

---

---

## ANALISA OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA PADA PENYELESAIAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG

Santje Magdalena Iriyanto<sup>1</sup> dan Jonatan Teddy Calton<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Santje Magdalena Iriyanto, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, [santje\\_iriyanto@yahoo.com](mailto:santje_iriyanto@yahoo.com)

<sup>2</sup> Jonatan Teddy Calton, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, [elthon648@gmail.com](mailto:elthon648@gmail.com)

### ABSTRAK

Pelaksanaan suatu proyek dapat berhasil apabila sumberdaya yang digunakan secara efektif dan efisien. Terbatasnya sumberdaya yang tersedia menyebabkan keterlambatan pada durasi pekerjaan. Pelaksanaan pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Farmasi Rumah Sakit Umum Daerah Nabire di kerjakan pada tahun 2017 dengan menggunakan alokasi dana APBN dan dikerjakan oleh Kontraktor Pelaksana PT. Duta Bangun Perkasa dan Konsultan Pelaksana CV. Alfa Mega Konsultan dengan waktu pekerjaan 120 hari kalender dengan total biaya sebesar Rp. 14.987.000.000,00. Keterlambatan didalam suatu proyek dapat disebabkan oleh beberapa hal, maka dilakukan percepatan untuk mengatasi keterlambatan tersebut.

*Project Crashing* dengan metode TCTO (*Time and Cost Trade Off*) merupakan metode yang dapat digunakan untuk melakukan percepatan guna memperoleh biaya dan durasi yang optimal. *Schedule* normal dibuat *network planning*, yaitu *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk kemudian diidentifikasi *item* pekerjaan mana saja yang termasuk ke dalam jalur kritis. Jalur kritis inilah yang selanjutnya yang akan diperpendek durasinya dengan alternatif *project crashing* yang dilakukan adalah dengan penambahan jam kerja (lembur).

Dari hasil analisa, dapat diketahui durasi optimum proyek sebesar 105 hari dengan biaya total sebesar Rp.13.421.519.086,85 dibandingkan dengan waktu jadwal normal dari waktu rata-rata yang didapatkan total waktu penyelesaian proyek sebesar 124 hari dengan total biaya sebesar Rp.13.624.919.216,74. Dengan demikian, maka Proyek tersebut mempunyai efisiensi waktu selama 19 hari atau sebesar 15,323% dan efisiensi biaya sebesar Rp.203,400.129,88 atau sebesar 1,493%.

**Kata kunci :** *Optimalisasi Waktu dan Biaya, Percepatan, Project Crashing, PDM, TCTO*

### 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Nabire ini dikerjakan oleh Kontraktor Pelaksana PT. Duta Bangun Perkasa dan Konsultan Pelaksana CV. Alfa Mega Konsultan dengan waktu pekerjaan 120 hari kalender dengan total biaya sebesar Rp. 14.987.000.000,00. Pembangunan “Gedung Farmasi Rumah Sakit Umum Daerah Nabire” dibidang kesehatan menjadi prioritas utama pemerintah setempat dalam rangka menciptakan masyarakat yang sehat tentunya juga harus didukung dengan peningkatan infrastruktur yang memadai, disamping itu juga dapat menyerap banyak tenaga kerja dan dapat mengurangi angka pengangguran.

Dalam suatu kondisi pemilik proyek (owner) bisa saja menginginkan pekerjaan proyek selesai lebih awal dari rencana semula yang berdasarkan kontrak awal. Keterlambatan proyek dapat disebabkan oleh faktor eksternal misalnya faktor cuaca dan lain sebagainya, sehingga proyek memiliki perkembangan yang buruk akibatnya implementasi proyek tidak seperti yang direncanakan atau dapat dikatakan kemajuan proyek menjadi lebih lambat. Oleh karena itu maka akan diperlukan analisa terhadap waktu dan biaya dengan menggunakan analisa pertukaran waktu dan biaya TCTO (*Time and Cost Trade Off*).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa Time and Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Farmasi Rumah Sakit Umum Daerah Nabire sehingga didapatkan pengurangan durasi dan penambahan biaya yang paling optimum.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Manajemen

Manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan. Yang dimaksud dengan proses adalah mengerjakan sesuatu dengan pendekatan tenaga, keahlian, peralatan, dana dan informasi (Soeharto,1999).

### Proses Manajemen

Proses manajemen adalah seluruh tahapan dari awal penentuan sasaran atau tujuan sampai dengan akhir pencapaian sasaran atau tujuan tersebut. Dalam manajemen proyek dikenal ada 5 (lima) proses siklus manajemen, yaitu:

Perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengisian staff (*staffing*), pengarahan (*directing*), dan pengontrolan (*controlling*).

### Sarana Manajemen

Sarana manajemen yaitu alat atau sarana yang dibutuhkan untuk menggerakkan kegiatan manajemen dalam rangka mencapai suatu tujuan. Ada 5 (lima) sarana yang menunjang proses manajemen yang dikenal dengan 5 M, yaitu;

Manusia (*man*), uang (*money*), material (*materials*), mesin (*machine*), dan metode (*method*).

### Proyek

Proyek adalah lintasan-lintasan kegiatan yang dimulai pada suatu saat awal dan selesai pada suatu saat akhir, yaitu pada saat tujuan proyek tercapai. Jika pernyataan ini dianggap sebagai kerangka, maka isi dari kerangka tersebut adalah keadaan awal untuk saat awal, keadaan akhir untuk saat akhir, dan teknologi untuk (lintasan-lintasan) kegiatan.

### Sasaran Proyek dan Tiga Kendala

Dalam proses mencapai tujuan ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggaraan proyek yang sering dialokasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan diatas disebut tiga kendala (*triple constrain*) yaitu:

Anggaran, jadwal, dan mutu.

### Macam-macam Proyek

Dilihat dari komponen utama, maka proyek dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

Proyek *engeneering* – konstruksi, proyek *engeneering* – manufaktur, Proyek Penelitian dan Pengembangan, Proyek Pelayanan Manajemen, dan Proyek Kapital.

### Produktivitas

Produktivitas didefinisikan sebagai ratio antara *output* dengan *input* atau ratio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi ratio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, dan alat. Sukses dan tidaknya proyek konstruksi tergantung dari efektifitas penggunaan sumber daya.

### Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Penjadwalan atau *schedulling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-

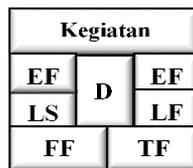
masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Husen, 2011).

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelolah waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan Penggunaan metode-metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sekaligus kinerja proyek secara keseluruhan.

### PDM (*Precedence Diagram Method*)

*Diagram precedence* merupakan penyempurnaan dari diagram panah yang mana diagram panah, pada prinsipnya hanya menggunakan satu jenis hubungan akhir - awal (*event - start relationship*). Penyusunan *precedence diagram* harus dilakukan beberapa langkah untuk menyusunnya antara lain:

- Identifikasi lingkup proyek dan menguraikannya menjadi komponen-komponen kegiatan.
- Menyusun komponen-komponen kegiatan sesuai dengan urutan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.
- Memberikan perkiraan kurun waktu masing-masing pekerjaan.
- Identifikasi jalur kritis, *float*, dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- Meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumber daya.



