Membuat diagram pengerjaan proyek dengan menentukan lisan atau alur kritis.
6. Menetapkan jalur kritis proyek dengan menghitung kelenturan (*slack*).
7. Menghitung standar deviasi jalur kritis proyek dengan menghitung peluang.
8. Menghitung probabilitas penyelesaian proyek sesuai yang diminta oleh pemilik proyek dengan memantau perkembangan pengerjaan proyek.
9. Menghitung biaya nyata proyek dengan melihat kemungkinan percepatan penyelesaian proyek.
10. Mengevaluasi alternatif percepatan yang mungkin.

## 2.5 Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *monte carlo* memungkinkan tidak hanya untuk menemukan waktu atau biaya proyek yang paling mungkin, tetapi juga untuk menghitung probabilitas terjadinya nilai yang diharapkan. Informasi yang didapat dari *monte carlo* sebenarnya tidak jauh berbeda dengan perencanaan PERT. Akan tetapi, simulasi *monte carlo* memperluas Teknik PERT.

Menurut Josua (2020) menyatakan bahwa simulasi *monte carlo* adalah suatu teknik yang digunakan dalam mengambil keputusan berdasarkan simulasi statistik yang dilakukan secara berulang. Pada manajemen proyek, teknik *monte carlo* umumnya digunakan dalam memperkirakan risiko yang berhubungan dengan durasi dan biaya proyek.

Menurut Felix (2019) menyatakan bahwa simulasi *monte carlo* adalah sebuah metode analisis yang didasarkan dengan nilai data-data acak yang memunculkan sebuah statistik probabilitas, yang selanjutnya digunakan untuk memahami dampak dari sebuah ketidakpastian.

Menurut Paulus (2022) menyatakan bahwa simulasi *monte carlo* adalah salah satu jenis dari simulasi yang bergantung pada pengambilan sampel secara acak dan berulang yang kemudian di analisis secara statistik untuk mengolah hasil.

Menurut Raihana (2023) menyatakan bahwa simulasi *monte carlo* adalah kombinasi teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi permasalahan kuantitatif dengan melakukan *sampling* dari proses acak. Simulasi ini menetapkan distribusi probabilitas dari variabel yang diteliti, kemudian dilakukan pengambilan sampel acak untuk menghasilkan data.

Dari beberapa pendapat para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa simulasi *monte carlo* adalah suatu teknik yang digunakan dalam mengambil keputusan berdasarkan simulasi statistik yang dilakukan secara berulang, simulasi *monte carlo* adalah sebuah metode analisis yang didasarkan dengan nilai data-data acak

yang bergantung pada pengambilan sampel dan digunakan untuk memahami dampak dari sebuah ketidakpastian. Simulasi *monte carlo* adalah kombinasi teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi permasalahan kuantitatif dengan melakukan *sampling* untuk menghasilkan data. Simulasi monte carlo dalam manajemen proyek digunakan untuk menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek, dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi.

### 2.5.1 Langkah-Langkah Simulasi *Monte Carlo*

Menurut Paulus (2022) menyatakan bahwa langkah-langkah untuk melakukan simulasi *monte carlo* adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan ruang lingkup masalah dan tujuan analisis
2. Identifikasi sumber daya untuk elemen dan parameternya serta memperoleh data
3. Pemodelan masalah yang akan dianalisis dalam *software* simulasi *monte carlo*
4. Penentuan parameter simulasi
5. Melakukan simulasi
6. Analisis data

Menurut Josua (2020) menyatakan bahwa langkah-langkah dari simulasi *monte carlo* dalam menentukan biaya dan durasi proyek adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan area, ruang lingkup masalah dan tujuan analisis (misalnya untuk mengestimasi biaya proyek yang diperlukan).
2. Mengidentifikasi sumber data yang akan diteliti dan parameternya serta memperoleh data tersebut. Misalnya dalam mengestimasi distribusi probabilitas dari biaya pekerjaan, dapat diperoleh dari data historis dari proyek sebelumnya atau dari pakar).
3. Pemodelan masalah yang dianalisis menggunakan *software* simulasi *monte carlo*, dan input data.
4. Menentukan parameter simulasi dengan melakukan repetisi dan iterasi sebanyak mungkin sesuai dengan kebutuhan simulasi.
5. Melakukan simulasi dengan menggunakan *software* dimana akan melakukan perhitungan secara otomatis dan acak.
6. Menganalisis data hasil simulasi *software* yang memperoleh nilai parameter dari distribusi variabel yang dihasilkan: jumlah repetisi, mean, standar deviasi, minimum, maksimum, median, nilai persentil dari distribusi. Informasi yang terkumpul berbentuk tabel atau dalam bentuk grafik (histogram).

Menurut Dian (2021) menyatakan bahwa tahap-tahap dalam melakukan simulasi *monte carlo* adalah sebagai berikut:

1. Menginput aktivitas-aktivitas pekerjaan, beserta durasinya. Setiap sub item pekerjaan di input bersamaan dengan lama durasi yang digunakan.
2. Memperkirakan item pekerjaan yang memperlihatkan kurva distribusi, dilakukan agar sub-sub pekerjaan dapat mengasumsikan kurva distribusi segitiga.
3. Menentukan LF (*Late Finish*) ditinjau dari ketergantungan hubungan-hubungan aktivitas yang ada. Pada tahapan proses menentukan LF (*Late Finish*) dari setiap pekerjaan, bertujuan agar diketahuinya batas tanggal pekerjaan yang diselesaikan dengan durasi waktu yang lama.
4. Mengatur *run preference*. Pada tahapan ini simulasi dilakukan 1000x.
5. Melakukan proses simulasi untuk menentukan probabilitas. Setelah selesai di inputkan data, maka simulasi siap untuk dijalankan.
6. Mengatur hasil luaran pada analisis. Pada tahapan ini option yang dapat dipilih *forechast chart* dan *sensitivitas chart* untuk memperoleh hasil dari simulasi.

Dari menurut pendapat beberapa ahli diatas bahwa dapat disimpulkan yaitu langkah-langkah dalam melakukan simulasi monte carlo adalah sebagai berikut:

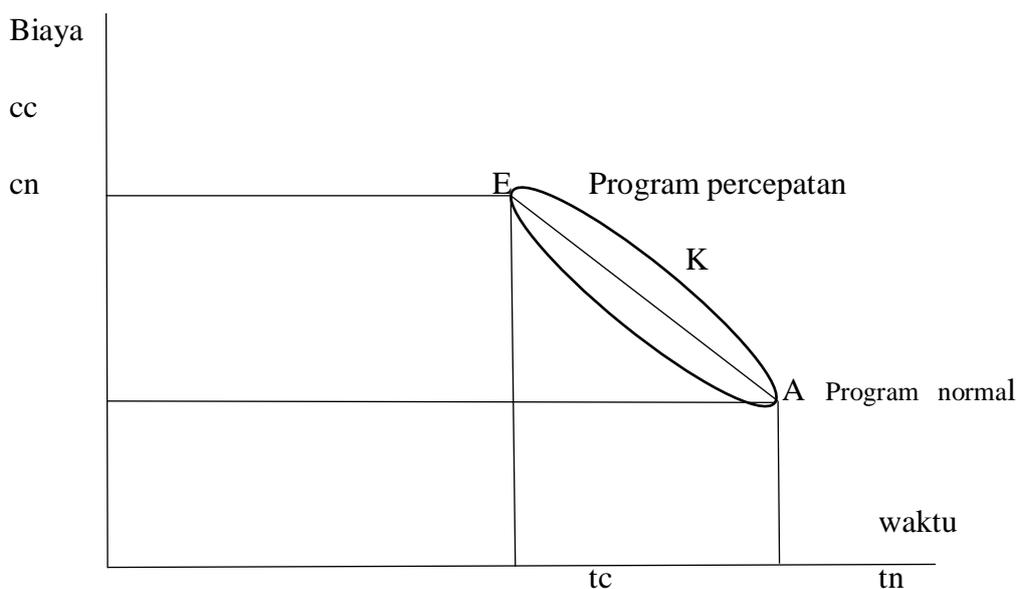
1. Merumuskan area, merumuskan ruang lingkup masalah dan tujuan analisis, menginput aktivitas-aktivitas pekerjaan, beserta durasinya.
2. Identifikasi sumber daya untuk elemen dan parameternya serta memperoleh data tersebut, memperkirakan item pekerjaan yang memperlihatkan kurva distribusi.
3. Pemodelan masalah yang akan dianalisis dalam *software* simulasi *monte carlo* dan input data, menentukan LF (*Late Finish*) ditinjau dari ketergantungan hubungan-hubungan aktivitas yang ada.
4. Penentuan parameter simulasi dengan melakukan repetisi dan iterasi sebanyak mungkin sesuai dengan kebutuhan simulasi, dan mengatur *run preference*.
5. Melakukan simulasi dengan menggunakan *software* dimana akan melakukan perhitungan secara otomatis dan acak, untuk menentukan probabilitas.
6. Menganalisis data hasil simulasi *software* yang memperoleh nilai parameter dari distribusi variabel yang dihasilkan, serta mengatur hasil luaran pada analisis.

## 2.6 Hubungan Antara Waktu Dan Biaya

Menurut Rahayu dkk (2021) menyatakan hubungan antara waktu dan biaya dalam Bahasa Inggris disebut juga *Time-Cost trade-off*. Makna dari metode penjadwalan ini adalah dengan melakukan percepatan pada waktu pelaksanaan proyek (Duration). Dalam mempercepat penyelesaian suatu proyek dengan cara melakukan kompresi durasi aktivitas, diupayakan agar penambahan dari segi biaya seminimal mungkin. Pengendalian biaya yang dilakukan adalah biaya langsung, karena biaya inilah yang akan bertambah apabila dilakukan pengurangan durasi.

Biaya langsung akan meningkat apabila waktu pelaksanaan proyek dipercepat, namun biaya langsung ini akan meningkat juga apabila waktu pelaksanaan proyek diperlambat. Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kuantitas pekerjaan, melainkan tergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek. Bila biaya tidak langsung ini dianggap tetap selama umur proyek, maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek yang dilaksanakan.

Penentuan hubungan biaya dan waktu secara tepat untuk kegiatan-kegiatan tidak selalu mudah. Hubungan tersebut dapat berbentuk hubungan concave atau convex, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.2 Hubungan Waktu dan Biaya

Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara waktu dan biaya. Dimana titik A menunjukkan program normal penyelesaian suatu kegiatan dengan waktu normal ( $T_n$ ) dan biaya yang terjadi adalah biaya normal ( $C_n$ ). Titik B adalah program percepatan penyelesaian suatu kegiatan dengan waktu percepatan ( $T_c$ ) dan biaya yang terjadi adalah biaya percepatan ( $C_c$ ). Titik K menunjukkan kemiringan garis “*trade off*” antara waktu dan biaya, dimana setiap pengurangan waktu dihubungkan dengan kenaikan biaya sehingga menunjukkan biaya tambahan (Incremental Cost). Bila kurva biaya terbentuk convex, semakin pendek waktu selesainya, maka biaya tambahan per unit waktu semakin mahal.

## 2.7 Optimasi

Optimasi berarti pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dalam suatu proyek dari beberapa fungsi yang diberikan. Optimasi juga dapat berarti upaya untuk meningkatkan kinerja sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi. Optimasi hanya dapat diwujudkan apabila dalam perwujudannya secara efektif dan efisien.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia optimasi adalah berasal dari kata dasar optimal yang berarti terbaik, tertinggi, paling menguntungkan, menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi, pengoptimalan proses, cara, perbuatan mengoptimalkan sehingga optimasi adalah suatu tindakan, proses, atau metodologi untuk membuat sesuatu (sebagai sebuah desain, sistem, atau keputusan) menjadi lebih/sepenuhnya sempurna, fungsional, atau lebih efektif. *“The optimization process finds the optimal decision variable of a function or a problem by minimizing or maximizing its objective function. Generally speaking, real world and optimization problems have non-linear restrictions, complex, high computational time, non-convex, and wide search space” (Gandomi. et al, 2021).*

Optimasi merupakan proses mencari solusi optimal untuk masalah tertentu yang menarik, dan proses pencarian ini dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa agen yang pada dasarnya membentuk sistem agen yang berkembang (Styawati et al, 2021). Optimasi biaya dalam menyelesaikan suatu permasalahan merupakan solusi terbaik yang dapat dilakukan untuk memperoleh biaya termurah.

Menurut Sopyan et al, (2021) Optimasi dapat diartikan sebagai pendekatan untuk mendapatkan kombinasi terbaik dari suatu produk atau karakteristik proses dibawah kondisi tertentu. Dapat juga diartikan sebagai memilih elemen atau bahan terbaik dari beberapa pilihan yang tersedia. *“Optimization aims at identifying the best alternative from a set of specified solutions that are the most cost effective or have the highest realizable performance under the specified constraints” (Dolumbia et al, 2020).*

Berdasarkan uraian diatas dari pendapat beberapa ahli dapat disimpulkan optimasi mengartikan sebagai pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dalam suatu proyek dari beberapa fungsi yang diberikan, atau sebagai suatu tindakan, proses, solusi, atau metodologi untuk membuat sesuatu (sebagai sebuah desain, sistem, atau keputusan) menjadi lebih/sepenuhnya sempurna, fungsional, atau lebih efektif. Dapat juga diartikan sebagai memilih elemen atau bahan terbaik dari beberapa pilihan yang tersedia.

### **2.7.1 Analisis Optimasi**

Analisis Optimasi merupakan suatu proses penguraian data-data awal dengan menggunakan suatu metode sebelumnya. Analisis optimasi dapat diartikan juga sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi biaya (Siregar dan Iffiginia, 2019).

*Optimization analysis is a process of parsing initial data using a previous method. In this study, optimization analysis is defined as a process of parsing project duration to get the best duration acceleration using various alternative in terms of cost (Latifah, 2020).*

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia analisis optimasi dibagi menjadi dua, yaitu analisis dan optimasi. Analisis (analisis data) diartikan sebagai penelaahan dan penguraian atas data hingga menghasilkan kesimpulan, sedangkan optimasi diartikan sebagai pengoptimalan, yaitu proses, cara, perbuatan untuk menghasilkan yang paling baik.

Optimasi perlu dilakukan untuk memperpendek durasi atau mempercepat proyek dengan pengeluaran biaya seminimal mungkin. Beberapa metode percepatan dalam pengoptimalan proyek yaitu:

#### 1. Metode *Crashing*

*Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Kondisi yang paling sering di alami pada suatu proyek konstruksi adalah terbatasnya waktu pelaksanaan. Berdasarkan kenyataan yang ada dilapangan, sering terjadi perpanjangan waktu pelaksanaan akibat kurang cermatnya perencanaan, kurang rapihnya manajemen pelaksanaan, kurang logis dan realitisnya hubungan antar aktivitas yang membawa dampak perpanjangan waktu serta membengkaknya biaya penyelesaian proyek (Siregar dan Iffiginia, 2019).

Dasar pertimbangan seorang manajer proyek dalam memutuskan percepatan waktu dengan menggunakan metode *Crashing* adalah sebagai berikut:

- a. Waktu pelaksanaan proyek yang sudah terlambat dari jadwal semula, sehingga perlu dilakukan percepatan waktu.
- b. Waktu proyek normal dipercepat dengan menerapkan metode *crashing* agar waktu penyelesaian lebih awal untuk meningkatkan performance dan profil dari pengembang/kontraktor. Cara *Crashing* hampir selalu berarti peningkatan biaya. Pertambahan biaya yang diakibatkan percepatan waktu/*Crashing* adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan atau melaksanakan kegiatan dengan durasi yang dipercepat.

Project *Crashing* ini melibatkan empat langkah yaitu:

- a. Tentukan *critical path* normal dan identifikasi aktivitas kritis.
- b. Hitung *crash cost* per periode untuk seluruh aktivitas dalam jaringan proyek (dengan asumsi bahwa *crash cost* bersifat linier), rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Crash cost} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal time} - \text{crash time}}$$

- c. Pilih aktivitas pada jalur kritis yang memiliki crash cost/periode minimum. Percepat aktivitas tersebut semaksimal mungkin atau sesuaikan dengan batas waktu yang diinginkan.
  - d. Periksa, apakah aktivitas yang dipercepat tersebut masih merupakan aktivitas kritis. Seringkali, percepatan pada jalur kritis dapat menyebabkan jalur lain yang tidak kritis menjadi jalur kritis. Apabila jalur kritis tersebut masih tetap menjadi jalur terpanjang, maka ulangi langkah 3, jika tidak tentukan jalur kritis baru dan ulangi langkah 3.
2. Metode *Overlapping*

Analisis sebuah network umumnya diasumsikan bahwa sebuah aktifitas pengikut hanya dapat dimulai apabila aktivitas pendahulu telah selesai. Jika aktivitas pengikut tersebut dapat dimulai lebih awal tanpa menunggu selesainya aktivitas pendahulu, maka aktivitas yang pendahulu dapat dibagi kedalam beberapa sub-aktivitas. Meskipun dimungkinkan, pemakaian sub-aktivitas dalam sebuah network akan memperbesar ukuran network dan membutuhkan pekerjaan tambahan dalam penggambaran dan analisis network tersebut.

Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan sebuah metode alternatif karena banyak proyek yang menggunakan “aktivitas bertahap” dimana sebuah aktivitas dapat dimulai meskipun hanya sebagian dari aktivitas yang mendahuluinya dapat diselesaikan. Kondisi tersebut disebut dengan “aktivitas tumpang tindih” (*overlapping activities*). Aktivitas tumpang tindih dapat ditangani tanpa menambah ukuran sebuah network jika dalam analisis sebuah network metode yang digunakan metode diagram preseden dengan lead, dan link. Aktivitas tumpang tindih memberikan representasi sebuah proyek dalam bentuk network yang lebih realistis dan pada umumnya akan menghasilkan durasi proyek yang lebih pendek (Mudiyono et al, 2021).

Sehingga dapat disimpulkan bahwa analisis optimasi dapat diartikan sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi biaya. Dalam analisis optimasi terdapat beberapa metode percepatan dalam pengoptimalan pelaksanaan proyek yaitu Metode *Crashing* dan Metode *Overlapping*.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penjadwalan proyek telah dilakukan sebelumnya dengan beberapa peneliti yang berbeda-beda, untuk lebih jelasnya mengenai penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel yang diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
1.	Arizal, N, B. Arianto, W. T. Bhirawa (2021) “Optimalisasi Pembangunan Proyek Apartemen SGC Cibubur Dengan Menggunakan Metode Precedence Diagram Method (PDM)”	Penjadwalan Proyek	Kegiatan pekerjaan proyek, durasi pekerjaan,	Metode Precedence Diagram Method (PDM)	Kasus pembangunan apartemen SGC Cibubur lantai 3 sampai dengan lantai 5 dengan data penjadwalan dari perusahaan yaitu selama 497 hari, dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode PDM jauh lebih optimal dibandingkan dengan perhitungan yang dipakai oleh perusahaan.
2.	Felix Septian Wijaya, Hendrik Sulistio (2019) “Penerapan Metode <i>Monte Carlo</i> Pada Penjadwalan Proyek Serpong <i>Garden Apartment</i> ”	Penjadwalan Proyek	Jadwal Optimis, Pesimis, <i>Most Likely</i> , Simulasi <i>Monte Carlo</i>	Metode <i>Monte Carlo</i>	Perbedaan jadwal pada proyek Serpong Garden Apartement bila dibandingkan dengan penjadwalan menggunakan metode <i>Monte Carlo</i> adalah lama durasi dan besar probabilitas penyelesaian proyek. Lama durasi jadwal rencana selama 121 minggu. Sedangkan durasi hasil metode <i>Monte Carlo</i> selama 123 minggu.
3.	Fauzan, A. S. Wiyoga, T. Bambang, P. A (2019) “Penjadwalan Pekerjaan Proyek Struktur Atas Dengan Menggunakan <i>Repetitive Scheduling Method</i> (Studi Kasus: Proyek <i>Park View Condominium Apartment</i> di Detos, Depok)”	Penjadwalan pekerjaan proyek	Kriteria waktu (jadwal), biaya (anggaran), dan mutu (kualitas)	Metode <i>Repetitive Scheduling Method</i> (RSM), kuantitatif deskriptif.	Dalam penelitian ini akan dilakukan penjadwalan ulang dengan metode penjadwalan <i>Repetitive Scheduling Method</i> . Dari hasil penjadwalan ulang tersebut didapatkan bahwa penjadwalan proyek tersebut dapat selesai dalam kurun waktu yang jauh lebih cepat, yakni 5 minggu dari rencana pekerjaan 10 minggu.
4.	Guofeng Ma, Ming Wu (2019) “Model Evaluasi Risiko Kualitas Konstruksi Berbasis Big Data dan FMEA yang Mempertimbangkan Jadwal Proyek Untuk Proyek Apartemen Shanghai”	Risiko kualitas konstruksi, penjadwalan proyek	Jumlah lapisan, indeks kinerja jadwal, biaya anggaran	Metode FMEA dan EVM	Membangun model analisis regresi berganda untuk tujuan perbandingan dengan model tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang diusulkan dapat menggambarkan hubungan dengan lebih baik. Model FMEA dan EVM dapat memberikan nilai risiko kualitas kuantitatif yang berubah seiring dengan jadwal yang direncanakan, serta membantu manajer proyek untuk memahami hubungan antara risiko kualitas dan penjadwalan proyek secara lebih akurat.