Gambar 1. Denah Node PDM (*Precedence Diagram Method*)

#### A. Perhitungan Maju

Syarat dan ketentuan yang berlaku untuk perhitungan maju ditujukan dalam hal-hal berikut ini :

- Menghasilkan nilai ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- Diambil nilai terbesar bila lebih dari satu kegiatan bergabung.
- Waktu awal dianggap 0 (nol).
- Perhitungan dimulai dari kiri ke kanan.

Dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$EF = ES + D \quad (1)$$

dengan EF adalah saat paling cepat kegiatan tersebut diselesaikan; ES adalah saat paling cepat kegiatan tersebut dilaksanakan; D adalah waktu untuk melaksanakan kegiatan.

#### B. Perhitungan Mundur

Syarat dan ketentuan yang berlaku untuk perhitungan mundur ditujukan dalam hal-hal berikut ini:

- Menghasilkan LS, LF dan kurun waktu *float*.
- Diambil nilai terkecil bila lebih dari satu kegiatan bergabung.
- Waktu mulai akhir menggunakan waktu akhir dari perhitungan maju.
- Perhitungan dimulai dari kanan ke kiri.

Dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$LS = LF - D \quad (2)$$

dengan LS adalah saat paling lambat kegiatan tersebut dilaksanakan; LF adalah saat paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan; D adalah waktu untuk melaksanakan kegiatan.

#### C. Perhitungan *Free Float* (FF) dan *Total Float* (TF)

Syarat dan ketentuan yang berlaku untuk perhitungan *free float* (FF) adalah Diambil angka terkecil bila lebih dari satu kegiatan bergabung.

Dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$FF = ES(j) - EF(i) \quad (3)$$

dengan FF adalah Jumlah waktu tunda atau memperpanjang waktu kegiatan tanpa mempengaruhi waktu awal kegiatan berikutnya; ES adalah saat paling cepat kegiatan tersebut diselesaikan (pekerjaan terdahulu); EF adalah saat paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan (pekerjaan sebelum).

$$TF = LF - EF \quad (4)$$

dengan TF adalah Jumlah waktu tunda atau memperpanjang waktu kegiatan tanpa mempengaruhi waktu akhir proyek; LF adalah saat paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan; EF adalah saat paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan.

### **Cara-cara Mempercepat Durasi**

Adapun cara-cara yang dilakukan untuk melakukan percepatan durasi terhadap kegiatan-kegiatan dalam proyek yaitu:

- a. Mengadakan shift pekerjaan.
- b. Menambah jam kerja atau waktu lembur.
- c. Menggunakan alat bantu yang lebih produktif.
- d. Menambah jumlah tenaga kerja.
- e. Menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya.
- f. Menggunakan metode konstruksi yang lebih cepat.

### **Pengendalian Proyek**

Umumnya pengendalian tersebut di pakai media jaringan kerja, kurva S, formulir di samping kontrak (spesifikasi teknis, gambar, dan lain-lain). Media komunikasi tersebut bermanfaat untuk memastikan tentang kondisi kemajuan proyek, masalah yang terjadi, serta keputusan dan tindakan yang di ambil oleh yang berwenang.

#### **A. Pengendalian Waktu Proyek**

Pengendalian waktu proyek dilapangan bertujuan untuk menjaga agar waktu pelaksanaan sesuai dengan rencana waktu yang telah ditentukan atau dipersiapkan sebelum proyek dimulai.

#### **B. Pengendalian Biaya Proyek**

Pengendalian biaya dalam suatu kontrak / surat perjanjian di maksudkan agar pengawas mengetahui dan mengendalikan agar biaya proyek tidak melebihi anggaran yang sudah di rencanakan. Dalam pengendalian biaya pada proyek ini terdapat 2 (dua) jenis biaya yaitu:

##### a. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya Langsung adalah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dilapangan. Biaya langsung dapat diperoleh dengan harga satuan (*unit cost*) pekerjaan tersebut. Harga satuan pekerjaan terdiri atas harga upah, upah buruh dan biaya peralatan. Biaya-biaya yang dikelompokkan dalam biaya langsung adalah sebagai berikut:

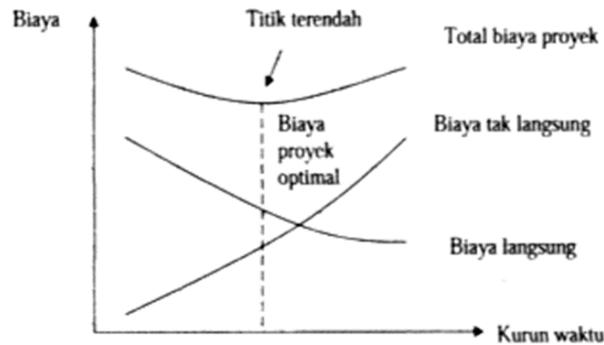
Biaya bahan atau material, biaya pekerja atau upah, dan biaya peralatan.

##### b. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang diperlukan untuk setiap kegiatan proyek tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan dan dihitung pada awal proyek sampai akhir proyek konstruksi yang terdiri: Biaya *overhead*, biaya tidak terduga, dan keuntungan.

### **Hubungan Waktu dan Biaya**

Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan. Biaya total proyek adalah penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung yang dikeluarkan proyek tersebut. Besarnya biaya total sangat tergantung oleh lamanya waktu pelaksanaan proyek. Keduanya akan berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek walaupun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, akan tetapi umumnya semakin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1999).



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung dengan waktu

Berikut ini perumusan untuk *cost slope* :

$$\text{Cost Slope} = \frac{CC-NC}{ND-CD} \quad (5)$$

dengan *cost slope* adalah perbandingan antara pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek; CC adalah biaya dipercepat; NC adalah biaya normal; ND adalah waktu normal; CD adalah waktu dipercepat.

#### **Analisa Pertukaran Biaya dan Waktu (*Time and Cost Trade Off*)**

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktifitas, diusahakan agar pertambahan biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktifitas-aktifitas yang ada pada lintasan kritis. Tujuannya adalah memanfaatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek, pengurangan durasi proyek dilakukan dengan memilih aktivitas tertentu.