No	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel yang diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
5.	Harjian Maprilana, Koespiadi (2019) "Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode CPM (Studi Kasus: Proyek Apartemen Caspian Tower Surabaya)"	Penjadwalan proyek	Aktivitas pelaksanaan proyek, waktu setiap pekerjaan, alat kerja, biaya	Metode CPM	Dengan menggunakan metode CPM dapat diketahui bahwa durasi normal penyelesaian proyek adalah 453 hari yang dapat dioptimalkan menjadi 350 hari. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan perhatian khusus pada kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis dan mempercepat beberapa kegiatan dengan menambah jumlah pekerja
6.	Armalisa, A. Dessy, T. Meassa, M. S. (2021) "Metode <i>Crashing</i> Terhadap Penambahan Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi"	Jam kerja optimum	Schedule proyek, rencana anggaran biaya proyek	Metode <i>crashing</i>	Menerapkan metode <i>crashing</i> pada proyek untuk menentukan durasi optimum yang didapat dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) guna mengantisipasi keterlambatan yang terjadi pada proyek Pembangunan Ruang Rawat Inap Kelas III, Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Serang-Banten, dimana penjadwalan proyek ini menggunakan metode CPM. Penelitian ini dilakukan pada Pekerjaan yang berada di jalur kritis yang jika pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan. Untuk mempercepat durasi proyek dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) 3 dan 4 jam.
7.	Andriani, E. Aviasti, Djamaludin (2021) "Optimalisasi Penjadwalan Proyek Konstruksi Berdasarkan Metode <i>Critical Path Method</i> (CPM) Dan <i>Program Evaluation And Review Technique</i> (PERT)"	Optimalisasi penjadwalan proyek	Struktur organisasi pelaksanaan proyek, kegiatan utama proyek, sumber daya proyek, <i>work breakdown structure</i> (WBS), waktu masing-masing kegiatan, biaya kegiatan proyek, volume masing-masing kegiatan.	Metode CPM dan PERT	Optimalisasi penjadwalan proyek dengan penerapan metode CPM ( <i>Critical Path Method</i> ) pada proyek konstruksi pembangunan gedung PT.X diukur dari segi durasi waktu dan biaya, terdapat dua pilihan yakni dapat dikerjakan dengan durasi waktu kerja selama 89 hari dan 86 hari. Optimalisasi penjadwalan proyek dengan penerapan metode PERT ( <i>Program Evaluation and Review Technique</i> ) pada proyek konstruksi pembangunan gedung PT. X, dapat dikerjakan dengan durasi waktu kerja selama 92 hari. Semakin rendahnya durasi waktu kerja proyek, maka akan semakin tingginya biaya yang dikeluarkan perusahaan.
8.	Binti Karomah (2022) "Aplikasi	Network analysis,	Identifikasi kegiatan,	Metode CPM	Dari perhitungan manual diperoleh waktu optimal penjadwalan proyek

No	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel yang diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
	Network Analysis Metode CPM ( <i>Critical Path Method</i> ) Model AON Untuk Menentukan Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Malang”	penjadwalan proyek	perkiraan durasi kegiatan proyek, logika ketergantungan antar kegiatan.		pembangunan gedung perpustakaan selama 293 hari. Menggunakan alat bantu Microsoft Office Project didapatkan hasil waktu optimal penjadwalan proyek pembangunan gedung perpustakaan selama 293 hari. Hasil analisa dengan metode CPM ( <i>Critical Path Method</i> ) mendapatkan dari 298 kegiatan penyusun proyek, 17 diantaranya merupakan kegiatan kritis yang pada pelaksanaannya tidak boleh ada penundaan.
9.	Daniel Pakpahan (2019) “Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan <i>Critical Path Method</i> Studi Kasus PT. MNC Play Media Medan”	Optimalisasi pelaksanaan proyek	Aktivitas proyek, waktu perencanaan, biaya perencanaan, optimalisasi	Metode CPM	Metode critical path method (CPM) dapat digunakan untuk mengukur waktu penyelesaian proyek dengan lebih efisien dan efektif, sehingga dapat mengurangi dampak keterlambatan dan pembengkakan pada biaya. Hal tersebut dapat diusulkan proses crashing proyek dengan tiga alternatif pengendalian : (i) menambah tenaga kerja, (ii) kerja lembur, (iii) menambah subkontrak. Dengan hasil tersebut hasil yang diharapkan dapat akan lebih cepat dari perkiraan proyek pada PT. Mnc Play Media Medan.
10.	Josua Guntur Putra, Jane Sekarsari. (2020) “Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Bertingkat Dengan Metode PERT Dan M-PERT Menggunakan Simulasi <i>Monte Carlo</i> ”	Penjadwalan proyek	Time Schedule, jenis pekerjaan, durasi pekerjaan	Metode PERT dan M-PERT, Monte Carlo	Mean durasi proyek secara keseluruhan dari hasil simulasi Monte Carlo adalah 125,2 hari dan standar deviasi yang diperoleh sebesar 5,25. Jika dibandingkan dengan hasil pada metode PERT dan M-PERT, dapat dilihat bahwa hasil metode M-PERT memberikan selisih yang lebih kecil terhadap hasil simulasi daripada metode PERT. Sehingga metode M-PERT dapat memberikan hasil yang lebih mendekati dengan simulasi komputer.
11.	Sepry Rantesalu (2019) “Evaluasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Pada Proyek Pembangunan Gedung Bappeda Provinsi Kalimantan Utara Tahap iii”	Waktu pelaksanaan, penjadwalan proyek	Aktivitas proyek, durasi pekerjaan proyek	Metode PERT	Penjadwalan dengan menggunakan metode PERT, proyek Pembangunan Gedung BAPPEDA Provinsi Kalimantan Utara Tahap III, paling cepat dapat diselesaikan selama 178 hari. Paling lambat dapat diselesaikan selama 252 hari, paling mungkin diselesaikan selama 218 hari.

No	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel yang diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
12.	Sujarno, A. P. Esa, J. F. Sutrisno (2023) "Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gunadarma Medika dengan Metode CPM dan PERT"	Optimalisasi, Penjadwalan proyek	Jadwal kegiatan proyek, durasi kegiatan pekerjaan, anggaran biaya proyek	Metode PERT dan CPM	Dari penelitian ini maka didapati hasil peluang dalam proyek pembangunan ini dapat terlaksana dengan ukuran sebesar 49%, yang berarti bahwa proyek pembangunan ini memiliki cukup banyak peluang untuk terselesaikan tepat waktu selama 232 hari.
13.	Santony, J (2020) "Simulasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Dengan Metode Monte Carlo"	Penjadwalan proyek	Aktivitas-aktivitas pekerjaan, durasi pekerjaan	Metode simulasi <i>monte carlo</i>	Dengan menggunakan simulasi Monte Carlo yang memanfaatkan data-data penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung sebelumnya maka penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung dapat ditentukan untuk tahun berikutnya dan dapat diprediksi hasilnya. Dari tiga tahun pengujian yang dilakukan maka didapat prediksi dengan tingkat akurasi 93,99% untuk prediksi Tahun 2017, 98,77% untuk Tahun 2018 dan 86,75% untuk Tahun 2019.
14.	Widya, N. S. Irwan, S. Trismi, R. (2017) "Penjadwalan Proyek Dengan Penerapan Simulasi Monte Carlo Pada Metode Program Evaluation Review And Technique (PERT)"	Penjadwalan proyek	Kegiatan dan waktu pekerjaan, biaya proyek	Metode <i>simulasi monte carlo</i> , dan metode PERT	Hasil presentase (%) probabilitas percepatan yang dilakukan menggunakan metode Program Evaluation Review and Technique (PERT) memiliki tingkat keyakinan sebesar 63%. Sedangkan, hasil penerapan simulasi monte carlo berdasarkan hasil rata-ratanya memiliki tingkat keyakinan penyelesaian proyek sebesar 94%.

## 2.9 Kerangka Pemikiran

Perencanaan menjadi aspek yang sangat penting dalam suatu manajemen proyek karena memainkan peran utama dalam keberhasilan serta tingkat pendapatan proyek, Agar kegiatan proyek yang dijalankan bisa berjalan lancar sesuai dengan perencanaan, maka proyek membutuhkan manajemen yang akan mengelola proyek dari awal hingga akhir.

Untuk mengoptimalkan waktu dan biaya, pada proyek apartemen SQ Res perlu adanya pemakaian metode penjadwalan yang baik. Penjadwalan proyek menjadi salah satu kegiatan untuk merencanakan waktu pengerjaan proyek mulai

dari identifikasi jenis kegiatan, keterurutan, sampai kurun waktu (durasi) yang dibutuhkan setiap kegiatan.

Waktu optimal yang dimaksud dengan penggunaan waktu seminimal mungkin tanpa merusak logika ketergantungan setiap kegiatan penyusunan proyek serta spesifikasi lain yang telah ditetapkan sebelumnya. Estimasi waktu yang tidak akurat akan berdampak pada masalah produktivitas karena para pekerja mungkin lebih berfokus kepada langkah-langkah yang kurang penting atau kehilangan kesempatan untuk terhubung dengan rekan satu tim. Waktu yang efektif dapat memberikan penghematan kepada penggunaan sumber daya tertentu dan waktu aktivitas yang berlangsung.

Proyek konstruksi sebagai suatu rangkaian kegiatan yang bersifat sementara dan memiliki sumber daya yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya, dan mutu yang telah digariskan dengan jelas.

Penerapan metode PERT/CPM yang bertujuan untuk pencapaian suatu taraf tertentu dimana waktu merupakan dasar penting dari PERT dalam menyelesaikan kegiatan-kegiatan bagi suatu proyek. Dalam metode PERT dan CPM masalah utama yaitu teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya dengan maksud pekerjaan-pekerjaan yang telah dijadwalkan itu dapat diselesaikan secara tepat waktu serta tepat biaya. Kemudian kedua metode tersebut dibandingkan dalam simulasi *monte carlo*, untuk mengetahui seberapa besar tingkat kepastian dalam menentukan durasi proyek.

Menurut Rochmah, (2022) manajemen proyek adalah usaha pengerjaan suatu proyek yang dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu dengan tujuan tercapainya proyek tersebut secara efisien dan efektif. Usaha pengerjaan yang dimaksud di atas meliputi proses *Planning* (Perencanaan), *Organizing* (Pengaturan), dan *Controlling* (Pengendalian).

Penjadwalan proyek merupakan perhitungan pengalokasian waktu yang tersedia kepada pelaksanaan masing-masing bagian pekerjaan atau kegiatan, dalam rangka penyelesaian proyek sedemikian rupa, sehingga tercapai hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Sugiyanto, 2020).

Menurut Timeular.com (2023) estimasi waktu dalam manajemen proyek adalah memperkirakan berapa lama waktu yang dibutuhkan suatu proyek atau tugas. Hal ini penting untuk manajemen proyek karena membantu manajer merencanakan dan mengalokasikan sumber daya secara efektif.

Biaya proyek bersifat penting dan sensitif dalam suatu perencanaan proyek. Penjadwalan proyek yang kurang tepat dapat mengakibatkan biaya proyek menjadi

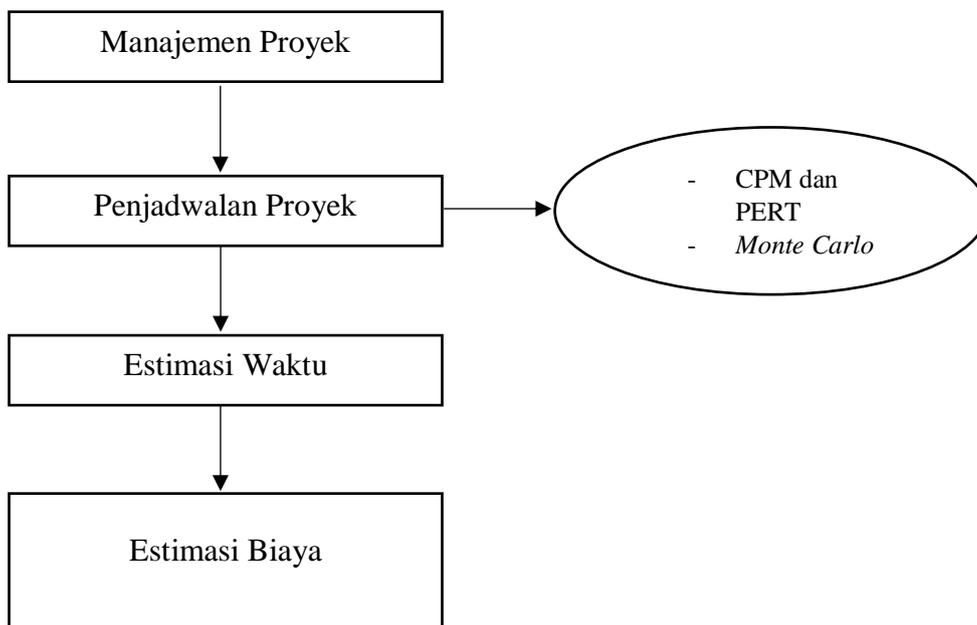
meningkat, selain itu kelonggaran waktu (*slack*) pada durasi proyek yang kurang efektif juga dapat menimbulkan penyimpangan biaya (Muzdalifah, 2019).

Menurut Masinambow (2019) PERT (*Program Evaluation And Review Technique*) adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur, dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

Critical path method (CPM) atau metode jalur kritis merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. CPM merupakan Analisa jaringan kerja yang berupaya mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek (Karuntu, 2023).

Menurut Felix (2019) menyatakan bahwa simulasi *monte carlo* adalah sebuah metode analisis yang didasarkan dengan nilai data-data acak yang memunculkan sebuah statistik probabilitas, yang selanjutnya digunakan untuk memahami dampak dari sebuah ketidakpastian.

Proyek diharapkan dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan jadwal awal. dari hasil yang akan datang dapat merujuk pada keputusan yang diambil untuk menyelesaikan proyek dengan cepat.



Gambar 2.3 Konstelasi Penelitian

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dengan menggunakan deskriptif eksploratif, dengan metode penelitian studi kasus yang bertujuan untuk mengumpulkan data dan menguraikan secara menyeluruh dengan teliti dan cermat sesuai dengan masalah yang akan dipecahkan. Teknik penelitian yang digunakan adalah metode PERT, CPM serta menggunakan simulasi *monte carlo*.

#### **3.2 Objek Penelitian, Unit Analisa, dan Lokasi Penelitian**

Objek penelitian pada variabel penelitian ini adalah variabel penjadwalan proyek dengan sub variabel manajemen proyek, estimasi waktu dan estimasi biaya.

Unit analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa proyek pembangunan LT.20 Apartemen S.Q *Residence* pada CV. Agung Putra selaku subkontraktor.

Lokasi penelitian ini dilakukan pada apartemen S.Q *Residence* yang berada di Pondok Klub Villa, Cilandak Barat, Jakarta Selatan.

#### **3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian**

Jenis data yang diteliti adalah jenis data kuantitatif yang merupakan data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara langsung dari pihak subkontraktor. Data yang dikumpulkan berupa informasi data kegiatan-kegiatan pekerjaan, anggaran biaya yang dikeluarkan dan informasi umum proyek seperti informasi profil perusahaan, jumlah tenaga kerja dan peralatan yang digunakan pada CV. Agung Putra.

Pengumpulan data sekunder diperoleh melalui studi kepustakaan yang berupa data teori pendukung perusahaan. Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari laporan perusahaan atau *literature* yang dimiliki oleh perusahaan.

### 3.4 Operasional Variabel

**Tabel 3.1**  
**Operasional Variabel**  
**Evaluasi Penjadwalan Proyek Sebagai Upaya Untuk Mendapatkan**  
**Optimalisasi Waktu dan Biaya Penyelesaian Pada Proyek Pembangunan**  
**LT.20 Apartemen S.Q Residence Pada CV. Agung Putra**

Variabel	Sub Variabel (Dimensi)	Indikator	Skala
Penjadwalan Proyek	1. Manajemen Proyek	Merencanakan langkah-langkah kegiatan serta sumber daya yang digunakan.	Rasio
	2. Estimasi waktu	Lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tahapan proyek.	Rasio
	3. Estimasi biaya	Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tahapan proyek	Rasio

### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Observasi langsung, yaitu dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan dengan tujuan untuk mengetahui secara langsung informasi dan data kegiatan proses pengerjaan lantai 20 pada proyek S.Q *Residence*.
2. Wawancara yang dilakukan kepada pihak-pihak yang berwenang atau berkepentingan yaitu dengan mewawancarai salah satu pihak kontraktor yang merupakan pemilik dari CV. Agung Putra mengenai informasi dan data kegiatan proses pengerjaan lantai 20 pada proyek S.Q *Residence*.
3. Studi pustaka dengan pengumpulan data sekunder yang dilakukan secara manual dengan mempelajari, meneliti, mengkaji, menelaah dan mencatat susunan kegiatan pengerjaan lantai 20 secara langsung yang diberikan oleh pihak kontraktor pada CV. Agung Putra, atau penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

### 3.6 Metode Analisis

Data dan informasi yang terkumpul diolah dan dianalisis lebih lanjut dengan cara berikut:

1. Metode Analisa Deskriptif yang bertujuan untuk mendeskripsikan keadaan pengerjaan lantai 20 proyek S.Q *Residence* dan memperoleh gambaran secara mendalam dan objektif.
2. Teknik Analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode PERT. Adapun langkah-langkah dengan menggunakan metode PERT adalah:

- a. Menetapkan proyek yaitu pembuatan Gedung apartemen S.Q *Residence* dan menyiapkan struktur penguraian pekerjaan.
- b. Memutuskan aktivitas yang lebih dulu dilakukan dalam pengerjaan lantai 20 proyek apartemen S.Q *Residence*.
- c. Menetapkan waktu yang dikerjakan pada setiap aktivitas atau kegiatan dengan rumus :

$$te = \frac{a + 4(m) + b}{6}$$

Dimana:

Te = *Expected time* suatu aktivitas

To = Perkiraan waktu optimis (Minggu)

Tm = Perkiraan waktu paling mungkin (Minggu)

Tp = Perkiraan waktu pesimis (Minggu)

- d. Menghitung varians jalur kritis penyelesaian untuk setiap kegiatan aktivitas dengan rumus:

$$V(te) = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$

Dimana:

V (te) = Varians jalur kritis

a = *Optimistic time*/ waktu optimis

b = *Pessimistic time*/ waktu pesimis

- e. Menentukan Slack dari masing-masing kegiatan:

Sebelum menentukan slack perlu diketahui dua waktu awal dan dua waktu akhir yaitu:

1. ES (*Early Start*) waktu paling awal aktivitas dimulai
2. EF (*Early Finish*) waktu paling selesai aktivitas selesai
3. LS (*Late Start*) waktu paling akhir aktivitas dimulai
4. LF (*Late Finish*) waktu paling akhir aktivitas selesai

$$\text{Slack} = \text{LS-ES} \text{ atau } \text{LF-EF}$$

- f. Setelah ditemukan *Slack* atau jalur kritis maka dapat dihitung varians proyek dari jumlah varian jalur kritis:

$$\text{Varians Proyek} = \sum te$$

Dimana:

V (te) = Varian kegiatan

- g. Setelah didapatkan varian kegiatannya maka dapat dihitung standar deviasinya dari hasil perhitungan varians proyek:

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\text{Varians Proyek}}$$

Dimana:

Varians Proyek = Total keseluruhan nilai varians

- h. Untuk mengetahui kemungkinan pencapaian target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antar waktu yang diharapkan dengan target yang diharapkan dengan rumus:

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S}$$

Dimana:

Z = Angka kemungkinan mencapai target

T(d) = Target jadwal

TE = Jumlah waktu kritis

S = Standar deviasi

Angka Z merupakan angka probabilitas yang presentasenya dapat dicari dengan menggunakan table distribusi normal kumulatif z.

3. Teknik analisa menggunakan metode CPM. Adapun langkah-langkah dalam metode CPM sebagai berikut:
- Menetapkan waktu normal dan waktu percepatan pengerjaan proyek.
  - Menghitung waktu percepatan, dengan rumus:

$$C = A - B$$

Dimana:

C = Waktu percepatan

A = Waktu normal

B = Waktu Cepat

- Untuk menghitung biaya percepatan per unit waktu dan biaya percepatan pekerjaan, digunakan rumus berikut:

$$F = E - D$$

Dan rumus:

$$G = \frac{F}{C}$$

Dimana:

C = Waktu percepatan

D = Normal *cost* atau biaya normal proyek (Rupiah)

E = *Crash cost* atau biaya cepat proyek (Rupiah)

F = Biaya percepatan

G = Biaya percepatan per unit waktu

4. Metode Simulasi *Monte Carlo*

Adapun tahapan simulasi monte carlo dengan menggunakan *microsoft excel* dapat diuraikan sebagai berikut:

- Rekap data kegiatan proyek merupakan suatu langkah yang dilakukan untuk pengolahan data dalam memprediksi penjadwalan proyek.
- Menginput data proyek untuk menentukan distribusi probabilitas, data yang telah diinputkan diolah untuk membentuk suatu variabel.
- Menentukan distribusi probabilitas dengan rumus:

$$P = F/J$$

Keterangan:

- a. P = Mewakili probabilitas
  - b. F = (Frekuensi) Durasi Pekerjaan
  - c. J = Jumlah
4. Menghitung probabilitas simulasi *monte carlo* dengan rumus:
 
$$\text{Probabilitas rata-rata} = \frac{\text{Probabilitas durasi pekerjaan}}{\text{Banyaknya Populasi probabilitas}}$$
  5. Menghitung percepatan waktu simulasi *monte carlo* dengan rumus:
 
$$\text{Percepatan rata-rata} = \frac{\text{Total durasi pekerjaan}}{\text{Banyaknya pekerjaan}}$$
  6. Menghitung biaya percepatan waktu simulasi *monte carlo* dengan rumus:
 
$$\text{Biaya} = \text{Biaya waktu normal} + \text{biaya waktu percepatan.}$$
  7. Proses telah selesai.

Dengan menggunakan metode PERT serta metode CPM dan simulasi *monte carlo* ini dapat mengkuantifikasi akibat-akibat dari risiko dan ketidakpastian yang umum terjadi dalam jadwal, durasi dan biaya sebuah proyek. Serta menggambarkan kegiatan-kegiatan dari suatu proyek dalam suatu jaringan kerja. Dari jaringan kerja tersebut dapat dilakukan Analisa untuk membantu seorang manajer mengambil keputusan yang berkaitan dengan waktu, biaya operasional dan penggunaan sumber daya sehingga analisis perencanaan proyek dengan metode CPM ini diharapkan dapat menghasilkan hasil optimal dalam proyek tersebut.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum CV. Agung Putra**

CV. Agung Putra merupakan salah satu perusahaan perseorangan yang bergerak pada bidang perdagangan barang dan jasa, berdiri pada bulan oktober tahun 2005 yang memfokuskan pada bagian penyediaan peralatan konstruksi, bahan bangunan, elektrikal, mekanikal, *technical*, dan penyediaan tenaga kerja. Perusahaan ini berada di Jln. Lingkungan 02 Citatah Dalam Kelurahan Ciriung, Cibinong, Jawa Barat. CV. Agung Putra menjadi salah satu subkontraktor yang bekerja sama dengan perusahaan konstruksi terbesar di Indonesia yaitu PT. Total Bangun Persada.

CV. Agung Putra sudah lebih dari puluhan tahun menjalin kerja sama dengan PT. Total Bangun Persada dalam pembuatan proyek seperti tol jembatan layang, mall, sekolah, hotel, apartemen dan pembangunan gedung lainnya yang bertaraf tinggi. Perusahaan saat ini sedang melakukan pengerjaan proyek pembangunan apartemen *SQ Residence* yang berada di lokasi Cilandak Barat, Jakarta Selatan, yang dimulai pada tahun 2019 sampai tahun 2023. Pada proses pembangunan proyek tersebut, CV. Agung putra berkontribusi dalam mengerjakan lantai 1 sampai dengan lantai 23, di mana apartemen *SQ Res* ditargetkan sampai lantai 23.

CV. Agung Putra selain mengerjakan proyek apartemen *SQ Residence*, juga mengerjakan di proyek lain seperti proyek pembangunan *Trans Icon Mall* di Surabaya. Sampai saat ini CV. Agung Putra sedang melakukan pembuatan salah satu proyek pembangunan *Mall Living World* di Kawasan Cibubur Kota Wisata. Pada proyek *SQ Res* terdapat banyak *tenant* yang bekerja sama di dalamnya dengan CV. Agung Putra.

Proyek *SQ Res* merupakan tahap kedua dari pengembangan *south quarter* yang ditunjukkan khusus sebagai hunian untuk tempat tinggal masyarakat urban. Apartemen Cilandak ini menghadirkan konsep *tropical resort* yang modern dan menyatu dengan alam untuk memberikan kenyamanan ekstra ditengah-tengah kota Jakarta. CV. Agung Putra dalam mengerjakan proyeknya dibantu dengan subkontraktor lainnya yang memiliki bagian divisi nya masing-masing.

##### **4.1.1 Kegiatan Perusahaan**

Pada saat ini perusahaan CV. Agung Putra selaku subkontraktor sedang membangun proyek apartemen *SQ Residence*, dalam kegiatan usahanya perusahaan melakukan beberapa kegiatan, diantaranya sebagai berikut:

a) Pendanaan/pembiayaan

Perusahaan dalam melakukan kerja sama dengan pihak kontraktor dalam melakukan pembangunan dan pengembangan proyek ini, CV. Agung Putra menerima sejumlah biaya pelaksanaan pekerjaan dari pihak kontraktor sesuai dengan perjanjian yang telah disepakati. Selain itu juga pihak subkontraktor melakukan pendanaan yang meliputi pembiayaan upah tenaga kerja, dan operasional.

b) Penyedia peralatan mesin proyek dan perlengkapan pekerja

Perusahaan dalam melakukan pembangunan proyek menyediakan peralatan mesin proyek seperti mesin bor, mesin gurinda, mesin jack hamer, mixer, mesin ruby, mesin amplas dan lainnya. Selain itu CV. Agung putra juga menyediakan perlengkapan untuk para tenaga kerja seperti rompi proyek, helm, dan sepatu boots.

c) Penyedia tenaga kerja

Perusahaan CV. Agung Putra dalam melakukan pembangunan proyek sebagai pihak subkontraktor menyediakan tenaga kerja sejumlah sekitar 50 orang sampai dengan 95 orang, tergantung dari jumlah permintaan dari pihak kontraktor proyek.

d) Pengawasan proyek

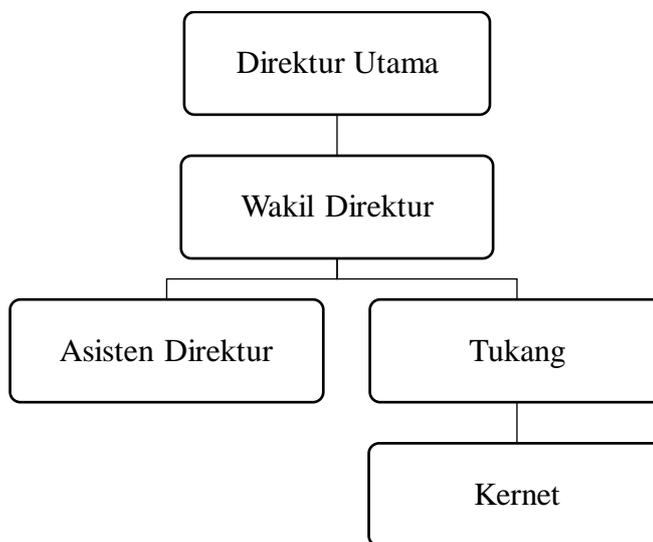
Perusahaan CV. Agung Putra sebagai pihak subkontraktor melakukan pengawasan penuh terhadap pekerjaan yang dilaksanakan oleh para pekerja di lapangan, mulai dari awal pembangunan, pembiayaan, mesin yang digunakan, bahan baku material yang masuk, sampai dengan berakhirnya proyek.

e) Bertanggung jawab

Perusahaan subkontraktor bertanggung jawab secara penuh terhadap kontraktor mengenai hasil pekerjaan yang telah dilaksanakannya, selain itu CV. Agung putra selaku pihak subkontraktor sebagai penyedia peralatan, pihak subkontraktor bertanggung jawab untuk memperbaiki mesin-mesin yang digunakan ketika mengalami kerusakan.

#### 4.1.2 Struktur Organisasi, Tugas dan Wewenang Perusahaan

Struktur Organisasi CV. Agung Putra



Gambar 4.1 Struktur Organisasi

Tugas dan tanggung jawab dari setiap komponen organisasi yaitu sebagai berikut:

1) **Direktur Utama**

Direktur utama berfungsi memimpin seluruh aktivitas proyek dilapangan, seperti mengambil keputusan dalam menetapkan kebijakan dan pengendalian kegiatan perusahaan, menyetujui dan menolak pengangkatan dan pemberhentian setiap bagian dalam penambahan tenaga kerja, mengadakan perencanaan tentang keadaan perusahaan dimasa yang akan datang, mengkoordinasi pelaksanaan tugas setiap bagian, serta menerima laporan tertulis dari setiap bagian tersebut.

2) **Wakil Direktur**

Wakil direktur memiliki tugas dan tanggung jawab sebagai membantu direktur dalam menyusun rencana kerja, serta mengelola anggaran perusahaan, dan membantu direktur dalam mengambil keputusan dan kebijakan-kebijakan yang dianggap perlu untuk kebaikan dan kemajuan perusahaan.

3) **Asisten Direktur**

Asisten direktur bertanggung jawab untuk membantu direktur dalam mengurus berbagai kegiatan. Memiliki tanggung jawab untuk membantu mengatur jadwal, mengkoordinasikan, menyediakan informasi, membantu mengawasi kegiatan tukang dan kernet dilapangan, dan melakukan tugas-tugas lain yang ditugaskan oleh direktur.

#### 4) Tukang

Tukang bangunan bertugas untuk menyiapkan dan membersihkan area kerja sebelum konstruksi dimulai, membawa dan mengangkat bahan bangunan, menyelesaikan dinding dan atap, memasang jendela dan pintu, dan membuat struktur bangunan.

#### 5) Kernet

Kernet bertugas membantu setiap pekerja bangunan untuk menyiapkan seluruh kebutuhan akan material dan bahan bangunan yang digunakan. Selain itu, kernet juga diperbantukan untuk mengangkat batu, mengaduk pasir dan semen. Untuk menjadi seorang kernet dibutuhkan kecepatan dan kekuatan fisik.

Perusahaan CV. Agung Putra yang bergerak di bidang barang dan jasa konstruksi memiliki visi dan misi yaitu sebagai berikut:

##### a. Visi

Menjadi perusahaan perdagangan barang dan jasa dalam bidang konstruksi yang terpercaya dan dikenal akan integritas tinggi, selalu berinovasi, mengutamakan kualitas dan memusatkan pelayanan yang baik untuk kepuasan klien.

##### b. Misi

Selalu menawarkan jasa sebagai subkontraktor terbaik, dengan memperhatikan apa yang diinginkan serta dibutuhkan oleh kontraktor atau pihak-pihak yang terlibat, dan memberikan rasa aman dan nyaman melalui empat hal: ketepatan waktu, kualitas pengerjaan, transparansi harga, dan kualitas peralatan yang digunakan.

### 4.1.3 Deskripsi Penelitian

Dalam penelitian ini mengidentifikasi lingkup proyek dengan memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan yang merupakan komponen proyek, CV. Agung Putra menginginkan bahwa penjadwalan proyek pembangunan lantai 20 dilakukan untuk mendapatkan estimasi waktu serta biaya agar meminimalisir keterlambatan, dan untuk mengevaluasi dari segi waktu dan biaya pada penjadwalan yang mengalami keterlambatan pada tipe unit studio dengan luas 30m<sup>2</sup> dan berjumlah 16 unit, karena pihak CV. Agung Putra dalam melakukan penjadwalan setiap pekerjaan hanya berdasarkan pengalaman yang terjadi di lapangan. Proyek apartemen ini ditargetkan selesai pada tahun 2023 yang dimulai pada tahun 2019.

Data penjadwalan yang digunakan diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak subkontraktor CV. Agung Putra, serta penyusunan ini dilakukan

berdasarkan pengalaman, setiap kegiatan memiliki perkiraan waktu dalam proses pengerjaannya atau durasi yang disusun dalam *master schedule*. Selanjutnya menentukan hubungan antar kegiatan, yaitu kegiatan disusun kembali menjadi mata rantai, maka dapat diketahui urutan kegiatan dari awal dimulainya proyek sampai dengan selesainya proyek secara keseluruhan.

Tabel 4.1 Uraian Kegiatan dan Durasi Kegiatan

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	<i>Master Schedule</i> (Waktu Normal)	<i>Schedule Progress</i> (Waktu Lambat)
<b>A.</b>	<b>Pekerjaan Sipil</b>			
1.	Pasang bekesting	A	12 hari	18 hari
2.	Pasang besi tulangan	B	8 hari	12 hari
3.	Cor lantai	C	5 hari	8 hari
4.	Pasang hebel	D	16 hari	18 hari
5.	Plester	I	11 hari	15 hari
6.	Aci	J	9 hari	13 hari
7.	Pasang plafon + kerangka	K	12 hari	16 hari
8.	Scriet lantai unit	L	8 hari	12 hari
9.	Pasang keramik unit	M	17 hari	21 hari
10.	Ngenat keramik unit	N	5 hari	10 hari
11.	Pasang pintu dan jendela	O	5 hari	9 hari
12.	Cat	P	4 hari	8 hari
<b>B.</b>	<b>Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal</b>			
13.	Pasang instalasi listrik	E	6 hari	9 hari
14.	Pasang saluran telfon	F	6 hari	9 hari
15.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	6 hari	12 hari
16.	Pasang pipa air pemadam	H	6 hari	12 hari
<b>C.</b>	<b>Pekerjaan Toilet dan Kamar Mandi</b>			
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	4 hari	8 hari
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	6 hari	12 hari
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	12 hari	17 hari
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	18 hari	21 hari
21.	Pasang kloset	U	4 hari	6 hari
22.	Pasang shower	V	4 hari	6 hari
23.	Pasang keran kamar mandi	W	4 hari	6 hari
24.	Pasang wastafel	X	3 hari	6 hari
25.	Pasang keran wastafel	Y	3 hari	6 hari
26.	Pasang drain	Z	3 hari	6 hari
<b>D.</b>	<b>Pekerjaan Dapur</b>			
27.	Pasang bekesting dapur	AA	6 hari	9 hari
28.	Pasang besi meja kompor	BB	6 hari	12 hari
29.	Cor meja kompor	CC	6 hari	12 hari
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	6 hari	9 hari
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	6 hari	12 hari
32.	Pasang kompor	FF	2 hari	3 hari
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	5 hari	10 hari
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	5 hari	9 hari
<b>E.</b>	<b>Pekerjaan Ruang Kamar</b>			
35.	Pasang skirting	II	6 hari	12 hari
36.	Pasang wardrobe	JJ	6 hari	12 hari

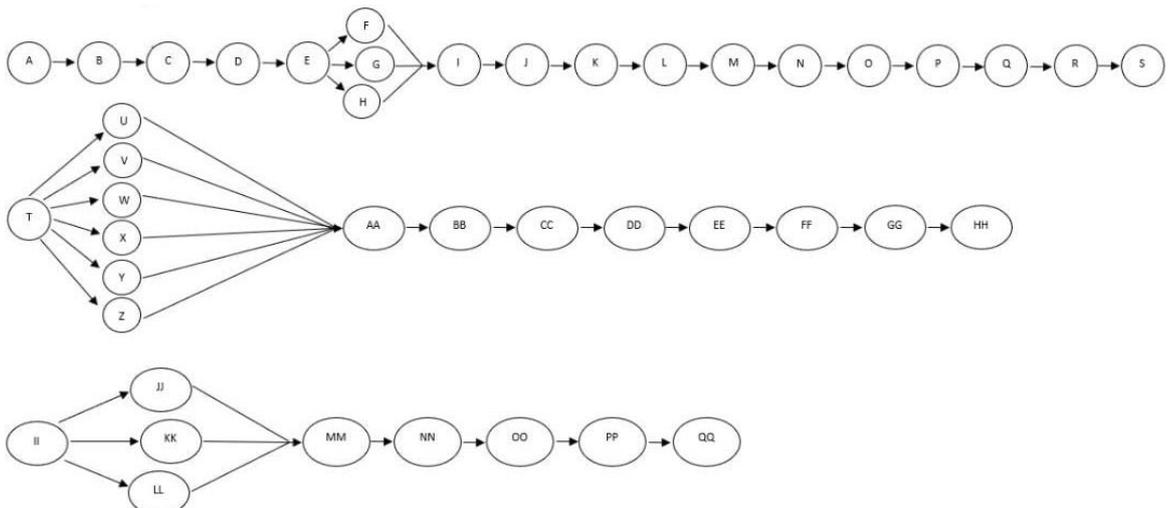
No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Master Schedule (Waktu Normal)	Schedule Progress (Waktu Lambat)
37.	Pasang AC	KK	3 hari	5 hari
<b>F.</b>	<b>Pekerjaan Balkon</b>			
38.	Water proofing balkon	LL	5 hari	9 hari
39.	Scriet lantai balkon	MM	6 hari	10 hari
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	6 hari	12 hari
41.	Pasang reling	OO	5 hari	10 hari
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	6 hari	10 hari
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	3 hari	6 hari

Sumber: CV. Agung Putra (2019)

Berdasarkan pada tabel di atas terdapat 6 bagian seperti bagian pekerjaan sipil yang terdiri dari 12 kegiatan, pekerjaan mekanikal dan elektrikal terdiri dari 4 kegiatan, pekerjaan toilet dan kamar mandi terdiri dari 10 kegiatan, pekerjaan dapur terdiri 8 kegiatan, pekerjaan ruang kamar terdiri 3 kegiatan, dan pekerjaan balkon yang terdiri dari 6 kegiatan. Pada proyek apartemen SQ Res pembangunan LT.20 terdapat waktu normal dan waktu lambat pengerjaan, yaitu dengan waktu normal (*Master Schedule*) pengerjaan selama 285 hari dan waktu lambat atau (*Schedule Progress*) selama 458 hari.

#### 4.2 Pembahasan dan Interpretasi Hasil Penelitian

Realisasi penjadwalan proyek yang dilakukan memakan waktu selama 285 hari, sedangkan perencanaan awal penjadwalan proyek dapat di selesaikan selama 173 hari. proyek ini dikerjakan sesuai dengan perencanaan yang sebelumnya telah disetujui oleh para pihak-pihak terkait dalam pembangunan proyek apartemen SQ Res pada lantai 20.



Sumber: diolah (2023).

Gambar 4.2 Diagram Jaringan Kerja

Permasalahan dalam penjadwalan yang ada selain terhadap waktu berdampak juga pada biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk proyek pembangunan ini. Namun, pihak perusahaan menginginkan proyek ini dapat selesai pada tepat waktu sesuai dengan *master schedule* atau waktu normal yang telah dibuat diawal sebelum proyek ini dilakukan. Aktivitas pekerjaan proyek apartemen SQ Res pada pembangunan lantai 20 ingin di evaluasi berdasarkan urutan tahapan proses pengerjaan dari segi waktu dan biaya, seperti pada gambar 4.2 diagram jaringan kerja dari mulai awal kegiatan sampai selesainya kegiatan proyek.

#### 4.2.1 Estimasi Waktu Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Pada Proyek Apartemen SQ Residence Dengan Menggunakan Metode PERT

Pada metode PERT digunakan untuk menentukan suatu proyek yang belum diketahui secara pasti waktu penyelesaiannya, serta menentukan durasi dengan menggunakan tiga dugaan waktu untuk peluang penyelesaian proyek yaitu waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b).

Tabel 4.2 Taksiran Waktu Pembangunan Lantai 20 SQ Res

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Urutan Kegiatan	Waktu Percepatan (Hari) a	Waktu Realisasi (Hari) m	Waktu Pesimis (Hari) b
1.	Pasang bekesting	A	-	6	12	18
2.	Pasang besi tulangan	B	A	4	8	12
3.	Cor lantai	C	B	3	5	8
4.	Pasang hebel	D	C	2	16	18
5.	Pasang instalasi listrik	E	D	3	6	9
6.	Pasang saluran telfon	F	E	3	6	9
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	E	6	6	12
8.	Pasang pipa air pemadam	H	E	6	6	12
9.	Plester	I	F, G, H	4	11	15
10.	Aci	J	I	4	9	13
11.	Pasang platfon + kerangka	K	J	4	12	16
12.	Scriet lantai unit	L	K	4	8	12
13.	Pasang keramik unit	M	L	4	17	21
14.	Ngenat keramik unit	N	M	5	5	10
15.	Pasang pintu dan jendela	O	N	4	5	9
16.	Cat	P	O	4	4	8
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	P	4	4	8
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	Q	6	6	12

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Urutan Kegiatan	Waktu Percepatan (Hari) a	Waktu Realisasi (Hari) m	Waktu Pesimis (Hari) b
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	R	5	12	17
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	S	3	18	21
21.	Pasang kloset	U	T	2	4	6
22.	Pasang shower	V	T	2	4	6
23.	Pasang keran kamar mandi	W	T	2	4	6
24.	Pasang wastafel	X	T	3	3	6
25.	Pasang keran wastafel	Y	T	3	3	6
26.	Pasang drain	Z	T	3	3	6
27.	Pasang bekesting dapur	AA	U, V, W, X, Y, Z	3	6	9
28.	Pasang besi meja kompor	BB	AA	6	6	12
29.	Cor meja kompor	CC	BB	6	6	12
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	CC	3	6	9
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	DD	6	6	12
32.	Pasang kompor	FF	EE	1	2	3
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	FF	5	5	10
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	GG	4	5	9
35.	Pasang skirting	II	HH	6	6	12
36.	Pasang wardrobe	JJ	II	6	6	12
37.	Pasang AC	KK	II	2	3	5
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	II	4	5	9
39.	Scriet lantai balkon	MM	JJ, KK, LL	4	6	10
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	MM	6	6	12
41.	Pasang reling	OO	NN	5	5	10
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	OO	4	6	10
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	PP	3	3	6

Sumber: diolah (2023).