Menurut (Soeharto, 1999), prosedur mempersingkat waktu diuraikan sebagai berikut:

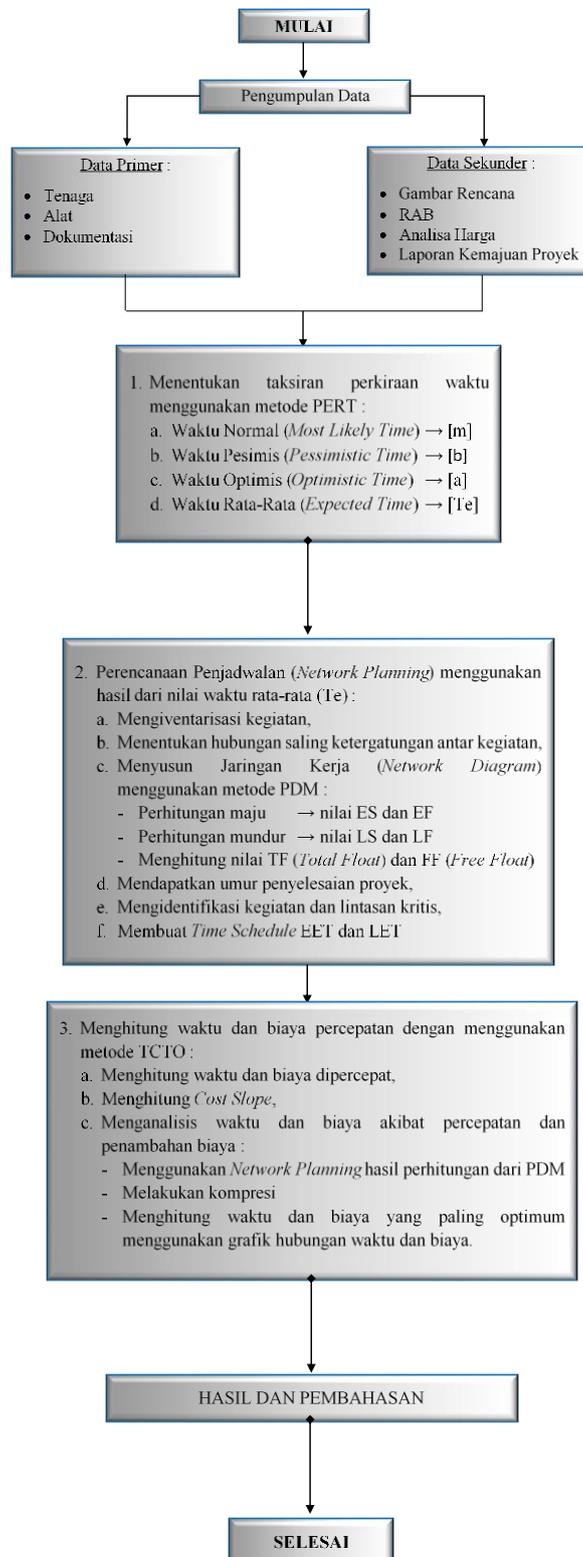
- Penyusunan jaringan kerja proyek dengan menuliskan *cost slope* dari masing-masing kegiatan.
- Kompresi pada aktifitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope* terendah dengan menggunakan konstrain *finish to start* secara manual.
- Penyusunan kembali jaringan kerja proyek.
- Mengulangi langkah kedua, langkah kedua akan berhenti bila terjadi pertambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan dengan serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slope* nya dijumlahkan.
- Menghentikan langkah kompresi bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin ditekan lagi) sehingga pengendalian biaya telah optimal.

Dalam mempercepat penyelesaian proyek perlu mengupayakan agar penambahan biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Pengendalian biaya yang dilakukan adalah biaya langsung, karena biaya inilah yang akan bertambah apabila dilakukan pengurangan durasi.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Langkah Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3. sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Perencanaan Biaya Proyek

Perencanaan biaya adalah suatu bangunan atau proyek yang diperhitungkan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek yang sedang berlangsung. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

##### Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya adalah suatu proses atau kegiatan yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek akan dapat diselesaikan dalam suatu anggaran dan juga, dalam menghitung rencana anggaran biaya harus memastikan daftar analisa harga satuan dan upah kerja yang dipakai.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB)

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA GEDUNG FARMASI		
No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah Biaya
1.	Pekerjaan Persiapan	Rp 310.577.724,36
2.	Pekerjaan Tanah dan Pondasi	Rp 144.312.547,66
3.	Pekerjaan Struktur dan Beton	Rp 5.485.729.986,90
4.	Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	Rp 1.095.804.282,96
5.	Pekerjaan Kusen dan Panil	Rp 367.095.348,62
6.	Pekerjaan Kuda-Kuda Atap dan Rangka Baja	Rp 1.520.570.154,53
7.	Pekerjaan Plafond	Rp 519.403.044,44
8.	Pekerjaan Interior dan Eksterior	Rp 1.109.047.843,17
9.	Pekerjaan Granit dan Batu Alam	Rp 974.189.070,68
10.	Pekerjaan Kunci dan Asesoris	Rp 76.451.477,07
11.	Pekerjaan Plumbing dan Sanitair	Rp 154.110.237,70
12.	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	Rp 154.180.020,50
13.	Pekerjaan Pengecatan	Rp 454.731.103,89
14.	Pekerjaan Pemasangan AC	Rp 498.709.818,88
15.	Pekerjaan Pemasangan Paving Stone	Rp 700.006.555,38
16.	Pekerjaan Akhir / Finishing	Rp 60.000.000,00
	<b>REAL COST .....</b>	<b>Rp 13.624.919.216,74</b>
	<b>PPN 10% .....</b>	<b>Rp 1.362.491.921,67</b>
	<b>TOTAL JUMLAH .....</b>	<b>Rp 14.987.411.138,41</b>
	<b>DIBULATKAN .....</b>	<b>Rp 14.987.000.000,00</b>
<b>TERBILANG : EMPAT BELAS DELAPAN RATUS TUJUH BELAS JUTA RUPIAH</b>		

(Sumber: Data Sekunder, 2017)

##### Perencanaan Waktu Proyek Menggunakan Metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

Perhitungan waktu proyek menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dilakukan dengan menentukan 3 (tiga) perkiraan waktu, yaitu:

- Perhitungan waktu normal (*most likely time*) [m]  
Dalam perhitungan waktu normal menggunakan asumsi waktu kerja efektif 8 jam kerja per hari yang dimulai dari jam 08.00 sampai dengan jam 17.00, (1 jam digunakan untuk istirahat).
- Perhitungan waktu pesimis (*pessimistic time*) [b]  
Dalam perhitungan waktu pesimis digunakan asumsi pengurangan tenaga kerja yang terjadi dilapangan sebesar 25%.

c. Perhitungan waktu optimis (*optimistic time*) [a]

Dalam perhitungan waktu optimis digunakan asumsi penambahan waktu jam kerja sebesar 4 jam kerja [dimulai dari jam 20.00 sampai dengan jam 24.00] dengan koefisien 85% merupakan asumsi penurunan produktivitas tenaga kerja akibat tambahan jam kerja lembur.

Dari ketiga waktu perkiraan diatas selanjutnya digunakan untuk menghitung waktu rata-rata ( $T_e$ ), rumus yang digunakan untuk menghitung nilai waktu rata-rata ( $T_e$ ) adalah sebagai berikut:

$$T_e = ((a + (4m) + b)/6)$$

Berikut ini adalah salah satu contoh menghitung nilai waktu rata-rata ( $T_e$ ) dari pekerjaan persiapan.