- a. Menetapkan waktu yang dikerjakan pada setiap aktivitas atau kegiatan dengan rumus :

$$te = \frac{a + 4(m) + b}{6}$$

Dimana:

Te = *Expected time* suatu aktivitas

To = Perkiraan waktu optimis (Hari)

$T_m$  = Perkiraan waktu paling mungkin (Hari)

$T_p$  = Perkiraan waktu pesimis (Hari)

Tabel 4.3 Taksiran Waktu yang di Harapkan Pembangunan Lantai 20 SQ Res

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	a (Hari)	m (Hari)	b (Hari)	TE
1.	Pasang bekesting	A	6	12	18	12
2.	Pasang besi tulangan	B	4	8	12	8
3.	Cor lantai	C	3	5	8	5.17
4.	Pasang hebel	D	2	16	18	14
5.	Pasang instalasi listrik	E	3	6	9	6
6.	Pasang saluran telfon	F	3	6	9	6
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	6	6	12	7
8.	Pasang pipa air pemadam	H	6	6	12	7
9.	Plester	I	4	11	15	10.5
10.	Aci	J	4	9	13	8.83
11.	Pasang platfon + kerangka	K	4	12	16	11.33
12.	Scriet lantai unit	L	4	8	12	8
13.	Pasang keramik unit	M	4	17	21	15.5
14.	Ngenat keramik unit	N	5	5	10	5.83
15.	Pasang pintu dan jendela	O	4	5	9	5.5
16.	Cat	P	4	4	8	4.67
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	4	4	8	4.67
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	6	6	12	7
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	5	12	17	11.67
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	3	18	21	16
21.	Pasang kloset	U	2	4	6	4
22.	Pasang shower	V	2	4	6	4
23.	Pasang keran kamar mandi	W	2	4	6	4
24.	Pasang wastafel	X	3	3	6	3.5
25.	Pasang keran wastafel	Y	3	3	6	3.5
26.	Pasang drain	Z	3	3	6	3.5
27.	Pasang bekesting dapur	AA	3	6	9	6
28.	Pasang besi meja kompor	BB	6	6	12	7
29.	Cor meja kompor	CC	6	6	12	7
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	3	6	9	6

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	a (Hari)	m (Hari)	b (Hari)	TE
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	6	6	12	7
32.	Pasang kompor	FF	1	2	3	2
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	5	5	10	5.83
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	4	5	9	5.5
35.	Pasang skirting	II	6	6	12	7
36.	Pasang wardrobe	JJ	6	6	12	7
37.	Pasang AC	KK	2	3	5	3.17
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	4	5	9	5.5
39.	Scriet lantai balkon	MM	4	6	10	6.33
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	6	6	12	7
41.	Pasang reling	OO	5	5	10	5.83
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	4	6	10	6.33
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	3	3	6	3.5

Sumber: diolah (2023).

- b. Menghitung varians jalur kritis penyelesaian untuk setiap kegiatan aktivitas dengan rumus:

$$V(te) = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$

Dimana:

$V(te)$  = Varians jalur kritis

a = *Optimistic time*/ waktu optimis

b = *Pessimistic time*/ waktu pesimis

Tabel 4.4 Hasil *Time Expected* (TE) dan Varians Jalur Kritis  $V(te)$

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	a (Hari)	m (Hari)	b (Hari)	<i>Time Expected</i> (TE)	Varians Jalur Kritis $V(te)$
1.	Pasang bekesting	A	6	12	18	12	289
2.	Pasang besi tulangan	B	4	8	12	8	128.44
3.	Cor lantai	C	3	5	8	5.17	56.25
4.	Pasang hebel	D	2	16	18	14	312.11
5.	Pasang instalasi listrik	E	3	6	9	6	72.25
6.	Pasang saluran telfon	F	3	6	9	6	72.25
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	6	6	12	7	121
8.	Pasang pipa air pemadam	H	6	6	12	7	121
9.	Plester	I	4	11	15	10.5	205.44

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	a (Hari)	m (Hari)	b (Hari)	Time Expected (TE)	Varians Jalur Kritis V(te)
10.	Aci	J	4	9	13	8.83	152.11
11.	Pasang platfon + kerangka	K	4	12	16	11.33	235.11
12.	Scriet lantai unit	L	4	8	12	8	128.44
13.	Pasang keramik unit	M	4	17	21	15.5	413.44
14.	Ngenat keramik unit	N	5	5	10	5.83	84.02
15.	Pasang pintu dan jendela	O	4	5	9	5.5	69.44
16.	Cat	P	4	4	8	4.67	53.78
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	4	4	8	4.67	53.78
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	6	6	12	7	121
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	5	12	17	11.67	261.36
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	3	18	21	16	420.25
21.	Pasang kloset	U	2	4	6	4	32.11
22.	Pasang shower	V	2	4	6	4	32.11
23.	Pasang keran kamar mandi	W	2	4	6	4	32.11
24.	Pasang wastafel	X	3	3	6	3.5	30.25
25.	Pasang keran wastafel	Y	3	3	6	3.5	30.25
26.	Pasang drain	Z	3	3	6	3.5	30.25
27.	Pasang bekesting dapur	AA	3	6	9	6	72.25
28.	Pasang besi meja kompor	BB	6	6	12	7	121
29.	Cor meja kompor	CC	6	6	12	7	121
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	3	6	9	6	72.25
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	6	6	12	7	121
32.	Pasang kompor	FF	1	2	3	2	8.02
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	5	5	10	5.83	84.02
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	4	5	9	5.5	69.44
35.	Pasang skirting	II	6	6	12	7	121
36.	Pasang wardrobe	JJ	6	6	12	7	121
37.	Pasang AC	KK	2	3	5	3.17	21.78
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	4	5	9	5.5	69.44
39.	Scriet lantai balkon	MM	4	6	10	6.33	87.11
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	6	6	12	7	121
41.	Pasang reling	OO	5	5	10	5.83	84.02
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	4	6	10	6.33	87.11
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	3	3	6	3.5	30.25

Sumber: diolah (2023).

- c. Sebelum jalur kritis ditemukan maka harus ditentukan dahulu slack dari masing-masing kegiatan:

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} \text{ atau } \text{LF} - \text{EF}$$

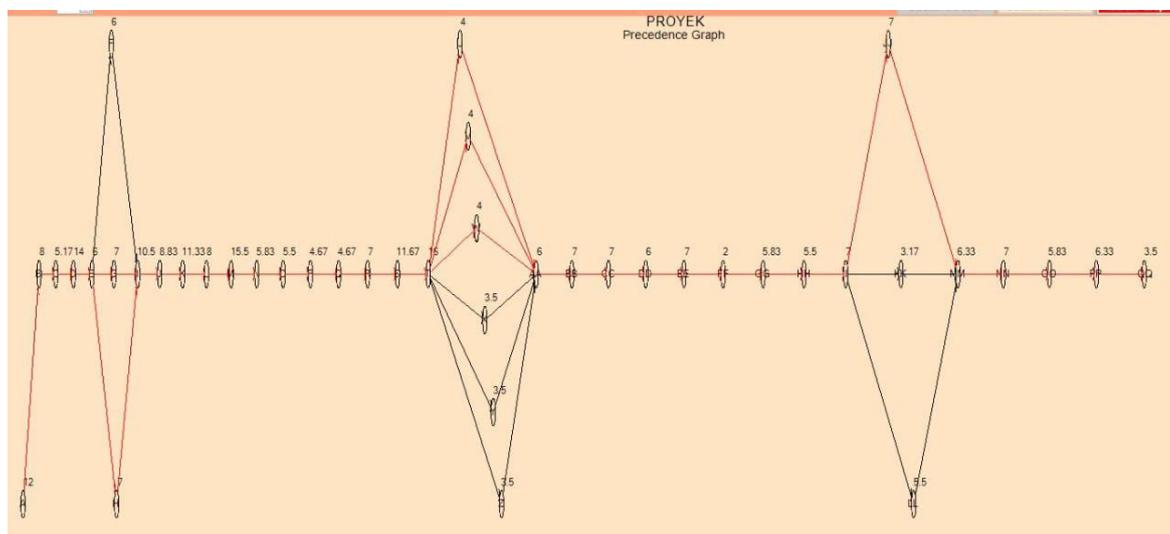
Tabel 4.5 Slack dan Jalur Kritis Dari Masing-Masing Kegiatan

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Slack (LS-ES)	Jalur Kritis
1.	Pasang bekesting	A	0	12	0	12	0	Ya
2.	Pasang besi tulangan	B	12	20	12	20	0	Ya
3.	Cor lantai	C	20	25.17	20	25.17	0	Ya
4.	Pasang hebel	D	25.17	39.17	25.17	39.17	0	Ya
5.	Pasang instalasi listrik	E	39.17	45.17	39.17	45.17	0	Ya
6.	Pasang saluran telfon	F	45.17	51.17	46.17	52.17	1	Tidak
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	45.17	52.17	45.17	52.17	0	Ya
8.	Pasang pipa air pemadam	H	45.17	52.17	45.17	52.17	0	Ya
9.	Plester	I	52.17	62.67	52.17	62.67	0	Ya
10.	Aci	J	62.67	71.5	62.67	71.5	0	Ya
11.	Pasang plafon + kerangka	K	71.5	82.83	71.5	82.83	0	Ya
12.	Scriet lantai unit	L	82.83	90.83	82.83	90.83	0	Ya
13.	Pasang keramik unit	M	90.83	106.33	90.83	106.33	0	Ya
14.	Ngenat keramik unit	N	106.33	112.17	106.33	112.17	0	Ya
15.	Pasang pintu dan jendela	O	112.17	117.67	112.17	117.67	0	Ya
16.	Cat	P	117.67	122.33	117.67	122.33	0	Ya
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	122.33	127	122.33	127	0	Ya
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	127	134	127	134	0	Ya
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	134	145.67	134	145.67	0	Ya
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	145.67	161.67	145.67	161.67	0	Ya
21.	Pasang kloset	U	161.67	165.67	161.67	165.67	0	Ya
22.	Pasang shower	V	161.67	165.67	161.67	165.67	0	Ya
23.	Pasang keran kamar mandi	W	161.67	165.67	161.67	165.67	0	Ya
24.	Pasang wastafel	X	161.67	165.17	162.17	165.67	5	Tidak
25.	Pasang keran wastafel	Y	161.67	165.17	162.17	165.67	5	Tidak
26.	Pasang drain	Z	161.67	165.17	162.17	165.67	5	Tidak
27.	Pasang bekesting dapur	AA	165.67	171.67	165.67	171.67	0	Ya
28.	Pasang besi meja kompor	BB	171.67	178.67	171.67	178.67	0	Ya
29.	Cor meja kompor	CC	178.67	185.67	178.67	185.67	0	Ya
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	185.67	191.67	185.67	191.67	0	Ya
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	191.67	198.67	191.67	198.67	0	Ya

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Slack (LS-ES)	Jalur Kritis
32.	Pasang kompor	FF	198.67	200.67	198.67	200.67	0	Ya
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	200.67	206.5	200.67	206.5	0	Ya
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	206.5	212	206.5	212	0	Ya
35.	Pasang skirting	II	212	219	212	219	0	Ya
36.	Pasang wardrobe	JJ	219	226	219	226	0	Ya
37.	Pasang AC	KK	219	222.17	222.83	226	3.83	Tidak
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	219	224.5	220.5	226	1.5	Tidak
39.	Scriet lantai balkon	MM	226	232.33	226	232.33	0	Ya
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	232.33	239.33	232.33	239.33	0	Ya
41.	Pasang reling	OO	239.33	245.17	239.33	245.17	0	Ya
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	245.17	251.5	245.17	251.5	0	Ya
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	251.5	255	251.5	255	0	Ya

Sumber: diolah (2023).

Jalur kritis terdapat pada bagian jalur kegiatan A, B, C, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG, HH, II, JJ, MM, NN, OO, PP, dan QQ, serta gambar jaringan kerja pada jalur kritis tersebut dapat dilihat di bagian lampiran dan gambar jalur kritis berikut ini:



Sumber: diolah (2024).

Gambar 4.3 Jalur Kritis

- d. Setelah ditemukan *Slack* atau jalur kritis maka dapat dihitung varians jalur kritis proyek dari jumlah varian jalur kritis:

$$\text{Varians Proyek} = \sum te$$

$$\text{Varians jalur kritis} = 66.06$$

- e. Setelah didapatkan varian kegiatannya maka dapat dihitung standar deviasinya dari hasil perhitungan varians proyek:

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\text{Varians Proyek}}$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{66.06} = 8.13$$

- f. Untuk mengetahui kemungkinan pencapaian target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antar waktu yang diharapkan dengan target yang diharapkan dengan rumus:

$$Z = \frac{T(d) - TE}{s}$$

$$Z = \frac{285 - 255}{8.13} = 3.69$$

Pada tabel Z 3.69 = 0,4999 >>> 50%

Tabel 4.6 Probabilitas Keberhasilan Proyek SQ Res Pembangunan LT.20

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1.	Target perencanaan jadwal	173	Hari
2.	Realisasi waktu penyelesaian	285	Hari
3.	Hasil waktu yang diperoleh	255	Hari
4.	Standar deviasi	8.13	
5.	Standar deviasi batas waktu	3.69	
6.	Probabilitas tabel z	0.4999	49.99%

Sumber: diolah (2023).

Pada tabel probabilitas keberhasilan proyek SQ Residence pembangunan LT.20 dapat diartikan bahwa nilai distribusi peluang atau nilai z pada penyelesaian proyek pembangunan apartemen SQ Res LT.20 ingin dipercepat menjadi 255 hari dengan peluang sebesar 49.99% atau 50%.

#### 4.2.2 Estimasi Waktu dan Biaya Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Pada Proyek Apartemen SQ Residence Dengan Menggunakan Metode CPM dan Simulasi *Monte Carlo*

Pada metode CPM terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan, kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (normal estimasi) dan perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya dipercepat (*crash estimate*) (Abdurrasyid, 2019). Urutan ketergantungan antara kegiatan yang satu dengan yang lain, karena dalam pembuatan jaringan kerja menggunakan metode CPM harus diketahui kegiatan yang yang mendahului. Dikarenakan kegiatan yang selanjutnya bisa dikerjakan setelah kegiatan sebelumnya telah selesai.

- a. Menghitung waktu percepatan, dengan rumus:

$$C = A - B$$

Tabel 4.7 Waktu percepatan proyek apartemen SQ Res lantai 20

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Urutan Kegiatan	Waktu (Hari)		Waktu Percepatan C= (a - b)
				Waktu Normal (a)	Waktu Cepat (b)	
1.	Pasang bekesting	A	-	12	6	6
2.	Pasang besi tulangan	B	A	8	4	4
3.	Cor lantai	C	B	5	3	2
4.	Pasang hebel	D	C	16	2	14
5.	Pasang instalasi listrik	E	D	6	3	3
6.	Pasang saluran telfon	F	E	6	3	3
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	E	6	6	0
8.	Pasang pipa air pemadam	H	E	6	6	0
9.	Plester	I	F, G, H	11	4	7
10.	Aci	J	I	9	4	5
11.	Pasang platfon + kerangka	K	J	12	4	8
12.	Scriet lantai unit	L	K	8	4	4
13.	Pasang keramik unit	M	L	17	4	13
14.	Ngenat keramik unit	N	M	5	5	0
15.	Pasang pintu dan jendela	O	N	5	4	1
16.	Cat	P	O	4	4	0
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	P	4	4	0
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	Q	6	6	0
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	R	12	5	7
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	S	18	3	15
21.	Pasang kloset	U	T	4	2	2
22.	Pasang shower	V	T	4	2	2
23.	Pasang keran kamar mandi	W	T	4	2	2
24.	Pasang wastafel	X	T	3	3	0
25.	Pasang keran wastafel	Y	T	3	3	0
26.	Pasang drain	Z	T	3	3	0
27.	Pasang bekesting dapur	AA	U, V, W, X, Y, Z	6	3	3
28.	Pasang besi meja kompor	BB	AA	6	6	0
29.	Cor meja kompor	CC	BB	6	6	0
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	CC	6	3	3
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	DD	6	6	0
32.	Pasang kompor	FF	EE	2	1	1

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Urutan Kegiatan	Waktu (Hari)		Waktu Percepatan C= (a - b)
				Waktu Normal (a)	Waktu Cepat (b)	
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	FF	5	5	0
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	GG	5	4	1
35.	Pasang skirting	II	HH	6	6	0
36.	Pasang wardrobe	JJ	II	6	6	0
37.	Pasang AC	KK	II	3	2	1
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	II	5	4	1
39.	Scriet lantai balkon	MM	JJ,KK,LL	6	4	2
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	MM	6	6	0
41.	Pasang reling	OO	NN	5	5	0
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	OO	6	4	2
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	PP	3	3	0

Sumber: diolah (2023).

Tabel 4.7 menunjukkan urutan kegiatan durasi waktu dan kegiatan yang mendahului, serta hasil dari waktu percepatan. Dimana hasil waktu percepatan yang diperoleh 0 merupakan kegiatan yang tidak mengalami keterlambatan dan tidak perlu mempercepat waktu pengerjaannya, namun hasil waktu percepatan yang diperoleh kecuali 0, merupakan kegiatan yang mengalami keterlambatan, maka perlu dilakukan percepatan waktu pengerjaannya dari masing-masing aktivitas. Untuk selanjutnya menentukan EF dan LF dari masing-masing kegiatan.

Tabel 4.8 EF dan LF Dari Masing-Masing Kegiatan

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Slack (LS-ES)	Jalur Kritis
1.	Pasang bekesting	A	0	12	0	12	0	Ya
2.	Pasang besi tulangan	B	12	20	12	20	0	Ya
3.	Cor lantai	C	20	25.17	20	25.17	0	Ya
4.	Pasang hebel	D	25.17	39.17	25.17	39.17	0	Ya
5.	Pasang instalasi listrik	E	39.17	45.17	39.17	45.17	0	Ya
6.	Pasang saluran telfon	F	45.17	51.17	46.17	52.17	1	Tidak
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	45.17	52.17	45.17	52.17	0	Ya
8.	Pasang pipa air pemadam	H	45.17	52.17	45.17	52.17	0	Ya
9.	Plester	I	52.17	62.67	52.17	62.67	0	Ya
10.	Aci	J	62.67	71.5	62.67	71.5	0	Ya
11.	Pasang platfon + kerangka	K	71.5	82.83	71.5	82.83	0	Ya
12.	Scriet lantai unit	L	82.83	90.83	82.83	90.83	0	Ya
13.	Pasang keramik unit	M	90.83	106.33	90.83	106.33	0	Ya
14.	Ngenat keramik unit	N	106.33	112.17	106.33	112.17	0	Ya
15.	Pasang pintu dan jendela	O	112.17	117.67	112.17	117.67	0	Ya
16.	Cat	P	117.67	122.33	117.67	122.33	0	Ya

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Slack (LS-ES)	Jalur Kritis
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	122.33	127	122.33	127	0	Ya
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	127	134	127	134	0	Ya
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	134	145.67	134	145.67	0	Ya
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	145.67	161.67	145.67	161.67	0	Ya
21.	Pasang kloset	U	161.67	165.67	161.67	165.67	0	Ya
22.	Pasang shower	V	161.67	165.67	161.67	165.67	0	Ya
23.	Pasang keran kamar mandi	W	161.67	165.67	161.67	165.67	0	Ya
24.	Pasang wastafel	X	161.67	165.17	162.17	165.67	.5	Tidak
25.	Pasang keran wastafel	Y	161.67	165.17	162.17	165.67	.5	Tidak
26.	Pasang drain	Z	161.67	165.17	162.17	165.67	.5	Tidak
27.	Pasang bekesting dapur	AA	165.67	171.67	165.67	171.67	0	Ya
28.	Pasang besi meja kompor	BB	171.67	178.67	171.67	178.67	0	Ya
29.	Cor meja kompor	CC	178.67	185.67	178.67	185.67	0	Ya
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	185.67	191.67	185.67	191.67	0	Ya
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	191.67	198.67	191.67	198.67	0	Ya
32.	Pasang kompor	FF	198.67	200.67	198.67	200.67	0	Ya
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	200.67	206.5	200.67	206.5	0	Ya
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	206.5	212	206.5	212	0	Ya
35.	Pasang skirting	II	212	219	212	219	0	Ya
36.	Pasang wardrobe	JJ	219	226	219	226	0	Ya
37.	Pasang AC	KK	219	222.17	222.83	226	3.83	Tidak
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	219	224.5	220.5	226	1.5	Tidak
39.	Scriet lantai balkon	MM	226	232.33	226	232.33	0	Ya
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	232.33	239.33	232.33	239.33	0	Ya
41.	Pasang reling	OO	239.33	245.17	239.33	245.17	0	Ya
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	245.17	251.5	245.17	251.5	0	Ya
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	251.5	255	251.5	255	0	Ya

Sumber: diolah (2023).