Diketahui: waktu normal [m] = 14 hari ; waktu pesimis [b] = 18 hari ; waktu optimis [a] = 11 hari.

$$T_e = ((11 + (4 \times 14) + 18)/6) = 14,167 \approx \text{diambil } \mathbf{14 \text{ hari}}$$

**Tabel 2.** Perhitungan Nilai Waktu Rata-Rata ( $T_e$ )

No.	Item Pekerjaan	Waktu Normal	Waktu Pesimis	Waktu Optimis	Waktu Rata - Rata ( $T_e$ )	
		( m ) ( hari )	( b ) ( hari )	( a ) ( hari )	$T_e = ( \frac{(a+(4xm)+b)}{6} )$	Rata - Rata Diambil
1.	Pekerjaan Persiapan	14	17	11	14,000	14
2.	Pekerjaan Tanah dan Pondasi	10	13	8	10,167	10
3.	Pekerjaan Struktur dan Beton	40	48	31	39,833	40
4.	Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	33	43	23	33,000	32
5.	Pekerjaan Kusen dan Panil	12	15	10	12,167	12
6.	Pekerjaan Kuda-Kuda Atap dan Rangka Baja	24	29	19	24,000	24
7.	Pekerjaan Plafond	9	13	6	9,167	9
8.	Pekerjaan Interior dan Eksterior	19	25	13	19,000	19
9.	Pekerjaan Granit dan Batu Alam	14	18	11	14,167	14
10.	Pekerjaan Kunci dan Asesoris	13	15	12	13,167	14
11.	Pekerjaan Plumbing dan Sanitair	18	21	18	18,500	19
12.	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrical	10	12	10	10,333	11
13.	Pekerjaan Pengecatan	10	13	8	10,167	10
14.	Pekerjaan Pemasangan AC	3	5	3	3,333	3
15.	Pekerjaan Pemasangan Paving Stone	16	21	11	16,000	16
16.	Pekerjaan Akhir / Finishing	5	5	5	5,000	5
<b>TOTAL</b>		<b>250</b>	<b>313</b>	<b>199</b>	<b>-</b>	<b>252</b>

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

### Perencanaan Penjadwalan Proyek (*Network Planning*)

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam penyusunan *network planning*.

**Tabel 3.** Daftar Kegiatan-Kegiatan Proyek

No.	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan
1.	Pekerjaan Persiapan	A
2.	Pekerjaan Tanah dan Pondasi	B
3.	Pekerjaan Struktur dan Beton	C
4.	Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	D
5.	Pekerjaan Kusen dan Panil	E
6.	Pekerjaan Kuda-Kuda Atap dan Rangka Baja	F
7.	Pekerjaan Plafond	G
8.	Pekerjaan Interior dan Eksterior	H
9.	Pekerjaan Granit dan Batu Alam	I
10.	Pekerjaan Kunci dan Asesoris	J
11.	Pekerjaan Plumbing dan Sanitair	K
12.	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	L
13.	Pekerjaan Pengecatan	M
14.	Pekerjaan Pemasangan AC	N
15.	Pekerjaan Pemasangan Paving Stone	O
16.	Pekerjaan Akhir / Finishing	P

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

### Menentukan Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan

Hubungan saling ketergantungan adalah sesuatu yang sangat diperlukan dalam suatu perencanaan proyek atau kegiatan, dengan adanya ketergantungan dapat dilihat item pekerjaan yang saling mendahului. Dalam ketergantungan pekerjaan, penulis menggunakan perhitungan waktu rata-rata ( $T_e$ ) untuk menghitung waktu.

Untuk menyakinkan hubungan urutan yang benar dan logis, maka penulis menggunakan daftar logika pertanyaan diantaranya yaitu sebagai berikut:

- Kegiatan apa yang harus selesai terlebih dahulu sebelum kegiatan tersebut dilakukan?
- Kegiatan apa yang harus mengikuti kegiatan-kegiatan tersebut?
- Kegiatan apa yang harus dikerjakan secara bersamaan?

Contoh hubungan antar kegiatan dengan menggunakan *konstrain* FS (*Finish to Start*), dan SS (*Start to Start*):

a. Pekerjaan Tanah dan Pondasi [2]

Kegiatan sebelum (*predecessor*): 1FS-9 hari

Pekerjaan Persiapan memiliki konstrain FS (*Finish to Start dan lag time = 9 hari*), yang berarti Pekerjaan Tanah Dan Pondasi [2] baru dapat dilakukan setelah beberapa Pekerjaan Persiapan [1] dikerjakan tanpa harus menunggu Pekerjaan Persiapan selesai.

b. Pekerjaan Plafond [7]

Kegiatan sebelum (*predecessor*): 6SS

Pekerjaan Plafond memiliki konstrain SS (*Start to Start*), yang berarti Pekerjaan Plafond [7] dapat dimulai bersamaan dengan Pekerjaan Kuda-Kuda dan Rangka Baja [6] tanpa harus saling menunggu pekerjaan selesai.

Untuk saling ketergantungan antar kegiatan atau pekerjaan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan

No.	Kode	Jumlah Biaya ( Rp. )	Bobot ( % )	Durasi ( hari )	Predecessor	Konstrain	Lag ( hari )
1.	A	Rp 310.577.724,36	2,380	14	-	-	-
2.	B	Rp 144.312.547,66	1,106	10	A(FS-9)	FS	9
3.	C	Rp 5.485.729.986,90	42,037	40	B(FS)	FS	0
4.	D	Rp 1.095.804.282,96	8,397	32	C(FS)	FS	0
5.	E	Rp 367.095.348,62	2,813	12	D(FS-16)	FS	16
6.	F	Rp 1.520.570.154,53	11,652	24	D(FS)	FS	0
7.	G	Rp 519.403.044,44	3,980	9	F(SS)	SS	0
8.	H	Rp 1.109.047.843,17	8,499	19	D(FS)	FS	0
					F(FS-22)	FS	22
9.	I	Rp 974.189.070,68	7,465	14	H(FS-9)	FS	9
11.	K	Rp 154.110.237,70	1,181	19	I(SS)	SS	0
12.	L	Rp 154.180.020,50	1,181	11	G(FS-6)	FS	6
13.	M	Rp 454.731.103,89	3,485	10	F(FS)	FS	0
					I(FS-9)	FS	9
					M(FS)	FS	0
15.	O	Rp 700.006.555,38	5,364	16	M(SS)	SS	0
16.	P	Rp 60.000.000,00	0,460	5	K(FS)	FS	0
					O(FS-1)	FS	1
<b>JUMLAH</b>		<b>Rp 13.049.757.920,79</b>	<b>100%</b>	<b>235</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