**Keterangan:**

ES : *Earliest Star* (waktu paling awal tercepat)

EF : *Earliest Finish* (waktu paling awal pekerjaan dapat diselesaikan)

LS : *Lates Star* (waktu paling lambat kegiatan)

LF : *Lates Finish* (waktu paling lambat untuk menyelesaikan pekerjaan)

- b. Untuk menghitung biaya percepatan per unit waktu dan biaya percepatan pekerjaan, digunakan rumus berikut:

$$F = E - D$$

Dan rumus:

$$G = \frac{F}{c}$$

Tabel 4.9 Biaya Percepatan Dan Biaya Percepatan Per Unit Waktu

No.	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Biaya		Biaya Percepatan (f) = (e - d)	Biaya Percepatan Per Unit Waktu (g) = f : c
			Biaya Normal (d)	Biaya Cepat (e)		
1.	Pasang bekesting	A	Rp624.500.000.00	Rp655.725.000.00	Rp31.225.000.00	Rp5.204.166.67
2.	Pasang besi tulangan	B	Rp946.665.000.00	Rp993.998.250.00	Rp47.333.250.00	Rp23.666.625.00
3.	Cor lantai	C	Rp74.940.000.00	Rp78.687.000.00	Rp3.747.000.00	Rp1.873.500.00
4.	Pasang hebel	D	Rp136.420.000.00	Rp143.241.000.00	Rp6.821.000.00	Rp1.705.250.00
5.	Pasang instalasi listrik	E	Rp375.000.000.00	Rp393.750.000.00	Rp18.750.000.00	Rp9.375.000.00
6.	Pasang saluran telfon	F	Rp187.500.000.00	Rp196.875.000.00	Rp9.375.000.00	Rp4.687.500.00
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	Rp165.000.000.00	Rp173.250.000.00	Rp8.250.000.00	Rp8.250.000.00
8.	Pasang pipa air pemadam	H	Rp150.000.000.00	Rp157.500.000.00	Rp7.500.000.00	Rp7.500.000.00
9.	Plester	I	Rp400.000.000.00	Rp420.000.000.00	Rp20.000.000.00	Rp4.000.000.00
10.	Aci	J	Rp180.500.000.00	Rp189.525.000.00	Rp9.025.000.00	Rp3.008.333.33
11.	Pasang platfon + kerangka	K	Rp212.330.000.00	Rp222.946.500.00	Rp10.616.500.00	Rp1.516.642.86
12.	Scriet lantai unit	L	Rp103.720.000.00	Rp108.906.000.00	Rp5.186.000.00	Rp2.593.000.00
13.	Pasang keramik unit	M	Rp310.000.000.00	Rp325.500.000.00	Rp15.500.000.00	Rp3.100.000.00
14.	Ngenat keramik unit	N	Rp282.274.000.00	Rp296.387.700.00	Rp14.113.700.00	Rp14.113.700.00
15.	Pasang pintu dan jendela	O	Rp15.000.000.00	Rp15.750.000.00	Rp750.000.00	Rp375.000.00
16.	Cat	P	Rp224.820.000.00	Rp236.061.000.00	Rp11.241.000.00	Rp11.241.000.00
17.	Water proofing kamar mandi	Q	Rp8.000.000.00	Rp8.400.000.00	Rp400.000.00	Rp400.000.00
18.	Scriet lantai kamar mandi	R	Rp6.720.000.00	Rp7.056.000.00	Rp336.000.00	Rp336.000.00
19.	Pasang keramik dinding toilet	S	Rp156.000.000.00	Rp163.800.000.00	Rp7.800.000.00	Rp1.300.000.00
20.	Pasang keramik lantai toilet	T	Rp123.500.000.00	Rp129.675.000.00	Rp6.175.000.00	Rp1.029.166.67
21.	Pasang kloset	U	Rp114.000.000.00	Rp119.700.000.00	Rp5.700.000.00	Rp2.850.000.00
22.	Pasang shower	V	Rp119.000.000.00	Rp124.950.000.00	Rp5.950.000.00	Rp2.975.000.00
23.	Pasang keran kamar mandi	W	Rp19.200.000.00	Rp20.160.000.00	Rp960.000.00	Rp480.000.00
24.	Pasang wastafel	X	Rp29.600.000.00	Rp31.080.000.00	Rp1.480.000.00	Rp1.480.000.00
25.	Pasang keran wastafel	Y	Rp14.400.000.00	Rp15.120.000.00	Rp720.000.00	Rp720.000.00
26.	Pasang drain	Z	Rp5.000.000.00	Rp5.250.000.00	Rp250.000.00	Rp250.000.00
27.	Pasang bekesting dapur	AA	Rp4.000.000.00	Rp4.200.000.00	Rp200.000.00	Rp100.000.00

No.	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Biaya		Biaya Percepatan (f) = (e - d)	Biaya Percepatan Per Unit Waktu (g) = f : c
			Biaya Normal (d)	Biaya Cepat (e)		
28.	Pasang besi meja kompor	BB	Rp4.800.000.00	Rp5.040.000.00	Rp240.000.00	Rp240.000.00
29.	Cor meja kompor	CC	Rp288.000.000.00	Rp302.400.000.00	Rp14.400.000.00	Rp14.400.000.00
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	Rp14.400.000.00	Rp15.120.000.00	Rp720.000.00	Rp360.000.00
31.	Pasang marmer meja kompor	EE	Rp144.000.000.00	Rp151.200.000.00	Rp7.200.000.00	Rp7.200.000.00
32.	Pasang kompor	FF	Rp126.000.000.00	Rp132.300.000.00	Rp6.300.000.00	Rp6.300.000.00
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	Rp235.200.000.00	Rp246.960.000.00	Rp11.760.000.00	Rp11.760.000.00
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	Rp52.800.000.00	Rp55.440.000.00	Rp2.640.000.00	Rp2.640.000.00
35.	Pasang skirting	II	Rp125.000.000.00	Rp131.250.000.00	Rp6.250.000.00	Rp6.250.000.00
36.	Pasang wardrobe	JJ	Rp480.000.000.00	Rp504.000.000.00	Rp24.000.000.00	Rp8.000.000.00
37.	Pasang AC	KK	Rp88.000.000.00	Rp92.400.000.00	Rp4.400.000.00	Rp4.400.000.00
38.	<i>Water proofing</i> balkon	LL	Rp76.500.000.00	Rp80.325.000.00	Rp3.825.000.00	Rp3.825.000.00
39.	Scriet lantai balkon	MM	Rp4.480.000.00	Rp4.704.000.00	Rp224.000.00	Rp224.000.00
40.	Pasang keramik lantai balkon	NN	Rp125.000.000.00	Rp131.250.000.00	Rp6.250.000.00	Rp6.250.000.00
41.	Pasang reling	OO	Rp25.600.000.00	Rp26.880.000.00	Rp1.280.000.00	Rp1.280.000.00
42.	Pasang keramik tanggulan	PP	Rp116.000.000.00	Rp121.800.000.00	Rp5.800.000.00	Rp1.933.333.33
43.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	Rp14.800.000.00	Rp15.540.000.00	Rp740.000.00	Rp740.000.00
	<b>Total</b>		<b>Rp6.908.669.000.00</b>	<b>Rp7.254.102.450.00</b>	<b>Rp345.433.450.00</b>	

Sumber: diolah (2023).

Jalur kritis terdapat pada bagian jalur kegiatan A, B, C, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG, HH, II, JJ, MM, NN, OO, PP, dan QQ, serta gambar jaringan kerja pada jalur kritis tersebut dapat dilihat di bagian lampiran. Perhitungan selanjutnya menghitung waktu percepatan pada tabel 4.7 dan biaya percepatan per unit waktu pada tabel 4.9 yang mengikuti berdasarkan dengan jalur kritis.

Tabel 4.10 Perhitungan Hasil Waktu Percepatan dan Biaya Percepatan Per Unit Waktu Kegiatan Berdasarkan Jalur Kritis

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Percepatan (c)	Biaya Percepatan Per Unit waktu	Total
1.	Pasang bekesting	A	6	Rp5.204.166.67	Rp31.225.000.00
2.	Pasang besi tulangan	B	4	Rp23.666.625.00	Rp47.333.250.00
3.	Cor lantai	C	2	Rp1.873.500.00	Rp3.747.000.00
4.	Pasang hebel	D	14	Rp1.705.250.00	Rp6.821.000.00
5.	Pasang instalasi listrik	E	3	Rp9.375.000.00	Rp18.750.000.00
6.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	0	Rp8.250.000.00	Rp8.250.000.00
7.	Pasang pipa air pemadam	H	0	Rp7.500.000.00	Rp7.500.000.00
8.	Plester	I	7	Rp4.000.000.00	Rp20.000.000.00
9.	Aci	J	5	Rp3.008.333.33	Rp9.025.000.00
10.	Pasang platfon + kerangka	K	8	Rp1.516.642.86	Rp10.616.500.00

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Percepatan (c)	Biaya Percepatan Per Unit waktu	Total
11.	Scriet lantai unit	L	4	Rp2.593.000.00	Rp5.186.000.00
12.	Pasang keramik unit	M	13	Rp3.100.000.00	Rp15.500.000.00
13.	Ngenat keramik unit	N	0	Rp14.113.700.00	Rp14.113.700.00
14.	Pasang pintu dan jendela	O	1	Rp375.000.00	Rp750.000.00
15.	Cat	P	0	Rp11.241.000.00	Rp11.241.000.00
16.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	0	Rp400.000.00	Rp400.000.00
17.	Scriet lantai kamar mandi	R	0	Rp336.000.00	Rp336.000.00
18.	Pasang keramik dinding toilet	S	7	Rp1.300.000.00	Rp7.800.000.00
19.	Pasang keramik lantai toilet	T	15	Rp1.029.166.67	Rp6.175.000.00
20.	Pasang kloset	U	2	Rp2.850.000.00	Rp5.700.000.00
21.	Pasang shower	V	2	Rp2.975.000.00	Rp5.950.000.00
22.	Pasang keran kamar mandi	W	2	Rp480.000.00	Rp960.000.00
23.	Pasang bekesting dapur	AA	3	Rp100.000.00	Rp200.000.00
24.	Pasang besi meja kompor	BB	0	Rp240.000.00	Rp240.000.00
25.	Cor meja kompor	CC	0	Rp14.400.000.00	Rp14.400.000.00
26.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	3	Rp360.000.00	Rp720.000.00
27.	Pasang marmer meja kompor	EE	0	Rp7.200.000.00	Rp7.200.000.00
28.	Pasang kompor	FF	1	Rp6.300.000.00	Rp6.300.000.00
29.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	0	Rp11.760.000.00	Rp11.760.000.00
30.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	1	Rp2.640.000.00	Rp2.640.000.00
31.	Pasang skirting	II	0	Rp6.250.000.00	Rp6.250.000.00
32.	Pasang wardrobe	JJ	0	Rp8.000.000.00	Rp24.000.000.00
33.	Scriet lantai balkon	MM	2	Rp224.000.00	Rp224.000.00
34.	Pasang keramik lantai balkon	NN	0	Rp6.250.000.00	Rp6.250.000.00
35.	Pasang reling	OO	0	Rp1.280.000.00	Rp1.280.000.00
36.	Pasang keramik tanggulan	PP	2	Rp1.933.333.33	Rp5.800.000.00
37.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	0	Rp740.000.00	Rp740.000.00
	Total				Rp325.383.450.00

Sumber: diolah (2023).

Pada tabel berikutnya yaitu terdapat 22 kegiatan berdasarkan dari ke 37 jalur kritis pada tabel 4.10, dimana hasil waktu percepatan yang diperoleh 0 merupakan kegiatan yang tidak mengalami keterlambatan dan tidak perlu mempercepat waktu pengerjaannya, serta hasil waktu percepatan yang diperoleh kecuali 0, merupakan kegiatan yang mengalami keterlambatan, dan perlu dilakukan percepatan waktu pengerjaannya dari masing-masing aktivitas.

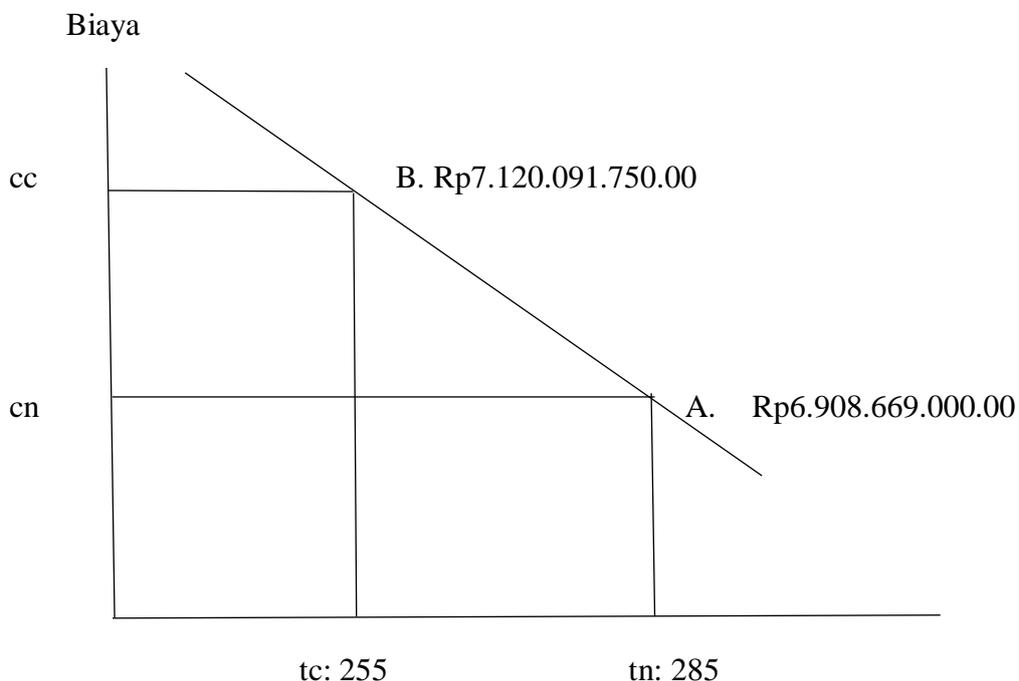
Tabel 4.11 Kegiatan yang Mengalami Keterlambatan dan Memerlukan Waktu Percepatan Serta Biaya Percepatan

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Percepatan (c)	Biaya Percepatan Per Unit waktu	Total
1.	Pasang bekesting	A	6	Rp5.204.166.67	Rp31.225.000.00
2.	Pasang besi tulangan	B	4	Rp23.666.625.00	Rp47.333.250.00
3.	Cor lantai	C	2	Rp1.873.500.00	Rp3.747.000.00
4.	Pasang hebel	D	14	Rp1.705.250.00	Rp6.821.000.00
5.	Pasang instalasi listrik	E	3	Rp9.375.000.00	Rp18.750.000.00
6.	Plester	I	7	Rp4.000.000.00	Rp20.000.000.00
7.	Aci	J	5	Rp3.008.333.33	Rp9.025.000.00
8.	Pasang platfon + kerangka	K	8	Rp1.516.642.86	Rp10.616.500.00
9.	Scriet lantai unit	L	4	Rp2.593.000.00	Rp5.186.000.00

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Percepatan (c)	Biaya Percepatan Per Unit waktu	Total
10.	Pasang keramik unit	M	13	Rp3.100.000.00	Rp15.500.000.00
11.	Pasang pintu dan jendela	O	1	Rp375.000.00	Rp750.000.00
12.	Pasang keramik dinding toilet	S	7	Rp1.300.000.00	Rp7.800.000.00
13.	Pasang keramik lantai toilet	T	15	Rp1.029.166.67	Rp6.175.000.00
14.	Pasang kloset	U	2	Rp2.850.000.00	Rp5.700.000.00
15.	Pasang shower	V	2	Rp2.975.000.00	Rp5.950.000.00
16.	Pasang keran kamar mandi	W	2	Rp480.000.00	Rp960.000.00
17.	Pasang bekesting dapur	AA	3	Rp100.000.00	Rp200.000.00
18.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	3	Rp360.000.00	Rp720.000.00
19.	Pasang kompor	FF	1	Rp6.300.000.00	Rp6.300.000.00
20.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	1	Rp2.640.000.00	Rp2.640.000.00
21.	Scriet lantai balkon	MM	2	Rp224.000.00	Rp224.000.00
22.	Pasang keramik tanggulan	PP	2	Rp1.933.333.33	Rp5.800.000.00
	Total				Rp211,422,750.00

Sumber: diolah (2023).

Jadi, pada proyek SQ Res pembangunan LT.20 setelah dilakukan percepatan kegiatan yang mengalami keterlambatan tersebut, maka waktu percepatan yang paling optimal yaitu dari total waktu 255 hari dengan menghabiskan biaya sebesar Rp7.120.091.750.00, sedangkan waktu kegiatan sebelum pekerjaan dipercepat yaitu dengan total waktu 285 hari waktu normal dan menghabiskan biaya sebesar Rp6.908.669.000.00. Hubungan antara waktu dan biaya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.4 Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Waktu yang paling optimal adalah 255 hari dengan biaya Rp7.120.091.750.00, artinya titik B adalah waktu yang paling cepat diperoleh.

a. Analisis Optimasi Dengan Menggunakan Metode *Crashing*Tabel 4.12 Analisis Optimasi Menggunakan Metode *Crashing*

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Cepat	Biaya Cepat	Total
1.	Pasang bekesting	A	6	Rp31.225.000.00	Rp5.204.166.67.00
2.	Pasang besi tulangan	B	4	Rp47.333.250.00	Rp23.666.625.00
3.	Cor lantai	C	2	Rp3.747.000.00	Rp1.873.500.00
4.	<b>Pasang hebel</b>	<b>D</b>	<b>14</b>	<b>Rp6.821.000.00</b>	<b>Rp1.705.250.00</b>
5.	Pasang instalasi listrik	E	3	Rp18.750.000.00	Rp9.375.000.00
6.	Pasang instalasi pipa air bersih	G	0	Rp8.250.000.00	Rp8.250.000.00
7.	Pasang pipa air pemadam	H	0	Rp7.500.000.00	Rp7.500.000.00
8.	Plester	I	7	Rp20.000.000.00	Rp4.000.000.00
9.	Aci	J	5	Rp9.025.000.00	Rp3.008.333.33
10.	Pasang plafon + kerangka	K	8	Rp10.616.500.00	Rp1.516.642.86
11.	Scriet lantai unit	L	4	Rp5.186.000.00	Rp2.593.000.00
12.	Pasang keramik unit	M	13	Rp15.500.000.00	Rp3.100.000.00
13.	Ngenat keramik unit	N	0	Rp14.113.700.00	Rp14.113.700.00
14.	Pasang pintu dan jendela	O	1	Rp750.000.00	Rp375.000.00
15.	Cat	P	0	Rp11.241.000.00	Rp11.241.000.00
16.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	Q	0	Rp400.000.00	Rp400.000.00
17.	Scriet lantai kamar mandi	R	0	Rp336.000.00	Rp336.000.00
18.	Pasang keramik dinding toilet	S	7	Rp7.800.000.00	Rp1.300.000.00
19.	<b>Pasang keramik lantai toilet</b>	<b>T</b>	<b>15</b>	<b>Rp6.175.000.00</b>	<b>Rp1.029.166.67</b>
20.	Pasang kloset	U	2	Rp5.700.000.00	Rp2.850.000.00
21.	Pasang shower	V	2	Rp5.950.000.00	Rp2.975.000.00
22.	Pasang keran kamar mandi	W	2	Rp960.000.00	Rp480.000.00
23.	Pasang bekesting dapur	AA	3	Rp200.000.00	Rp100.000.00
24.	Pasang besi meja kompor	BB	0	Rp240.000.00	Rp240.000.00
25.	Cor meja kompor	CC	0	Rp14.400.000.00	Rp14.400.000.00
26.	Pasang pipa air wastafel dapur	DD	3	Rp720.000.00	Rp360.000.00
27.	Pasang marmer meja kompor	EE	0	Rp7.200.000.00	Rp7.200.000.00
28.	<b>Pasang kompor</b>	<b>FF</b>	<b>1</b>	<b>Rp6.300.000.00</b>	<b>Rp6.300.000.00</b>
29.	Pasang <i>kitchen seat</i>	GG	0	Rp11.760.000.00	Rp11.760.000.00
30.	Pasang <i>kitchen hut</i>	HH	1	Rp2.640.000.00	Rp2.640.000.00
31.	Pasang skirting	II	0	Rp6.250.000.00	Rp6.250.000.00
32.	Pasang wardrobe	JJ	0	Rp24.000.000.00	Rp8.000.000.00
33.	Scriet lantai balkon	MM	2	Rp224.000.00	Rp224.000.00
34.	Pasang keramik lantai balkon	NN	0	Rp6.250.000.00	Rp6.250.000.00
35.	Pasang reling	OO	0	Rp1.280.000.00	Rp1.280.000.00
36.	Pasang keramik tanggulan	PP	2	Rp5.800.000.00	Rp1.933.333.33
37.	Pasang FD (Buangan air)	QQ	0	Rp740.000.00	Rp740.000.00

Sumber: diolah (2023).