Keterangan: FS = Finish to Start; SS = Start to Start

#### Penyusunan Jaringan Kerja (*Network Diagram*) Menggunakan Diagram Jaringan PDM (*Precedence Diagram Method*)

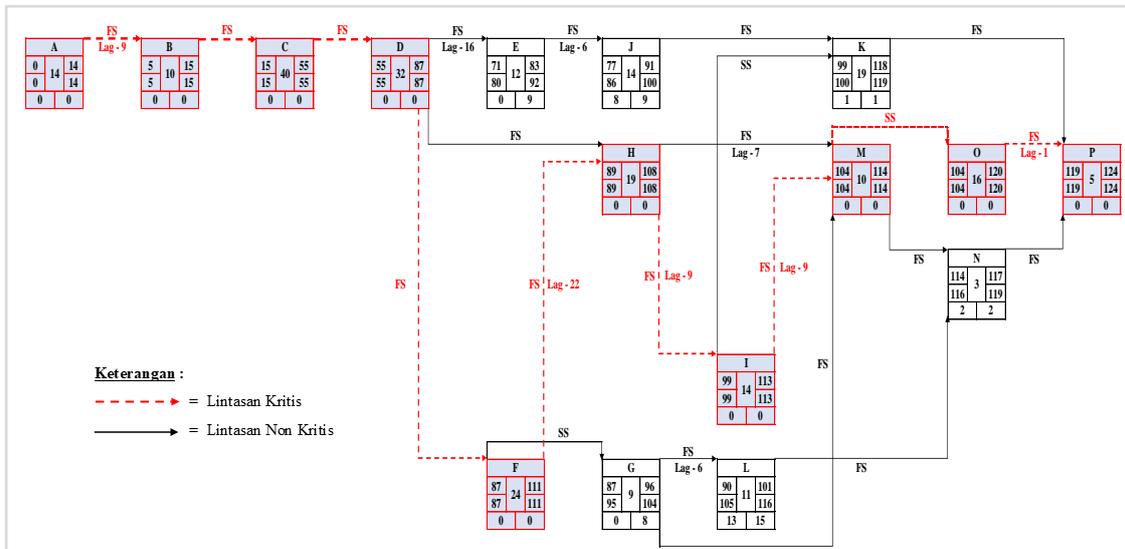
*Precedence Diagram Method* (PDM) adalah jaringan kerja yang termasuk klarifikasi AON (*Activity on Node*). Disini kegiatan dituliskan didalam *node* yang pada umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan.

Kegiatan dan peristiwa pada PDM ditulis dalam *node* segi empat. Dalam PDM kotak tersebut menandai suatu kegiatan, dengan demikian harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya.

Adapun peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan, setiap *node* mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Ruangan dalam *node* dibagi menjadi kompartemen-kompartemen kecil yang berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut.

Berikut ini adalah bentuk diagram jaringan *precedence diagram method* (PDM) dengan menggunakan waktu rata-rata atau waktu yang diharapkan (*Te*).

Perencanaan Waktu Pekerjaan Menggunakan Jaringan PDM



Gambar 4. Diagram Jaringan PDM Dengan Menggunakan Waktu Rata-Rata (Te)

Mengidentifikasi Kegiatan dan Lintasan Kritis (*Critical Path*)

Untuk mengidentifikasi kegiatan dan lintasan kritis (*critical path*) pada diagram jaringan PDM mempunyai sifat yang sama, dapat dilihat seperti berikut ini:

- Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama ( $ES = LS$ ).
- Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ( $EF = LF$ ).
- Nilai pada *Free Float* (FF) dan *Total Float* (TF) harus sama dengan nol ( $FF = TF = 0$ ).
- Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ( $LF - ES = D$ ).

Untuk lebih lengkapnya hasil kegiatan dan lintasan kritis (*critical path*) dapat dilihat pada tabel 5. berikut ini.

Tabel 5. Mengidentifikasi Kegiatan dan Lintasan Kritis (*Critical Path*)

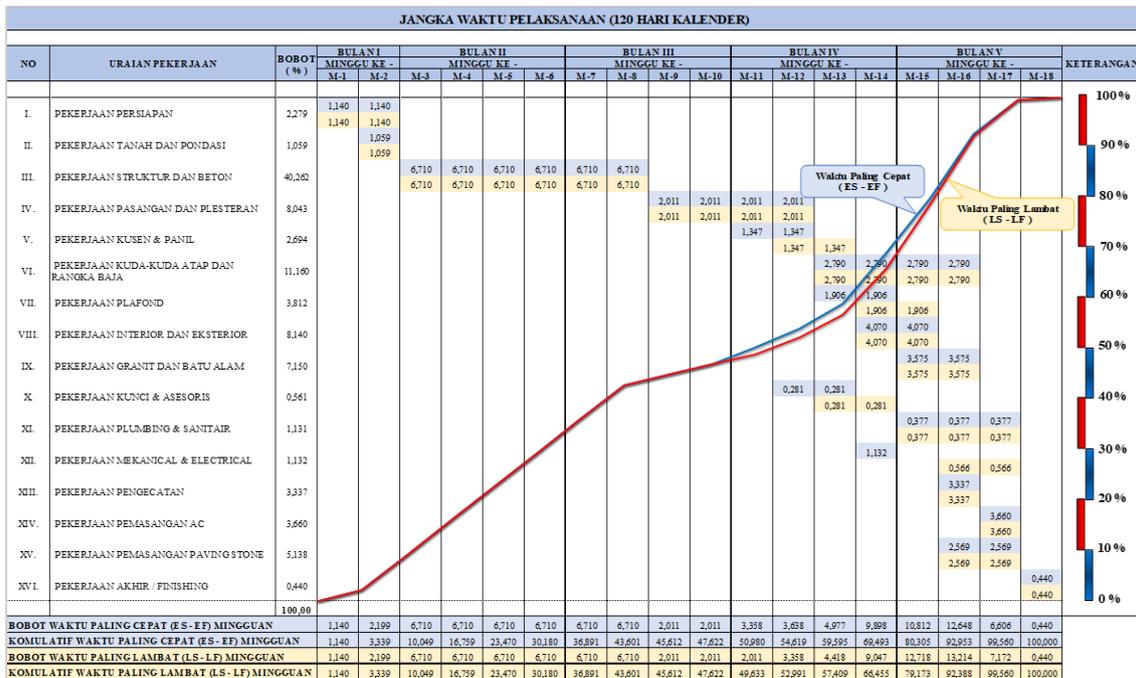
Kode Kegiatan	Waktu (hari)	ES (hari)	EF (hari)	LS (hari)	LF (hari)	FF (hari)	TF (hari)	Keterangan
A	14	0	14	0	14	0	0	Kritis
B	10	5	15	5	15	0	0	Kritis
C	40	15	55	15	55	0	0	Kritis
D	32	55	87	55	87	0	0	Kritis
E	12	71	83	80	92	0	9	Non Kritis
F	24	87	111	87	111	0	0	Kritis
G	9	87	96	95	104	0	8	Non Kritis
H	19	89	108	89	108	0	0	Kritis
I	14	99	113	99	113	0	0	Kritis
J	14	77	91	86	100	8	9	Non Kritis
K	19	99	118	100	119	1	1	Non Kritis
L	11	90	101	105	116	13	15	Non Kritis
M	10	104	114	104	114	0	0	Kritis
N	3	114	117	116	119	2	2	Non Kritis
O	16	104	120	104	120	0	0	Kritis
P	5	119	124	119	124	0	0	Kritis

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

Berdasarkan hasil analisis dari kegiatan dan lintasan kritis yang telah didapatkan pada tabel 5. diatas, dapat dilihat yang menjadi kegiatan kritis yaitu yang kotaknya diberi tanda warna merah. berikut yang menjadi kegiatan kritis adalah kegiatan **A-B-C-D-F-H-I-M-O-P** dengan umur penyelesaian proyek didapatkan sebesar 124 hari atau 18 minggu.