- Memilih aktivitas pada jalur kritis dengan biaya crash/hari yang terkecil adalah aktivitas Pasang keramik lantai toilet. Kemudian dapat mengurangi waktu penyelesaian total proyek yaitu 15 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp6.175.000.00.
- Memilih aktivitas pada jalur kritis dengan biaya crash/hari yang terkecil adalah aktivitas Pasang hebel. Kemudian dapat mengurangi waktu penyelesaian total proyek yaitu 14 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp6.821.000.00.

- Memilih aktivitas pada jalur kritis dengan biaya crash/hari yang terkecil adalah aktivitas Pasang kompor. Kemudian dapat mengurangi waktu penyelesaian total proyek yaitu 1 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp6.300.000.00.

Tabel 4.13 Aktivitas Yang Dapat Dilakukan Pengurangan Waktu

No	Uraian Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Cepat	Biaya Cepat
1.	Pasang hebel	D	14	Rp6.821.000.00
2.	Pasang keramik lantai toilet	T	15	Rp6.175.000.00
3.	Pasang kompor	FF	1	Rp6.300.000.00
Total				Rp19.296.000.00

Sumber: diolah (2023).

Jadi, biaya minimum yang diperlukan untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek selama 30 hari adalah Rp19.296.000.00.

Selanjutnya yaitu dengan melakukan perhitungan dari segi waktu dan biaya pengerjaan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ Residence dengan menggunakan metode simulasi *monte carlo*. Simulasi *monte carlo* memungkinkan tidak hanya untuk menemukan waktu atau biaya proyek yang paling mungkin, tetapi juga untuk menghitung probabilitas terjadinya nilai yang diharapkan.

Informasi yang didapat dari *monte carlo* sebenarnya tidak jauh berbeda dengan perencanaan PERT. Akan tetapi, simulasi *monte carlo* memperluas Teknik PERT. Dengan metode simulasi *monte carlo* dapat mengetahui nilai tingkat keyakinan dari hasil percepatan waktu penjadwalan proyek sebelumnya (Widya, 2017).

Tabel 4.14 Aktivitas Proyek dan Durasi Normal Pengerjaan

No	Uraian Kegiatan	Durasi Kegiatan (Hari)
1.	Pasang bekesting	12
2.	Pasang besi tulangan	8
3.	Cor lantai	5
4.	Pasang hebel	16
5.	Pasang instalasi listrik	6
6.	Pasang saluran telfon	6
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	6
8.	Pasang pipa air pemadam	6
9.	Plester	11
10.	Aci	9
11.	Pasang platfon + kerangka	12

No	Uraian Kegiatan	Durasi Kegiatan (Hari)
12.	Scriet lantai unit	8
13.	Pasang keramik unit	17
14.	Ngenat keramik unit	5
15.	Pasang pintu dan jendela	5
16.	Cat	4
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	4
18.	Scriet lantai kamar mandi	6
19.	Pasang keramik dinding toilet	12
20.	Pasang keramik lantai toilet	18
21.	Pasang kloset	4
22.	Pasang shower	4
23.	Pasang keran kamar mandi	4
24.	Pasang wastafel	3
25.	Pasang keran wastafel	3
26.	Pasang drain	3
27.	Pasang bekesting dapur	6
28.	Pasang besi meja kompor	6
29.	Cor meja kompor	6
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	6
31.	Pasang marmer meja kompor	6
32.	Pasang kompor	2
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	5
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	5
35.	Pasang skirting	6
36.	Pasang wardrobe	6
37.	Pasang AC	3
38.	<i>Water proofing</i> balkon	5
39.	Scriet lantai balkon	6
40.	Pasang keramik lantai balkon	6
41.	Pasang reling	5
42.	Pasang keramik tanggulan	6
43.	Pasang FD (Buangan air)	3
	Total	285

Sumber: diolah (2023).

a. Menentukan Distribusi Probabilitas

Menghitung nilai probabilitas dengan menggunakan rumus:

$$P = F/J$$

Di mana P mewakili probabilitas, F mewakili frekuensi, dan J = Jumlah. Maka hasil perhitungannya sebagai berikut:

Pada perhitungan ini yaitu dengan menghitung distribusi probabilitas dengan mengikuti rumus di atas, dan probabilitas diubah menjadi ke dalam persen.

Tabel 4.15 Distribusi Probabilitas Proyek SQ Res Pembangunan LT.20

No	Uraian Kegiatan	Durasi Kegiatan (Hari)	Distribusi Probabilitas	Probabilitas	Probabilitas (%)
1.	Pasang bekesting	12	0.042105263	0.04	4%
2.	Pasang besi tulangan	8	0.028070175	0.02	2%
3.	Cor lantai	5	0.01754386	0.01	1%
4.	Pasang hebel	16	0.056140351	0.05	5%
5.	Pasang instalasi listrik	6	0.021052632	0.02	2%
6.	Pasang saluran telfon	6	0.021052632	0.02	2%
7.	Pasang instalasi pipa air bersih	6	0.021052632	0.02	2%
8.	Pasang pipa air pemadam	6	0.021052632	0.02	2%
9.	Plester	11	0.038596491	0.03	3%
10.	Aci	9	0.031578947	0.03	3%
11.	Pasang platfon + kerangka	12	0.042105263	0.04	4%
12.	Scriet lantai unit	8	0.028070175	0.02	2%
13.	Pasang keramik unit	17	0.059649123	0.05	5%
14.	Ngenat keramik unit	5	0.01754386	0.01	1%
15.	Pasang pintu dan jendela	5	0.01754386	0.01	1%
16.	Cat	4	0.014035088	0.01	1%
17.	<i>Water proofing</i> kamar mandi	4	0.014035088	0.01	1%
18.	Scriet lantai kamar mandi	6	0.021052632	0.02	2%
19.	Pasang keramik dinding toilet	12	0.042105263	0.04	4%
20.	Pasang keramik lantai toilet	18	0.063157895	0.06	6%
21.	Pasang kloset	4	0.014035088	0.01	1%
22.	Pasang shower	4	0.014035088	0.01	1%
23.	Pasang keran kamar mandi	4	0.014035088	0.01	1%
24.	Pasang wastafel	3	0.010526316	0.01	1%
25.	Pasang keran wastafel	3	0.010526316	0.01	1%
26.	Pasang drain	3	0.010526316	0.01	1%
27.	Pasang bekesting dapur	6	0.021052632	0.02	2%
28.	Pasang besi meja kompor	6	0.021052632	0.02	2%
29.	Cor meja kompor	6	0.021052632	0.02	2%
30.	Pasang pipa air wastafel dapur	6	0.021052632	0.02	2%
31.	Pasang marmer meja kompor	6	0.021052632	0.02	2%
32.	Pasang kompor	2	0.007017544	0.01	1%
33.	Pasang <i>kitchen seat</i>	5	0.01754386	0.01	1%
34.	Pasang <i>kitchen hut</i>	5	0.01754386	0.01	1%
35.	Pasang skirting	6	0.021052632	0.02	2%
36.	Pasang wardrobe	6	0.021052632	0.02	2%
37.	Pasang AC	3	0.010526316	0.01	1%
38.	<i>Water proofing</i> balkon	5	0.01754386	0.01	1%

No	Uraian Kegiatan	Durasi Kegiatan (Hari)	Distribusi Probabilitas	Probabilitas	Probabilitas (%)
39.	Scriet lantai balkon	6	0.021052632	0.02	2%
40.	Pasang keramik lantai balkon	6	0.021052632	0.02	2%
41.	Pasang reling	5	0.01754386	0.01	1%
42.	Pasang keramik tanggulan	6	0.021052632	0.02	2%
43.	Pasang FD (Buangan air)	3	0.010526316	0.01	1%
	Total	285	1		

Sumber: diolah (2024).

b. Probabilitas simulasi *monte carlo*

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas rata-rata} &= \frac{\text{Probabilitas durasi pekerjaan}}{\text{Banyaknya Populasi probabilitas}} \\ &= \frac{(4\% \times 3) + (2\% \times 17) + (1\% \times 18) + (5\% \times 2) + (3\% \times 2) + (6\% \times 1)}{43} \\ &= 0.801395349 \ggg 80\% \end{aligned}$$

c. Percepatan waktu simulasi *monte carlo*

$$\begin{aligned} \text{Percepatan rata-rata} &= \frac{\text{total durasi pekerjaan}}{\text{Banyaknya pekerjaan}} \\ &= \frac{285}{43} \\ &= 282 \text{ hari} \end{aligned}$$

d. Biaya percepatan waktu simulasi *monte carlo*

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya waktu normal} + \text{biaya waktu percepatan} \\ &= \text{Rp}6.908.669.000.00 + \text{Rp}345.433.450.00 \\ &= \text{Rp}7.254.102.450.00 \end{aligned}$$

Hasil analisa menggunakan simulasi *monte carlo* diperoleh hasil percepatan waktu rata-rata yaitu selama 282 hari dengan biaya percepatan sebesar Rp7.254.102.450.00. Dan nilai percepatan dengan nilai probabilitas keyakinan penyelesaian proyek yang mencapai sebesar 80%.

### 4.2.3 Hasil Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20 Pada Proyek Apartemen SQ Residence Dengan Metode PERT, CPM, dan Simulasi *Monte Carlo*

Evaluasi yang ingin dilakukan yaitu berfokus kepada evaluasi penjadwalan proyek pembangunan LT.20 pada proyek apartemen SQ Res, dengan perhitungan menggunakan metode PERT, CPM, dan Simulasi *Monte Carlo*, bahwa terjadi perbedaan dari segi waktu dan segi biaya. Di mana realisasi waktu

proyek selesai selama 285 hari, dengan biaya sebesar Rp6.908.669.000.00, maka diperoleh estimasi waktu dan biaya pengerjaan yang telah di olah menggunakan metode PERT, CPM, dan Simulasi *Monte Carlo* dengan memperoleh hasil evaluasi sebagai berikut:

Tabel 4.16 Hasil Evaluasi Perhitungan Menggunakan Metode PERT, CPM, dan Simulasi *Monte Carlo*

No	Metode	Waktu (Hari)	Biaya
1.	<i>Project Evaluation Review Technique</i> (PERT)	255	-
2.	<i>Critical Path Method</i> (CPM)	255	Rp7.120.091.750.00
3.	Simulasi <i>Monte Carlo</i>	282	Rp7.254.102.450.00

Sumber: diolah (2024).

Berdasarkan hasil evaluasi perhitungan dari ketiga metode yang digunakan dan realisasi pengerjaan proyek tersebut dikerjakan dalam waktu selama 285 hari, maka dapat diperoleh hasil estimasi waktu dari metode *Project Evaluation Review Technique* (PERT) yaitu dengan waktu percepatan pengerjaan selama 255 hari, selain itu untuk hasil perhitungan estimasi waktu menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) diperoleh pengerjaan waktu percepatan selama 255 hari dengan estimasi biaya yang dikeluarkan sebesar Rp7.120.091.750.00 dan pada perhitungan menggunakan metode simulasi monte carlo diperoleh pengerjaan estimasi waktu percepatan proyek selama 282 hari dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp7.254.102.450.00.

Optimalisasi waktu dan biaya yang diperoleh pada penjadwalan proyek apartemen SQ Residence pembangunan lantai 20 dan terdapat 43 kegiatan proyek yaitu dengan penerapan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*), yang diukur dari segi durasi waktu dan biaya, maka lantai 20 tersebut dapat dikerjakan dengan durasi percepatan selama 255 hari dan biaya sebesar Rp7.120.091.750.00. Dengan demikian adanya perbedaan waktu pengerjaan proyek dari waktu normal 285 hari dan hasil metode CPM 255 hari, lebih cepat 30 hari dari durasi normal. Semakin rendahnya durasi atau waktu kegiatan proyek yang dikerjakan, maka akan semakin tinggi biaya yang dikeluarkan (Andriani, 2021). Pihak CV lebih baik menggunakan metode CPM dikarenakan hasil yang diperoleh dapat mengoptimalkan durasi penyelesaian proyek sehingga proyek dapat terselesaikan lebih cepat dari rencana awal. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan perhatian khusus pada kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis dan mempercepat beberapa kegiatan dengan menambah jumlah pekerja, untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan (Harjian, 2019).

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Estimasi waktu penjadwalan proyek pembangunan LT.20 proyek apartemen SQ Residence pada CV. Agung Putra dalam menggunakan metode PERT diperoleh hasil probabilitas keberhasilan proyek SQ Residence pembangunan LT.20 dapat diartikan bahwa nilai distribusi peluang atau nilai z pada penyelesaian proyek pembangunan apartemen SQ Res LT.20 dipercepat menjadi 255 hari dengan peluang sebesar 49.99% atau 50%.
2. Estimasi waktu dan biaya penjadwalan proyek pembangunan LT.20 proyek apartemen SQ Residence pada CV. Agung Putra dalam menggunakan metode CPM dan Simulasi *Monte Carlo* diperoleh hasil dari percepatan tersebut, maka waktu percepatan yang paling optimal yaitu dengan total waktu 255 hari dan menghabiskan biaya sebesar Rp7.120.091.750.00, sedangkan waktu kegiatan sebelum pekerjaan dipercepat yaitu dengan total waktu 285 hari waktu normal dan menghabiskan biaya sebesar Rp6.908.669.000.00. Penjadwalan proyek CV. Agung Putra dalam menggunakan metode simulasi *monte carlo* diperoleh hasil percepatan waktu rata-rata yaitu selama 282 hari dengan biaya percepatan sebesar Rp7.254.102.450.00. Dan nilai percepatan dengan nilai probabilitas tingkat keyakinan penyelesaian proyek sebesar 80%.
3. Hasil evaluasi penjadwalan proyek pembangunan LT.20 proyek apartemen SQ Residence dengan menggunakan ketiga metode tersebut diperoleh optimalisasi waktu dan biaya, dimana pengerjaan proyek tersebut terdapat 43 kegiatan proyek yaitu dengan penerapan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*), yang diukur dari segi durasi waktu dan biaya, maka lantai 20 tersebut dapat dikerjakan dengan durasi percepatan selama 255 hari dan biaya sebesar Rp7.120.091.750.00. Semakin rendahnya durasi atau waktu kegiatan proyek yang dikerjakan, maka akan semakin tinggi biaya yang dikeluarkan (Andriani, 2021). Pihak CV lebih baik menggunakan metode CPM dikarenakan hasil yang diperoleh dapat mengoptimalkan durasi penyelesaian proyek sehingga proyek dapat terselesaikan lebih cepat dari rencana awal. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan perhatian khusus pada kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis dan mempercepat beberapa kegiatan dengan menambah jumlah pekerja, untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan (Harjian, 2019).

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian memiliki beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan:

1. Penjadwalan proyek yang dilakukan CV. Agung Putra masih berorientasi perkiraan waktu berdasarkan pengalaman, agar dapat tercapainya waktu penyelesaian proyek maka perusahaan harus memperbarui sistem penjadwalan yang dibuat dengan melakukan reschedule penjadwalan proyek, apabila dalam penggunaan penjadwalan mengalami keterlambatan. Serta dalam berjalannya suatu aktivitas pengerjaan proyek banyak faktor-faktor yang menyebabkan proyek tersebut terlambat dan mengakibatkan biaya proyek meningkat dan mengalami denda atau pinalti, sebaiknya pihak CV mempertimbangkan ulang untuk mengalokasikan biaya yang akan dikeluarkan dengan merujuk kewaktu paling lambat proyek pengerjaan lantai 20 tersebut selesai.
2. Setelah melakukan evaluasi dengan menggunakan metode *Project Evaluation Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM), dan Simulasi *Monte Carlo* sebaiknya pihak-pihak yang terkait dalam mencapai keberhasilan proyek untuk memperluas kembali metode-metode lain yang dapat mencegah terjadinya keterlambatan proyek atau mangkrak dan metode lain yang dapat memperingkat waktu dan biaya secara signifikan. Maka proyek yang akan dijalankan berjalan dengan sesuai target yang telah direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armalisa, A., et al. (2021). Metode Crashing Terhadap Penambahan Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, [online] Volume, p. 862. Tersedia di: <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/CIVTECH/article/download/862/2088> [Diakses pada 6 Juli 2023].
- Andriani, E. Djamaludin, A. (2021). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Konstruksi Berdasarkan Metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation And Review Technique* (PERT). *Jurnal Prosiding Teknik Industry*, [online] Volume 7(2), p. 263. Tersedia di: <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/industri/article/view/29902/pdf> [Diakses pada 7 Juli 2023].
- Afriyadi, D.A. (2014). Tenaga Kerja Konstruksi Indonesia Memiliki Daya Saing Tinggi. *Liputan6.com*. Tersedia di: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/2111958/tenaga-kerja-konstruksi-indonesia-memiliki-daya-saing-tinggi> [Diakses 9 Juli 2023].
- Afriani, B., et al. (2024). Pengimplementasian Sistem Building Information Modelling Pada Tahapan Penjadwalan Gedung PUT PNJ. *Jurnal Talenta Sipil*, [online] Volume 7(1), p. 200-206. Tersedia di: <http://talentasipil.unbari.ac.id/index.php/talenta/article/viewFile/435/192> [Diakses pada 20 Februari 2024].
- Apriliani, M. (2022). Manajemen Proyek: Definisi, Fungsi, Tahapan, dan Cara Optimalisasi. *Tomps.id*. Tersedia di: <https://tomps.id/manajemen-proyek-definisi-fungsi-tahapan-dan-cara-optimalisasinya> [Diakses pada 15 Juli 2023].
- Ahmoed, Z. R. and Abdulahad, N. F. (2022). Probabilistic Approach for Identifying Longest Fuzzy Critical Path. *Al-Nahrain Journal of Science*, [online] Volume 25(2), p. 29-33. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/43b4f5ac-9bd2-3b1c-b820-cbd437ae7b39/> [Diakses pada 5 Juli 2023].
- Astari, M. N., et al. (2021). Perencanaan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method) Dan PERT (Program Evaluation And Review Technique). *Jurnal Konstruksia*, [online] Volume 13(1), p. 164-180. Tersedia di: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwil4YzJkMiEAXWMRWcHHWxEC-MQFnoECBsQAO&url=https%3A%2F%2Fjurnal.umj.ac.id%2Findex.php%2Fkonstruksia%2Farticle%2Fdownload%2F9996%2F6498&usg=AOvVaw3bd1JwnvBJy\\_h4DaO2i9FK&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwil4YzJkMiEAXWMRWcHHWxEC-MQFnoECBsQAO&url=https%3A%2F%2Fjurnal.umj.ac.id%2Findex.php%2Fkonstruksia%2Farticle%2Fdownload%2F9996%2F6498&usg=AOvVaw3bd1JwnvBJy_h4DaO2i9FK&opi=89978449) [Diakses pada 22 Juli 2023].