**Time Schedule Waktu Paling Cepat (EET) dan Waktu Paling Lambat (LET)**

Time schedule adalah sebuah grafik yang menunjukkan awal mulai dengan sampai akhir kegiatan, time schedule dapat menunjukan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang di presentasikan sebagai presentase komulatif dari seluruh kegiatan proyek.



Keterangan: garis warna biru adalah (EET) ; garis warna merah adalah (LET)

Gambar 5. Time Schedule Waktu Paling Cepat (EET) dan Waktu Paling Lambat (LET)

**Optimasi Waktu dan Biaya Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode TCTO (Time and Cost Trade Off)**

Optimasi waktu dan biaya dilakukan dengan melakukan percepatan pada pekerjaan. Perhitungan waktu dan biaya dipercepat adalah merencanakan waktu penyelesaian lebih cepat dari waktu normal dan dalam percepatan waktu akan berdampak pada biaya atau pembengkakan biaya.

Waktu dan biaya dipercepat

Apabila dilakukan kerja lembur akan terjadi penurunan produktivitas yaitu sebagai berikut:

- Volume Harian = Volume / Durasi Normal
- Volume Perjam = Volume Harian / 8 Jam
- Produktivitas Kerja Lembur :  
= Volume Perjam × 0,85 × Tambahan Jam Lembur

85% merupakan asumsi penurunan produktivitas tenaga kerja akibat tambahan jam kerja lembur.

**Perhitungan Waktu dan Biaya Dipercepat**

Sumber daya manusia merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh besar terhadap progres suatu pekerjaan atau kegiatan proyek. berikut ini adalah contoh perhitungan waktu dan biaya dipercepat dengan asumsi penambahan jam kerja lembur selama 4 jam kerja yaitu dari jam 20.00 sampai dengan jam 24.00.

Jenis kegiatan yang dipercepat dalam proyek ini adalah pekerjaan yang berada pada jalur kritis yang waktunya relatif lama. Berikut ini adalah salah satu contoh waktu dan biaya dipercepat dari pekerjaan persiapan.

## a. Pekerjaan Persiapan

- Pekerjaan Pagar Sementara Keliling Pengaman Proyek  
Diketahui: waktu normal adalah 5 hari; biaya normal adalah Rp. 153.210.015,00 ; volume pekerjaan adalah 270 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{Volume normal/hari} &= \text{volume pekerjaan} / \text{waktu normal} \\ &= 270 \text{ m}^3 / 5 \text{ hari} = 54,00 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume normal/jam} &= \text{volume normal per hari} / 8 \text{ jam kerja} \\ &= 54,00 \text{ m}^3 / 8 \text{ jam kerja} = 6,75 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

**(Tambahan 4 Jam Waktu Lembur) → (dari jam 20.00 s/d jam 24.00 )**

$$\begin{aligned}\text{Volume Lembur/hari} &= \text{volume normal/jam} \times 0,85 \times 4 \text{ jam lembur} \\ &= 6,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,85 \times 4 \text{ jam} = 22,95 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Volume/hari} &= \text{volume normal/hari} + \text{volume lembur/hari} \\ &= 54,00 \text{ m}^3/\text{hari} + 22,95 \text{ m}^3/\text{hari} = 76,95 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu Dipercepat} &= \text{volume pekerjaan} / \text{total volume per hari} \\ &= 270 \text{ m}^3 / 76,95 \text{ m}^3 \text{ per hari} \\ &= 4 \text{ hari (dari waktu normal 5 hari)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Normal/hari} &= \text{biaya normal} / \text{waktu normal} \\ &= \text{Rp. } 153.210.015,00 / 5 \text{ hari} = \text{Rp. } 30.642.003,00 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Normal/jam} &= \text{biaya normal per hari} / 8 \text{ jam kerja} \\ &= \text{Rp. } 30.642.003,00 \text{ per hari} = \text{Rp. } 3.830.250,38 / \text{jam}\end{aligned}$$

**(Tambahan Biaya 4 Jam Lembur) → (dari jam 20.00 s/d 24.00)**

Biaya Tenaga terdiri dari:

Pekerja	= Rp. 16.375,00/jam	= Rp. 131.000,00/hari
Tukang	= Rp. 23.500,00/jam	= Rp. 188.000,00/hari
Kepala Tukang	= Rp. 25.000,00/jam	= Rp. 200.000,00/hari
Mandor	= <u>Rp. 27.125,00/jam</u>	= <u>Rp. 217.000,00/hari</u>
	Rp. 92.000,00/jam	Rp. 736.000,00/hari

$$\begin{aligned}\text{Biaya Lembur/hari} &= \text{biaya tenaga/jam} \times 1,2 \times 4 \text{ Jam Lembur} \\ &= \text{Rp. } 92.000/\text{jam} \times 1,2 \times 4 \text{ jam} = \text{Rp. } 441.600,00 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya/hari} &= \text{biaya normal/hari} + \text{biaya lembur/hari} \\ &= \text{Rp. } 30.642.003,00/\text{hari} + \text{Rp. } 441.600,00/\text{hari} \\ &= \text{Rp. } 31.083.603,00 / \text{hari}\end{aligned}$$

Biaya Dipercepat ;

$$\begin{aligned}&= \text{biaya normal} + (\text{waktu dipercepat} \times \text{Biaya lembur/hari}) - (\text{pengurangan hari} \\ &\quad \times \text{biaya tenaga/hari}) \\ &= \text{Rp. } 153.210.015,00 + (4 \text{ hari} \times \text{Rp. } 441.600,00 / \text{hari}) - (1 \text{ hari} \times \text{Rp. } 736.000,00) \\ &= \text{Rp. } 154.240.415,00\end{aligned}$$

Untuk lebih lengkapnya perhitungan waktu dan biaya dipercepat dengan asumsi penambahan jam kerja lembur dapat dilihat pada tabel 6. berikut ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Waktu dan Biaya Dipercepat