- Abdurrasyid., et al. (2019). Implementasi Metode PERT Dan CPM Pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, [online] Volume 5(1), p. 28. Tersedia di: <https://journals.ums.ac.id/index.php/khif/article/download/7066/4606> [Diakses pada 14 Juli 2023].
- Abraham, J. I., et al. (2022). Percepatan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil*, [online] Volume 5(1), p. 90-103. Tersedia di: <https://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/article/view/2843> [Diakses pada 20 September 2023].
- Arati, S. (2021). PERT Vs. CPM: A Cross Review Analysis. *International Journal of Social Impact*, [online] Volume 6(1), p. 1-11. Tersedia di: <https://ijsi.in/wp-content/uploads/2021/06/18.02.005.20210601.pdf> [Diakses pada 7 September 2023].
- Arizal, N., et al. (2021). Optimalisasi Pembangunan Proyek Apartemen SGC Cibubur Dengan Menggunakan Metode Precedence Diagram Method (PDM). *Journal Universitas Suryadarma*, [online], p. 22. Tersedia di: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jtin/article/download/706/690%20peter%20no%201> [Diakses pada 10 Oktober 2023].
- Apartemen, S. (2023). South Quarter Residence. *SQ.residencejakarta.co.id*. Tersedia di: <https://sq.residencejakarta.co.id/> [Diakses pada 17 Juli 2023].
- Aldi, R. Ali, A. R. (2022). Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode Algoritma Genetika. *Jurnal E-Prosiding Teknik Informatika*, [online] Volume 3(1), p. 107. Tersedia di: <https://eprosiding.ars.ac.id/index.php/pti/article/download/505/308> [Diakses pada 12 Oktober 2023].
- Belferik, R., et al. (2023). *Manajemen Proyek: Teori Dan Penerapannya*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Chofreh, G. A., et al. (2019). The Imperative and Research Directions Of Sustainable Project Management. *Journal of Cleaner Production*, [online] Volume 238. Tersedia di: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619326708> [Diakses pada 8 Juni 2023].
- Cynthia, I., et al. (2019). *Organizational Change An Action-Oriented Toolkit*. Boston MA: SAGE Publications.
- Dian, F., et al. (2021). Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Penerapan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, [online] Volume

- 7(1), p. 102. Tersedia di: <http://jurnal.utu.ac.id/jtsipil/article/view/3274/2554> [Diakses pada 20 Oktober 2023].
- Doumbia, L. M., et al. (2020). Review on The Cost Optimization Of Microgrids Via Particle Swarm Optimization. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, [online], p. 73-89. Tersedia di: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40095-019-00332-1> [Diakses pada 6 September 2023].
- Ervianto, I. W. (2023). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Ernawati., et al. (2022). *Manajemen Operasional*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Edureka. (2022). Operations Supply Chain and Project Management. *Edureka.co*. Tersedia di: <https://www.edureka.co/blog/what-are-the-objectives-of-operations-management/> [Diakses 15 Juli 2023].
- Effendi., et al. (2019). *Manajemen Operasional*. Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan Susunan Tim Penyusun.
- Eddy, P., et al. (2019). Percepatan Waktu Dan Biaya Terhadap Perencanaan Proyek Fabrikasi Steam Turbin Building Blok 2 Muara Tawar Dengan Metode CPM. *Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik*, [online] Volume 8(2), p. 24-33. Tersedia di: <https://journal.unigres.ac.id/index.php/WahanaTeknik/article/download/1033/826> [Diakses pada 20 September 2023].
- Fitrianto. (2019). Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode Penjadwalan Pdm (Precedence Diagram Method) Dan Perhitungan Waktu Dengan Pert (Program Evaluation And Review Technique). *Dspace.uii.ac.id*. Tersedia di: <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/15220> [Diakses pada 26 September 2023].
- Faiq, S.S., et al. (2021). Analisis Manajemen Operasional Perusahaan Multinasional Studi Kasus Pada PT. Unilever Indonesia Tbk. *Jurnal Manajemen*, [online] Volume 11(2), p. 135. Tersedia di: <http://jurnalfe.ustjogja.ac.id/index.php/manajemen/article/view/2478/810> [Diakses pada 13 Juli 2023].
- Farida, Y. and Anenda, P. L. (2022). Network Planning Analysis on Road Construction Projects by CV. X Using Evaluation Review Technique (PERT) – Critical Path Method (CPM) and Crashing Method. *The International Journal of Integrated Engineering*, [online] Volume 14(4), p. 377-390. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/788cc7af-819e-3d57-9091-3b359842091b/> [Diakses pada 18 September 2023].

- Felix, S. W. Hendrik, S. (2019). Penerapan Metode *Monte Carlo* Pada Penjadwalan Proyek Serpong Garden Apartment. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, [online] Volume 2(3), p. 189. Tersedia di: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/download/5828/3874> [Diakses pada 10 Oktober 2023].
- Fauzan, A. S., et al. (2019). Penjadwalan Pekerjaan Proyek Struktur Atas Dengan Menggunakan *Repetitive Scheduling Method* (Studi Kasus: Proyek Park View Condominium Apartment di Detos, Depok). *Jurnal Arsitektur*, [online] Volume 2(1), p. 2654. Tersedia di: <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/lakar/article/download/3232/3238%20peter%20no%203> [Diakses pada 10 Oktober 2023].
- Gideon, A. (2023). Industry Property Bangkit Kembali Di Kuartal I 2023 Pasar Apartemen Tak Lesu Lagi. *Liputan6.com*. Tersedia di: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/5299605/industri-properti-bangkit-kembali-di-kuartal-i-2023-pasar-apartemen-tak-lesu-lagi> [Diakses 9 Juli 2023].
- Gandomi, H. A., et al. (2021). Advances in Meta-Heuristic Optimization Algorithms in Big Data Text Clustering. *Jurnal MDPI*, [online], p. 1-29. Tersedia di: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/2/101> [ Diakses pada 6 Juni 2023].
- Guofeng, M. Ming, W. (2019). Model Evaluasi Risiko Kualitas Konstruksi Berbasis Big Data Dan FMEA Yang Mempertimbangkan Jadwal Proyek Untuk Proyek Apartemen Shanghai, *Jurnal Internasional Manajemen Kualitas & Keandalan*, [online] Volume 37(1), p. 18. Tersedia di: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJQRM-11-2018-0318/full/html> [Diakses pada 10 Oktober 2023].
- Girotra, K., et al. (2020). Interesting, Important and Impactful Operations Management. *Journal Manufacturing & Service Operations Management*, [online] Volume 22(1), p. 214-222. Tersedia di: <https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/msom.2019.0813> [Diakses pada 18 Juli 2023].
- Gandomi, H. A., et al. (2021). The Arithmetic Optimization Algorithm. *Journal Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, [online] Volume 376, p. 1-38. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/06fd1a27-f436-3cbe-9d6e-145e31f059c8> [Diakses pada 8 September 2023].
- Haming, M. dan Nurnajamuddin, M. (2022). *Manajemen Produksi Modern: Operasi Manufaktur Dan Jasa*. Edisi ke tiga. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Hasan, J., et al. (2023). *Manajemen Operasional*. Pasaman: CV. Azka Pustaka.
- Husein, A. (2008). *Manajemen Proyek, Perencanaan, Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.

- Hidayah, R., et al. (2018). Analisa Perbandingan Manajemen Waktu Antara Perencanaan Dan Pelaksanaan. *Jurnal Manajemen Teknologi Dan Teknik Sipil*, [online] Volume 1(2), p. 281. Tersedia di: <https://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/issue/view/44> [Diakses pada 5 Agustus 2023].
- Haizan, N. R., et al. (2021). Project Scheduling Management in the Software Industry. *Journal of Computer and Mathematics Education*, [online] Volume 12(3), p. 2136-2145. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/d1b49535-ab01-374b-89b8-1fd2d8c4696a/> [Diakses pada 26 Agustus 2023].
- Harsanto, B. (2022). *Dasar-Dasar Manajemen Operasi*. Edisi Kedua. Jakarta: Kencana.
- Harjian, M. Koespiadi. (2019). Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode CPM (Studi Kasus: Proyek Apartemen Caspian Tower Surabaya). *Jurnal Internasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, [online] Volume 2(1), p. 26. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/bc67c559-6c2c-326e-9e84-1cbf642e904f/> [Diakses pada 10 Oktober 2023].
- Heizer and Render. (2015). *Manajemen Operasi (Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan)*. Edisi Sebelas. Jakarta: Salemba Empat.
- Julyanthry., et al. (2020). *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Kulkarni, A. M. and More, V. H. (2022). *Operations And Supply Chain Management*. India: Lulu Publication.
- Karomah, B. (2022). Aplikasi Network Analysis Metode CPM (Critical Path Method) Model AON Untuk Menentukan Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Malang. *Journal Of Science And Technology*, [online] Volume 2(2), p. 153. Tersedia di: <https://scholar.archive.org/work/zi5b2htvzzfkdjf6z4dkboath4/access/wayback/https://ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/jostech/article/download/4410/pdf> [Diakses pada 8 Juli 2023].
- Karuntu, M. M., et al. (2023). Evaluasi Pelaksanaan Proyek Menggunakan Metode PERT Dan CPM (Studi Kasus: Preservasi Jalan Tolango-Paguyaman, Tolango-Bulontio). *Jurnal LPPM Bidang EkoSosBudKum (Ekonomi, Sosial, Budaya, dan Hukum)*, [online] Volume 6(2), p. 1079. Tersedia di: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjT2PqQILCEAxWyRmwGHWxrDe8QFnoECBMQAAQ&url=https%3A%2F%2Fejournal.unsrat.ac.id%2Fv3%2Findex.php%2Flppmekosobudkum%2Farticle%2Fdownload%2F44640%2F41037&usg=AOvVaw3Rx9JSdntXdYvJDL2PuYXh&opi=89978449> [Diakses 7 Agustus 2023].

- Kiran, D., R. (2019). *Production Planning and Control A Comprehensive Approach*. United States: BSP Books Pvt.
- Kosztyan, T. Z., et al. (2019). Hybrid Multimode Resource-Constrained Maintenance Project Scheduling Problem. *Journal Operations Research Perspectives*, [online], p. 1-15. Tersedia di: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716019300958> [Diakses pada 5 Juni 2023].
- Lukita, G. Mediana. (2023). Menggarap Tantangan Pasar Apartemen. *Kompas.id*. Tersedia di: <https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2023/01/12/menggarap-tantangan-pasar> [Diakses pada 13 Oktober 2023].
- Lulu, A. I., et al. (2023). Penerapan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Metode) Dan PERT (Project Evaluation And Review Techinque) Pada Proyek Pembangunan Perumahan Puri Tanjung Permai Di Jampang kulon. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, [online] Volume 1(1), p. 2715. Tersedia di: [https://www.academia.edu/download/98025851/UAS\\_MP\\_.pdf](https://www.academia.edu/download/98025851/UAS_MP_.pdf) [Diakses pada 12 Oktober 2023].
- Lea, D. and Pedro, R. (2023). Project Management Maturity Models: Proposal of a Framework for Models Comparison. *Journal of CENTERIS*, [online], p. 1-8. Tersedia di: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiu\\_urxjsiEAxXT3TgGHRJjDp0QFnoECB8QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS187705092300515X%2Fpdf%3Fmd5%3D5f57fb22d13c82fb15c8c19ac0d4266b%26pid%3D1-s2.0-S187705092300515X-main.pdf&usg=AOvVaw2\\_xZ2asAj4gkVIdm2Ht1Pu&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiu_urxjsiEAxXT3TgGHRJjDp0QFnoECB8QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS187705092300515X%2Fpdf%3Fmd5%3D5f57fb22d13c82fb15c8c19ac0d4266b%26pid%3D1-s2.0-S187705092300515X-main.pdf&usg=AOvVaw2_xZ2asAj4gkVIdm2Ht1Pu&opi=89978449) [Diakses pada 25 Juli 2023].
- Lantara, D., et al. (2024). Delay in the Electric Pole Construction Project at the Units Electricity Project Implementation (UP2K) of PT XYZ South Sulawesi Region on Kalatua Island, Pasilambena District, Selayar Regency. *International Journal Of Advanced Multidisciplinary Research And Studies*, [online] Volume 4(1), p. 772-778. Tersedia di: [https://www.researchgate.net/profile/Ahmad-Padhil/publication/378277500\\_Delay\\_in\\_the\\_Electric\\_Pole\\_Construction\\_Project\\_at\\_the\\_Units\\_Electricity\\_Project\\_Implementation\\_UP2K\\_of\\_PT\\_XYZ\\_South\\_Sulawesi\\_Region\\_on\\_Kalatua\\_Island\\_Pasilambena\\_District\\_Selayar\\_Regency/links/65d0a9e1e51f606f99798697/Delay-in-the-Electric-Pole-Construction-Project-at-the-Units-Electricity-Project-Implementation-UP2K-of-PT-XYZ-South-Sulawesi-Region-on-Kalatua-Island-Pasilambena-District-Selayar-Regency.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ahmad-Padhil/publication/378277500_Delay_in_the_Electric_Pole_Construction_Project_at_the_Units_Electricity_Project_Implementation_UP2K_of_PT_XYZ_South_Sulawesi_Region_on_Kalatua_Island_Pasilambena_District_Selayar_Regency/links/65d0a9e1e51f606f99798697/Delay-in-the-Electric-Pole-Construction-Project-at-the-Units-Electricity-Project-Implementation-UP2K-of-PT-XYZ-South-Sulawesi-Region-on-Kalatua-Island-Pasilambena-District-Selayar-Regency.pdf) [Diakses pada 27 September 2023].

- Lee, S. and Shvetsova, A. O. (2019). Optimization of the Technology Transfer Process Using Gantt Charts and Critical Path Analysis Flow Diagrams: Case Study of the Korean Automobile Industry. *Journal MDPI*, [online], Volume 7(12), p. 1-27. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/b39d1e67-3f6b-35ea-81bc-50b070fc99e1/> [Diakses pada 4 Juni 2023].
- Latifah, S. (2020). Optimalisasi Manajemen Waktu Dan Biaya Terhadap Pembangunan Proyek (Studi Kasus Penyelesaian Pembangunan Puskesmas 1 Batur Cv. Sendo Hokage). *Jurnal Of Economic, Business And Engineering*, [online] Volume 1(2), p. 326-334. Tersedia di: <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jebe/article/view/1228> [Diakses pada 6 Juni 2023].
- Mustikasari, A. (2023). *Manajemen Operasional*. Jakarta: PT. Limajari Indonesia.
- Mubarak, A. S. (2019). *Construction Project Scheduling And Control*. Fourth Edition. Hoboken, USA: Wiley.
- Myhomes. (2019). Apartemen SQ Res. *myhomes.id*. Tersedia di: <https://myhomes.id/apartemen-sq-res/> [Diakses pada 5 Oktober 2023].
- Mufidah, P. A., et al. (2021). Analisa Jalur Kritis Pada Penjadwalan Proyek Pengembangan Sistem Informasi Menggunakan Teknik Critical Path Method (CPM) (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal Sistem Informasi*, [online], p. 538. Tersedia di: <http://ejournal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/2279/2002> [Diakses pada 12 Oktober 2023].
- Muzdalifah, L., et al. (2019). Penjadwalan Proyek Perumahan Dengan Optimasi Waktu Dan Biaya Harian. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika*, [online] Volume 3(2), p. 78-88. Tersedia di: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jram/article/view/6006> [Diakses pada 5 Juli 2023].
- Masinambow, J. (2019). Penjadwalan Pembangunan Menara Alfa Omega Di Kota Tomohon Dengan Menggunakan Metode PERT (*Program Evaluation And Review Technique*). *Jurnal Ilmiah Real Tech*, [online] Volume 15(2), p. 121. Tersedia di: <https://ejournal.unikadelasalle.ac.id/index.php/realtech/article/view/51> [Diakses pada 5 Juli 2023].
- Mesa, D. (2023). Striking the Balance: Assertiveness vs. Accommodation in Project Management. *darrellmesa.medium.com*. Tersedia di: <https://darrellmesa.medium.com/striking-the-balance-assertiveness-vs-accommodation-in-project-management-df10fcf4272> [Diakses pada 26 Agustus 2023].
- Mudiyono, R., et al. (2021). Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing, Overlapping Dan Gabungan Crashing Overlapping (Studi Kasus Proyek

- Pembangunan Bendungan Bendo Lanjutan Di Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur). *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, [online] Volume 2(5), p. 24-43. Tersedia di: <https://www.jiemar.org/index.php/jiemar/article/view/190> [Diakses 25 Agustus 2023].
- Mulyadi, L., et al. (2020). Delay Factors in Building Construction Project of State Elementary School. *Civil Engineering Journal*, [online] Volume 6(3), p. 523-530. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/catalogue/7884ef18-abad-3d96-8d4c-285fb8884e86/> [Diakses pada 6 Juni 2023].
- Natalia, D. I., et al. (2021). Penjadwalan Waktu Proyek Pembangunan Gedung Menggunakan Metode Cpm Di Flores Timur. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Material*, [online], p. 440. Tersedia di: [https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/bitstream/handle/11617/12740/455\\_C EEDRIMSREV\\_e-Book\\_ProSIDing%20CEEDRIMS%202021\\_rev300821.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/bitstream/handle/11617/12740/455_C EEDRIMSREV_e-Book_ProSIDing%20CEEDRIMS%202021_rev300821.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Diakses pada 12 Oktober 2023].
- Padhil, A., et al. (2022). Evaluasi Penjadwalan Proyek Kapal Penyeberangan RO-RO 500 GT Melalui Pendekatan Metode CPM Dan PERT Studi Kasus PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa Industry*, [online] Volume 4(2), p. 80. Tersedia di: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluasi-Penjadwalan-Proyek-Kapal-Penyeberangan-500-Padhil-Anwari/2e75f016fe96055ca1f80cb1527a406a13fd024c> [Diakses pada 9 Juli 2023].
- Pakpahan, D. (2019). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan *Critical Path Method* Studi Kasus PT. MNC Play Media Medan. *Journal Of Computer System And Informatics*, [online] Volume 1(1), p. 26. Tersedia di: <http://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josyc/article/view/35/23> [Diakses pada 8 Juli 2023].
- Putra, G.J. Sekarsari, J. (2020). Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Bertingkat Dengan Metode PERT Dan M-PERT Menggunakan Simulasi *Monte Carlo*. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, [online] Volume 3(3), p. 533. Tersedia di: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/8395/5673> [Diakses pada 7 Juli 2023].
- Property, G. (2020). Apartemen di Jakarta Selatan Tetap Menjanjikan. *Rumah.com*. Tersedia di: <https://www.rumah.com/areainsider/jakarta-selatan/article/apartemen-di-jakarta-selatan-tetap-menjanjikan-11232> [Diakses pada 13 Oktober 2023].
- Pratama, A., Y. dan Kartini, I., A., N. (2020). Analisis Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Kos Menggunakan Network Planing Pert Dan Cpm Di Kota Surabaya. *Jurnal Ekonomi Manajemen*.

- [Online] Vol 5(1), p. 19-32. Tersedia di:  
<https://pdfs.semanticscholar.org/c306/c46da96786e1745cbc7b4fdb5d758c778524.pdf> [Diakses pada 17 Oktober 2023].
- Paulus, N. et al. (2022). Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Simulasi Monte Carlo Studi Kasus: Pembangunan Rumah Tinggal Di Surabaya. *Jurnal Dimensi Utama Teknik Sipil*, [online] Volume 9(2), p. 156. Tersedia di:  
<https://www.duts.petra.ac.id/index.php/duts/article/download/223/191> [Diakses pada 17 Oktober 2023].
- Rochmah, S. (2022). *Buku Ajar Manajemen Operasi 1*. Pekalongan: Penerbit NEM.
- Rosyada, M. (2023). *Manajemen Operasi*. Pekalongan: PT. Nasya Expanding Management.
- Rantesalu, S. (2019). Evaluasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Pada Proyek Pembangunan Gedung Bappeda Provinsi Kalimantan Utara Tahap III. *Jurnal Teknik Sipil*, [online] Volume 21(1), p. 1316. Tersedia di:  
<https://jurnal.polban.ac.id/ojs3.1.2/potensi/article/view/1316/1108> [Diakses pada 6 Juli 2023].
- Raihana, N. D. E. Cahyono, B. N. (2023). Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Gudang Marunda Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Teknik ITS*, [online] Volume 12(2), p. 2337. Tersedia di:  
<https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/112628/7534> [Diakses pada 17 Oktober 2023].
- RUN System. (2022). 3 Tujuan dan 5 Tahapan Manajemen Proyek Serta Contoh Penerapannya. *runsystem.id*. Tersedia di:  
<https://runsystem.id/id/blog/manajemen-proyek-adalah/> [Diakses pada 10 Agustus 2023].
- Rezaei, F., et al. (2020). Mean-Conditional Value at Risk Model For The Stochastic Project Scheduling Problem. *Journal Computers & Industrial Engineering*, [online] Volume 14(2). Tersedia di:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835220300905> [Diakses pada 19 Juni 2023].
- Rahayu, N.S., et al. (2021). Analisis Kinerja Biaya dan Waktu Menggunakan Earned Value Concept pada Pekerjaan Renovasi Taman Kota Bangkinang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, [online] Volume 10(2), p. 73-78. Tersedia di:  
<https://media.neliti.com/media/publications/358656-pengendalian-biaya-dan-waktu-pada-pekerj-72bcb012.pdf> [Diakses pada 22 Agustus 2023].
- Rahmanto, T. dan Janizar, S. (2022). Pengendalian Biaya Dan Waktu Dengan Metode Earned Value Proyek Familia Urban Bekasi. *Jurnal Teknik Sipil*, [online] Volume 3(2), p. 16-27. Tersedia di:

- <https://ejurnal.sipilunwim.ac.id/index.php/jtsc/article/view/48> [Diakses pada 4 Juni 2023].
- Styawati., et al. (2021). Optimasi Parameter Support Vector Machine Berbasis Algoritma Firefly Pada Data Opini Film. *Jurnal Resti*, [online] Volume 5(2), p. 904-910. Tersedia di: <https://pdfs.semanticscholar.org/ee14/0bf50c787e10cdb2ed92ad13164f9d63755a.pdf> [Diakses pada 6 Juni 2023].
- Sugiyanto. (2020). *Manajemen Proyek Rantai Kritis*. Surabaya: Cipta Media Nusantara (CMN).
- Siswanto, B. A. dan Salim, A. M. (2020). *Manajemen Proyek*. Edisi ke dua. Semarang: CV. Pilar Nusantara.
- Suaryasa, N. G. I., et al. (2023). *Manajemen Operasi Pada Perusahaan*. Bali: Penerbit Intelektual Manifes Media.
- Sukmono, A. R dan Supardi. (2021). *Manajemen Operasional Dan Implementasi Dalam Industri*. Magelang: Pustaka Rumah Cinta.
- Simanjuntak, R. M., et al. (2023). *Manajemen proyek konstruksi*. Batam: Yayasan Cendikia Mulia Mandiri.
- Sitanggang, N., et al. (2019). *Pengantar Konsep Manajemen Proyek Untuk Teknik*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Shtub, A. and Rich, M. (2019). *Managing Your Startup's New Product Development Projects*. Israel: Technion Israel Institute Of Technology.
- Saputra, N. (2021). Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*. [online] Volume 4(1), p. 44-52. Tersedia di: <http://talentasipil.unbari.ac.id/index.php/talenta/article/view/48> [Diakses pada 25 Agustus 2023].
- Shereen., et al. (2023). Analisis Perbandingan Manajemen Operasional Pt. Indobangkit Pertama Sukses Sebelum, Selama Dan Setelah Pandemi Covid-19. *Jurnal TRANSEKONOMIKA*, [online] Volume 3(2), p. 438-452. Tersedia di: <https://transpublika.co.id/ojs/index.php/Transekonomika/article/download/397/326> [Diakses pada 20 Februari 2024].
- Siregar, C. A. dan Iffiginia. (2019). Penggunaan Critical Path Method (CPM) Untuk Evaluasi Waktu Dan Biaya Pelaksanaan Proyek. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, [online] Volume 15(2), p. 102-111. Tersedia di: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/ju-tek/article/view/6816> [Diakses pada 6 September 2023].