No.	Kode Kegiatan	Biaya (Rp.)				Durasi (hari)	
		Normal		Dipercepat		Normal	Dipercepat
1.	A	Rp	310.577.724,36	Rp	311.677.724,36	14	12
2.	B	Rp	144.312.547,66	Rp	144.711.916,08	10	8
3.	C	Rp	5.485.729.986,90	Rp	5.486.171.586,90	40	37
4.	D	Rp	1.095.804.282,96	Rp	1.097.570.682,96	32	29
5.	E	Rp	367.095.348,62	Rp	367.095.348,62	12	12
6.	F	Rp	1.520.570.154,53	Rp	1.521.894.954,53	24	21
7.	G	Rp	519.403.044,44	Rp	519.403.044,44	9	9
8.	H	Rp	1.109.047.843,17	Rp	1.110.519.843,17	19	15
9.	I	Rp	974.189.070,68	Rp	974.925.070,68	14	12
10.	J	Rp	76.451.477,07	Rp	76.451.477,07	13	13
11.	K	Rp	154.110.237,70	Rp	154.110.237,70	18	18
12.	L	Rp	154.180.020,50	Rp	154.180.020,50	10	10
13.	M	Rp	454.731.103,89	Rp	455.908.703,89	10	8
14.	N	Rp	498.709.818,88	Rp	498.709.818,88	3	3
15.	O	Rp	700.006.555,38	Rp	701.331.355,38	16	13
16.	P	Rp	60.000.000,00	Rp	60.213.684,21	5	4
<b>TOTAL</b>		<b>Rp</b>	<b>13.624.919.216,74</b>	<b>Rp</b>	<b>13.634.875.469,37</b>	<b>249</b>	<b>224</b>

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

Keterangan : Kolom yang berwarna merah adalah kegiatan kritis.

### Biaya Langsung (*Direct Cost*) dan Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya langsung didapatkan dari biaya total dikali dengan 90% atau 0,90 sedangkan biaya tidak langsung merupakan 10% dari biaya total atau 0,10. Berikut ini adalah tabel rekapitulasi perhitungan biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Tabel 7. Perhitungan Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

No.	Kode Kegiatan	Biaya (Rp.)					
		Normal		Langsung	Tidak Langsung		
1.	A	Rp	310.577.724,36	Rp	279.519.951,92	Rp	31.057.772,44
2.	B	Rp	144.312.547,66	Rp	129.881.292,90	Rp	14.431.254,77
3.	C	Rp	5.485.729.986,90	Rp	4.937.156.988,21	Rp	548.572.998,69
4.	D	Rp	1.095.804.282,96	Rp	986.223.854,67	Rp	109.580.428,30
5.	E	Rp	367.095.348,62	Rp	330.385.813,76	Rp	36.709.534,86
6.	F	Rp	1.520.570.154,53	Rp	1.368.513.139,08	Rp	152.057.015,45
7.	G	Rp	519.403.044,44	Rp	467.462.739,99	Rp	51.940.304,44
8.	H	Rp	1.109.047.843,17	Rp	998.143.058,85	Rp	110.904.784,32
9.	I	Rp	974.189.070,68	Rp	876.770.163,62	Rp	97.418.907,07
10.	J	Rp	76.451.477,07	Rp	68.806.329,36	Rp	7.645.147,71
11.	K	Rp	154.110.237,70	Rp	138.699.213,93	Rp	15.411.023,77
12.	L	Rp	154.180.020,50	Rp	138.762.018,45	Rp	15.418.002,05
13.	M	Rp	454.731.103,89	Rp	409.257.993,50	Rp	45.473.110,39
14.	N	Rp	498.709.818,88	Rp	448.838.836,99	Rp	49.870.981,89
15.	O	Rp	700.006.555,38	Rp	630.005.899,84	Rp	70.000.655,54
16.	P	Rp	60.000.000,00	Rp	54.000.000,00	Rp	6.000.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>Rp</b>	<b>13.624.919.216,74</b>	<b>Rp</b>	<b>12.262.427.295,06</b>	<b>Rp</b>	<b>1.362.491.921,67</b>

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

**Perhitungan Cost Slope**

Contoh perhitungan *cost slope* dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur pada pekerjaan persiapan yaitu sebagai berikut:

Pekerjaan Persiapan [A]

Diketahui: ND adalah 14 hari; NC adalah Rp. 310.577.724,36 ; CD adalah 12 hari ; CC adalah Rp. 311.677.724,36

$$\text{Cost Slope} = ((\text{CC} - \text{NC}) / (\text{ND} - \text{CD}))$$

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp. 311.677.724,36} - \text{Rp. 310.577.724,36}}{14 \text{ hari} - 12 \text{ hari}} = \text{Rp. 550.000,00}$$

Dari perhitungan diatas, maka hasil perhitungan *cost slope* dari semua kegiatan proyek dapat dilihat pada tabel 8. berikut ini.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Perhitungan *Cost Slope*

No.	Kode Kegiatan	Waktu Normal		Waktu Dipercepat ( <i>Crash</i> )		<i>Cost Slope</i>
		Hari (a)	Biaya (b)	Hari (c)	Biaya (d)	
1.	A	14	Rp 310.577.724,36	12	Rp 311.677.724,36	Rp 550.000,00
2.	B	10	Rp 144.312.547,66	10	Rp 144.312.547,66	Rp -
3.	C	40	Rp 5.485.729.986,90	36	Rp 5.486.760.380,50	Rp 257.598,40
4.	D	33	Rp 1.095.804.282,96	26	Rp 1.096.834.682,96	Rp 147.200,00
5.	E	12	Rp 367.095.348,62	12	Rp 367.095.348,62	Rp -
6.	F	24	Rp 1.520.570.154,53	22	Rp 1.521.306.154,53	Rp 368.000,00
7.	G	9	Rp 519.403.044,44	9	Rp 519.403.044,44	Rp -
8.	H	19	Rp 1.109.047.843,17	15	Rp 1.110.519.843,17	Rp 368.000,00
9.	I	14	Rp 974.189.070,68	14	Rp 974.189.070,68	Rp -
10.	J	13	Rp 76.451.477,07	13	Rp 76.451.477,07	Rp -
11.	K	18	Rp 154.110.237,70	18	Rp 154.110.237,70	Rp -
12.	L	10	Rp 154.180.020,50	10	Rp 154.180.020,50	Rp -
13.	M	10	Rp 454.731.103,89	10	Rp 454.731.103,89	Rp -
14.	N	3	Rp 498.709.818,88	3	Rp 498.709.818,88	Rp -
15.	O	16	Rp 700.006.555,38	16	Rp 700.006.555,38	Rp -
16.	P	5	Rp 60.000.000,00	5	Rp 60.000.000,00	Rp -
<b>TOTAL</b>		<b>250</b>	<b>Rp 13.624.919.216,74</b>	<b>231</b>	<b>Rp 13.630.288.010,34</b>	<b>Rp 1.690.798,40</b>