- Sujarno, A.P., et al. (2023). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gunadarma Medika Dengan Metode CPM dan PERT. *Jurnal Serambi Engineering*, [online] Volume 8(2), p. 5297. Tersedia di: <https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/download/5513/4316> [Diakses pada 7 Juli 2023].
- South, Q. (2023). Tipe Unit SQ Residence. *southquarterapartemen.com*. Tersedia di: <https://www.southquarterapartemen.com/> [Diakses pada 5 Oktober 2023].
- Sarah, R. S. P. (2019). Optimasi Waktu Pengerjaan Proyek Menggunakan Simulasi Monte Carlo Pada Proyek Konstruksi Hotel Y Oleh PT X. *Jurnal Energy Dan Engineering*, [online] Volume 2(3), p. 580. Tersedia di: <https://talentaconfseries.usu.ac.id/ee/article/download/782/505> [Diakses pada 20 Oktober 2023].
- Sopyan, I., et al. (2021). Design-expert Software sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi. *Jurnal Farmasetika*, [online] Volume 6(1), p. 99-120. Tersedia di: <http://jurnal.unpad.ac.id/farmasetika/article/view/27842> [Diakses pada 6 September 2023].
- Safitri, E., et al. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan CPM Dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nilah Dan Manasik Haji Kua Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir). *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, [online] Volume 5(2), p. 17. Tersedia di: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/JSMS/article/view/7631> [Diakses 6 Juli 2023].
- Santony, J. (2020). Simulasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Dengan Metode *Monte Carlo*. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, [online] Volume 2(1), p. 30. Tersedia di: <https://www.jidt.org/jidt/article/download/34/33> [Diakses pada 25 Agustus 2023].
- Tarman., et al. (2022). Penjadwalan Proyek Mini Market Dengan Menggunakan Metode CPM (*Critical Path Method*) Dan PERT Di PT Indomarco Prismatama. *Jurnal Teknik Logika Dan Matematika*, [online], p. 1-11. Tersedia di: <https://jurnal.wastukencana.ac.id/index.php/teknologika/article/download/160/110> [Diakses pada 20 Februari 2024].
- Utama, E. R., et al. (2019). *Manajemen Operasi*. Tangerang: UM Jakarta Press.
- Vrchota, J., et al. (2021). Critical Success Factors of the Project Management in Relation to Industry 4.0 for Sustainability of Projects. *Journal MDPI*, [online] Volume 13(1), p. 1-19. Tersedia di: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/281> [Diakses pada 7 Juli 2023].

- Widya, N. S., et al. (2017). Penjadwalan Proyek Dengan Penerapan Simulasi Monte Carlo Pada Metode Program Evaluation Review And Technique (PERT). *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, [online] Volume 10(2), p. 1693. Tersedia di: [https://www.researchgate.net/publication/335837960\\_PENJADWALAN\\_PROYEK\\_DENGAN\\_PENERAPAN\\_SIMULASI\\_MONTE\\_CARLO\\_PADA\\_METODE\\_PROGRAM\\_EVALUATION\\_REVIEW\\_AND\\_TECHNIQUE\\_PERT](https://www.researchgate.net/publication/335837960_PENJADWALAN_PROYEK_DENGAN_PENERAPAN_SIMULASI_MONTE_CARLO_PADA_METODE_PROGRAM_EVALUATION_REVIEW_AND_TECHNIQUE_PERT) [Diakses pada 4 Februari 2024].
- Yogasara, Y., et al. (2024). Manajemen Proyek Lean and Agile: Mengukur Dampaknya Terhadap Keberhasilan Proyek. *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, [online] Volume 5(3), p. 148-160. Tersedia di: <https://dinastirev.org/JIMT/article/view/1686/1049> [Diakses pada 20 Februari 2024].
- Zada, M., et al. (2023). Linking Public Leadership with Project Management Effectiveness: Mediating Role Of Goal Clarity And Moderating Role Of Top Management Support. *Journal Heliyon*, [online] Volume 9(5), p. 1-13. Tersedia di: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023027500> [Diakses pada 25 Juli 2023].

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gita Cahyani

Alamat : Jl. Lingkungan 02 Citatah Dalam RT.02/RW.04, No  
63 Kelurahan Ciriung, Kecamatan Cibinong,  
Kabupaten Bogor Jawa Barat

Tempat Dan Tanggal Lahir : Bogor, 22 Agustus 2002

Agama : Islam

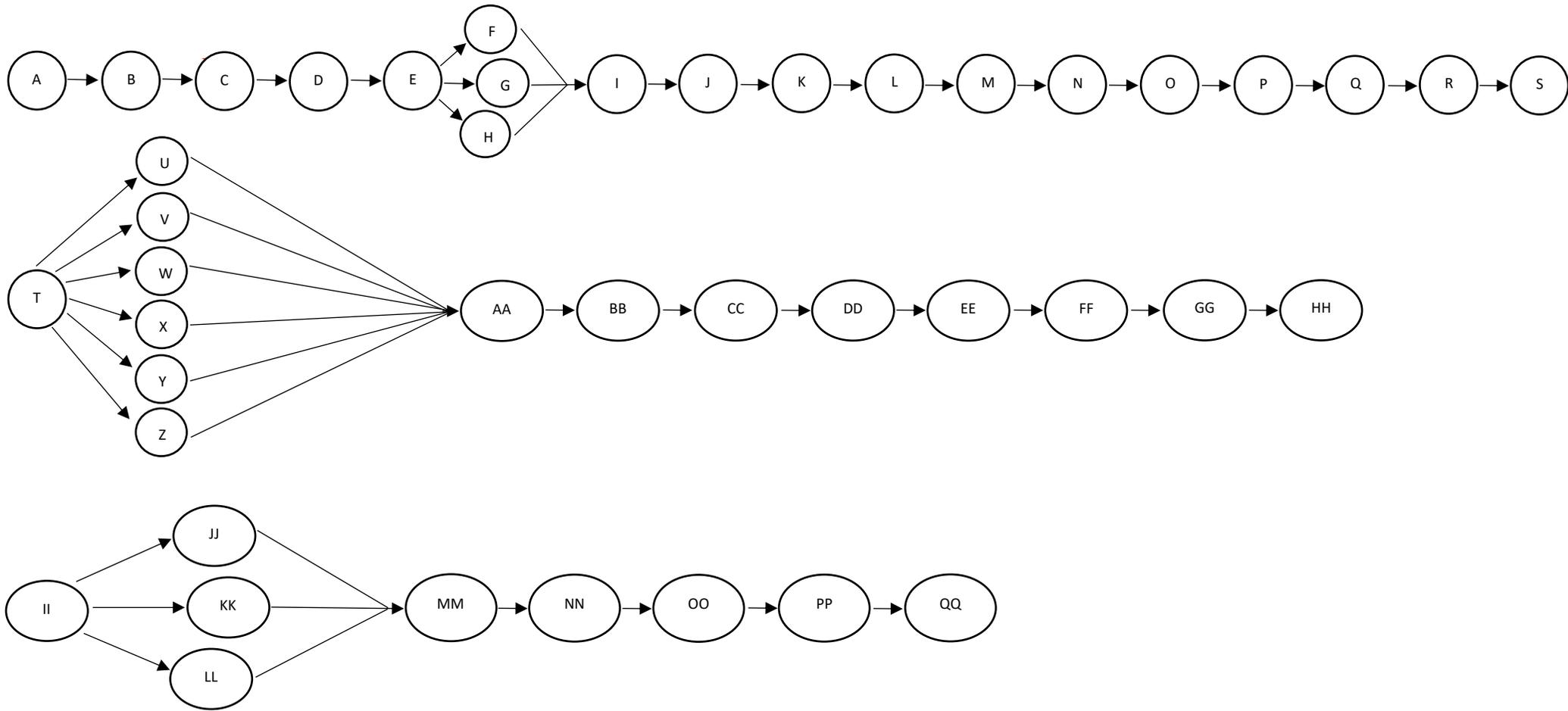
Pendidikan

- SD : MI – Al Huda Citatah
- SMP : SMP Pgri 01 Cibinong
- SMA : SMA Plus Pgri Cibinong
- Perguruan Tinggi : Universitas Pakuan

Bogor, Maret 2024

Peneliti,

(Gita Cahyani)



Lampiran 1. Diagram Jaringan Kerja

<b>A).</b>	<b>B).</b>	<b>C).</b>	<b>D).</b>	<b>E).</b>	<b>F).</b>	<b>G).</b>	<b>H).</b>	<b>I).</b>
TE = 12	TE = 8	TE = 5.17	TE = 14	TE = 6	TE = 6	TE = 7	TE = 7	TE = 10.5
ES = 0	ES = 12	ES = 20	ES = 25.17	ES = 39.17	ES = 45.17	ES = 45.17	ES = 45.17	ES = 52.17
EF = 12	EF = 20	EF = 25.17	EF = 39.17	EF = 45.17	EF = 51.17	EF = 52.17	EF = 52.17	EF = 62.67
LS = 0	LS = 12	LS = 20	LS = 25.17	LS = 39.17	LS = 46.17	LS = 45.17	LS = 45.17	LS = 52.17
LF = 12	LF = 20	LF = 25.17	LF = 39.17	LF = 45.17	LF = 52.17	LF = 52.17	LF = 52.17	LF = 62.67
<b>J).</b>	<b>K).</b>	<b>L).</b>	<b>M).</b>	<b>N).</b>	<b>O).</b>			
TE = 8.83	TE = 11.33	TE = 8	TE = 15.5	TE = 5.83	TE = 5.5			
ES = 62.67	ES = 71.5	ES = 82.83	ES = 90.83	ES = 106.33	ES = 112.17			
EF = 71.5	EF = 82.83	EF = 90.83	EF = 106.33	EF = 112.17	EF = 117.67			
LS = 62.67	LS = 71.5	LS = 82.83	LS = 90.83	LS = 106.33	LS = 112.17			
LF = 71.5	LF = 82.83	LF = 90.83	LF = 106.33	LF = 112.17	LF = 117.67			
<b>P).</b>	<b>Q).</b>	<b>R).</b>	<b>S).</b>	<b>T).</b>	<b>U).</b>			
TE = 4.67	TE = 4.67	TE = 7	TE = 11.67	TE = 16	TE = 4			
ES = 117.67	ES = 122.33	ES = 127	ES = 134	ES = 145.67	ES = 161.67			
EF = 122.33	EF = 127	EF = 134	EF = 145.67	EF = 161.67	EF = 165.67			
LS = 117.67	LS = 122.33	LS = 127	LS = 134	LS = 145.67	LS = 161.67			
LF = 122.33	LF = 127	LF = 134	LF = 145.67	LF = 161.67	LF = 165.67			

<b>V).</b>	<b>W).</b>	<b>X).</b>	<b>Y).</b>	<b>Z).</b>	<b>AA).</b>
TE = 4	TE = 4	TE = 3.5	TE = 3.5	TE = 3.5	TE = 6
ES = 161.67	ES = 165.67				
EF = 165.67	EF = 165.67	EF = 165.17	EF = 165.17	EF = 165.17	EF = 171.67
LS = 161.67	LS = 161.67	LS = 162.17	LS = 162.17	LS = 162.17	LS = 165.67
LF = 165.67	LF = 171.67				
<b>BB).</b>	<b>CC).</b>	<b>DD).</b>	<b>EE).</b>	<b>FF).</b>	<b>GG).</b>
TE = 7	TE = 7	TE = 6	TE = 7	TE = 2	TE = 5.83
ES = 171.67	ES = 178.67	ES = 185.67	ES = 191.67	ES = 198.67	ES = 200.67
EF = 178.67	EF = 185.67	EF = 191.67	EF = 198.67	EF = 200.67	EF = 206.5
LS = 171.67	LS = 178.67	LS = 185.67	LS = 191.67	LS = 198.67	LS = 200.67
LF = 178.67	LF = 185.67	LF = 191.67	LF = 198.67	LF = 200.67	LF = 206.5
<b>HH).</b>	<b>II).</b>	<b>JJ).</b>	<b>KK).</b>	<b>LL).</b>	<b>MM).</b>
TE = 5.5	TE = 7	TE = 7	TE = 3.17	TE = 5.5	TE = 6.33
ES = 206.5	ES = 212	ES = 219	ES = 219	ES = 219	ES = 226
EF = 212	EF = 219	EF = 226	EF = 222.17	EF = 224.5	EF = 232.33
LS = 206.5	LS = 212	LS = 219	LS = 222.83	LS = 220.5	LS = 226
LF = 212	LF = 219	LF = 226	LF = 226	LF = 226	LF = 232.33

**NN).**

TE = 7

ES = 232.33

EF = 239.33

LS = 232.33

LF = 239.33

**OO).**

TE = 5.83

ES = 239.33

EF = 245.17

LS = 239.33

LF = 245.17

**PP).**

TE = 6.33

ES = 245.17

EF = 251.5

LS = 245.17

LF = 251.5

**QQ).**

TE = 3.5

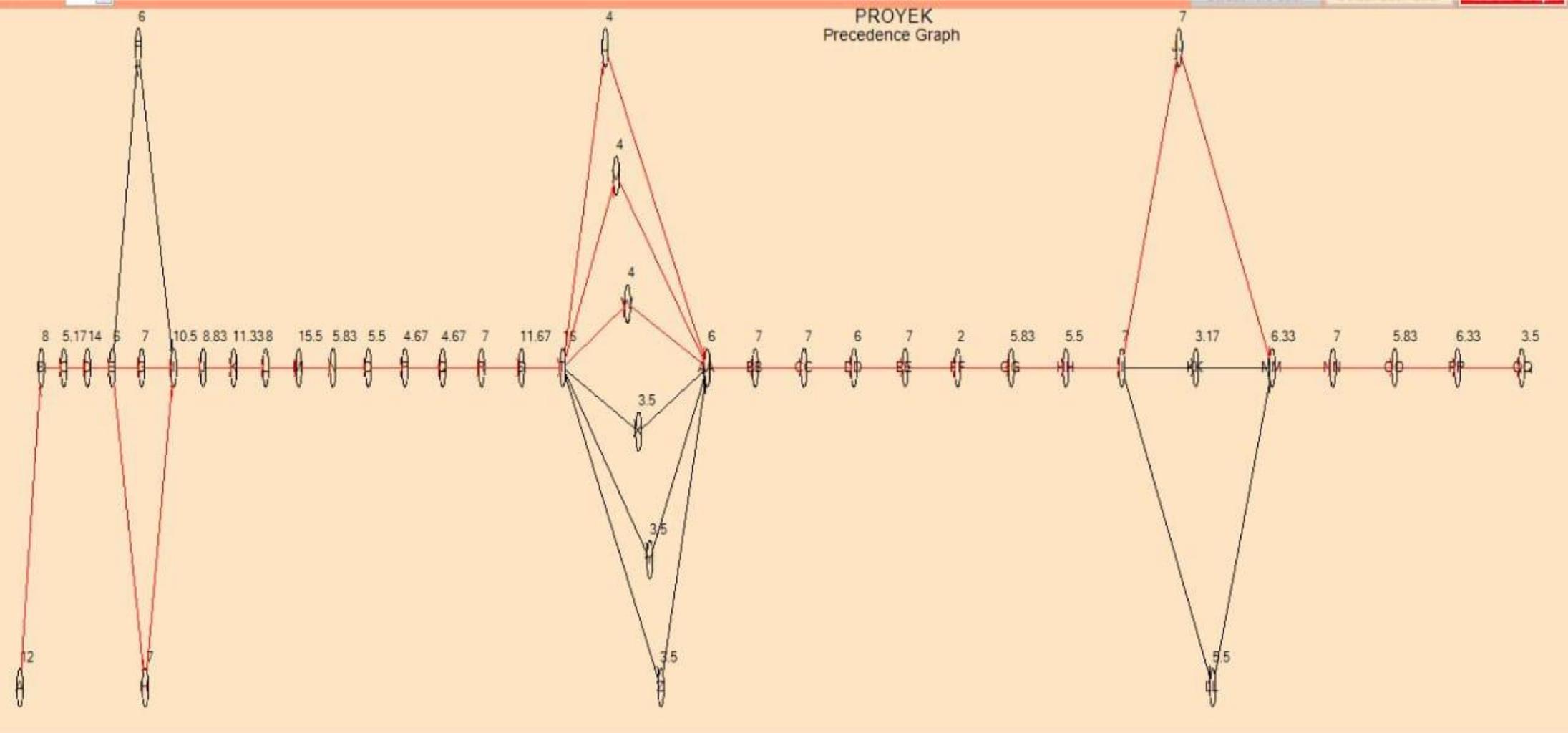
ES = 251.5

EF = 255

LS = 251.5

LF = 255

PROYEK  
Precedence Graph



Sumber: diolah (2024).

Lampiran 2. Jalur Kritis

## LAMPIRAN

Lampiran 3. Proyek apartemen *SQ Residence* Jakarta Selatan



Sumber: <https://sq.residencejakarta.co.id/> (2023)

Lampiran 4. Proses Pengerjaan Projek SQ Res





# CV. AGUNG PUTRA

## CONTRACTOR & PERDAGANGAN

Jl. Lingkungan 02 Citatah Dalam RT. 02 RW. 04 No. 63 Kel.

Ciriung Kec. Cibinong Kab. Bogor Jawa Barat 16918

Telp: 08121339198 / 081294911046

Email: [darminagungputra07@gmail.com](mailto:darminagungputra07@gmail.com)

---

### SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Darmin  
Jabatan : Directur  
Nama Perusahaan : CV. Agung Putra

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Gita Cahyani  
NPM : 021120352  
Program Studi/Konsentrasi : Manajemen Operasi  
Universitas : Universitas Pakuan  
Judul Penelitian : Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan LT.20  
Apartemen SQ *Residence* Dengan Optimasi Waktu dan  
Biaya Penyelesaian Pada Cv. Agung Putra

Nama yang bersangkutan tersebut telah melakukan riset penelitian/observasi pada penjadwalan proyek di Proyek Apartemen SQ *Residence* yang berada di Kawasan Pondok Klub Villa, RT.15/RW.04, Cilandak Barat, Jakarta Selatan sebagai lokasi penelitian. Dan pihak perusahaan telah menyatakan kesanggupan untuk menerima dilakukannya riset/observasi tersebut.

Demikian surat keterangan ini di buat dengan sebagaimana mestinya.

Bogor, 3 April 2023

CV. Agung Putra

Darmin

Directur