Sumber: Hasil Analisis Data, 2019

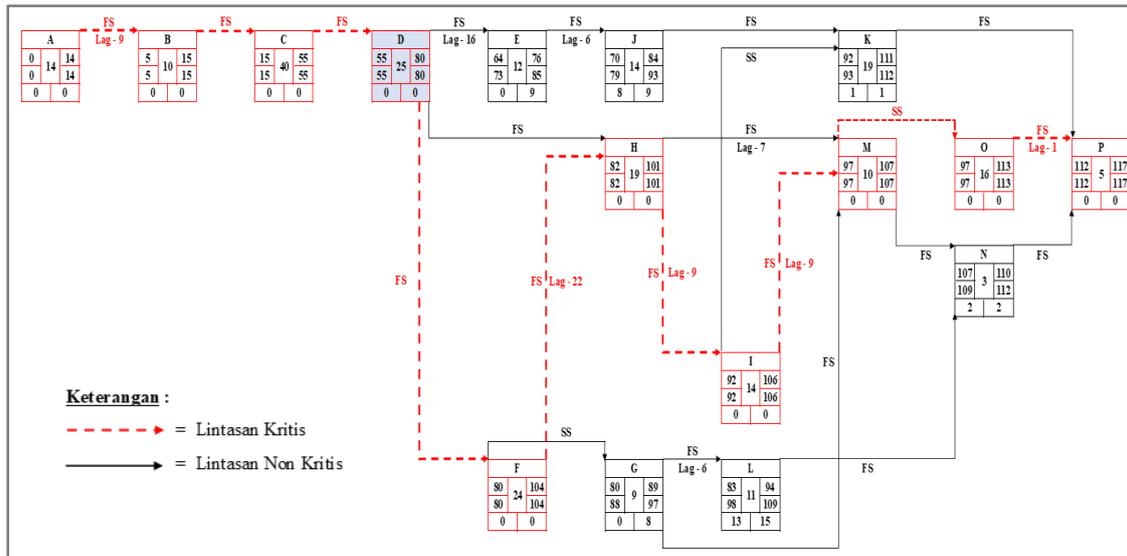
Keterangan : Kolom yang berwarna merah adalah kegiatan yang mendapatkan *cost slope*.

**Analisa Waktu dan Biaya Akibat Percepatan dan Penambahan Biaya Dengan Menggunakan Metode TCTO (*Time and Cost Trade Off*)**

TCTO (*Time and Cost Trade Off*) 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 atau lintasan kritis. TCTO (*Time and Cost Trade Off*) merupakan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan. Tujuannya yaitu untuk memanfaatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek.

Kemudian pada tahap selanjutnya dalam mempersingkat kurun waktu dan biaya Proyek Pembangunan Gedung Farmasi dilihat dari *cost slope* terkecil yang berada pada jalur kritis dengan menggunakan diagram jaringan PDM (*Precedence Diagram Method*).

**Crash 1 [Kegiatan D]**



**Gambar 6.** Crash 1 [Kegiatan D]

**Tabel 9.** Crash 1 [Kegiatan D]

No.	Kode	Waktu Crash (hari)	Cost Slope/hari (Rp.)	Total Waktu (hari)	Biaya ( Rp. )		
					Langsung	Tidak Langsung	Total Biaya
				124	12.262.427.295	1.362.491.922	13.624.919.217
Crash 1	D	7	147.200	117	12.263.457.695	1.285.577.055	13.549.034.750
Crash 2	C	4	257.598	113	12.264.488.089	1.241.625.703	13.506.113.791
Crash 3	F	2	368.000	111	12.265.224.089	1.219.650.027	13.484.874.115
Crash 4	H	4	368.000	107	12.266.696.089	1.175.698.674	13.442.394.763
Crash 5	A	2	550.000	105	12.267.796.089	1.153.722.998	13.421.519.087

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

**Crash 1 Pekerjaan Pasangan dan Plesteran [D]**

Pekerjaan ini mempunyai hubungan ketergantungan *finish to start* pada Pekerjaan Struktur dan Beton [C].

Total Waktu = 117 hari

Biaya Langsung = Rp. 12.263.457.695,06

Biaya Tidak Langsung = Rp. 1.285.577.055,13

Kegiatan [D] di *crash* dari 33 hari menjadi 26 hari [7 hari], sehingga pekerjaan terselesaikan menjadi 117 hari.

Penambahan Biaya Langsung:

= Rp. 12.262.427.295,06 + (7 hari x Rp. 147.200,00 (cost slope))

= Rp. 12.263.457.695,06

Pengurangan Biaya Tidak Langsung:

= Rp. 1.362.491.921,67 – (7 hari x Rp. 10.987.838,08/hari) = Rp. 1.285.577.055,13

Total Biaya:

= Rp. 12.263.457.695,06 + Rp. 1.285.577.055,13 = Rp. 13.549.034.750,19

Dengan Kegiatan Kritis = A – B – C – D – F – H – I – M – O – P

**Tabel 10.** Rekapitulasi Hasil Analisa TCTO (*Time and Cost Trade Off*)

Kode	Cost Slope (Rp.)	Waktu Rata-Rata (Te) (hari)	Project Crashing ( hari )				
			Crash 1 [Keg. D]	Crash 2 [Keg. C]	Crash 3 [Keg. F]	Crash 4 [Keg. H]	Crash 5 [Keg. A]
A	550.000						2
C	257.598			4			
D	147.200		7				
F	368.000				2		
H	368.000					4	
<b>Durasi Proyek (hari)</b>		124	117	113	111	107	<b>105</b>
<b>Biaya Langsung (Rp.)</b>	12.262.427.295	12.263.457.695	12.264.488.089	12.265.224.089	12.266.696.089	12.267.796.089	
<b>Biaya Tidak Langsung (Rp.)</b>	1.362.491.922	1.285.577.055	1.241.625.703	1.219.650.027	1.175.698.674	1.153.722.998	
<b>Total Project Cost (Rp.)</b>	<b>13.624.919.217</b>	<b>13.549.034.750</b>	<b>13.506.113.791</b>	<b>13.484.874.115</b>	<b>13.442.394.763</b>	<b>13.421.519.087</b>	

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2019)

Dari hasil analisa diatas dengan menggunakan metode TCTO (*Time and Cost Trade Off*) didapatkan waktu dan biaya yang paling optimum untuk pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Farmasi Rumah Sakit Umum Daerah Nabire diselesaikan berada di 105 hari dan total biaya sebesar Rp. 13.421.519.086,85 yaitu pada *crash* yang ke-5 [Pekerjaan Persiapan].

Efisiensi waktu dan biaya proyek dengan menggunakan metode TCTO (*Time and Cost Trade Off*) melalui diagram jaringan PDM (*Precedence Diagram Method*) dapat dihitung sebagai berikut:

Efisiensi waktu proyek:

= total waktu rata – rata (Te) – total waktu dipercepat

= 124 hari – 105 hari = 19 hari

atau;

$$= \frac{\text{total waktu rata – rata (Te) – total waktu dipercepat}}{\text{total waktu rata – rata (Te)}} \times 100\%$$

$$= \frac{124 \text{ hari} - 105 \text{ hari}}{124 \text{ hari}} \times 100\% = 15,323 \%$$

Efisiensi biaya proyek:

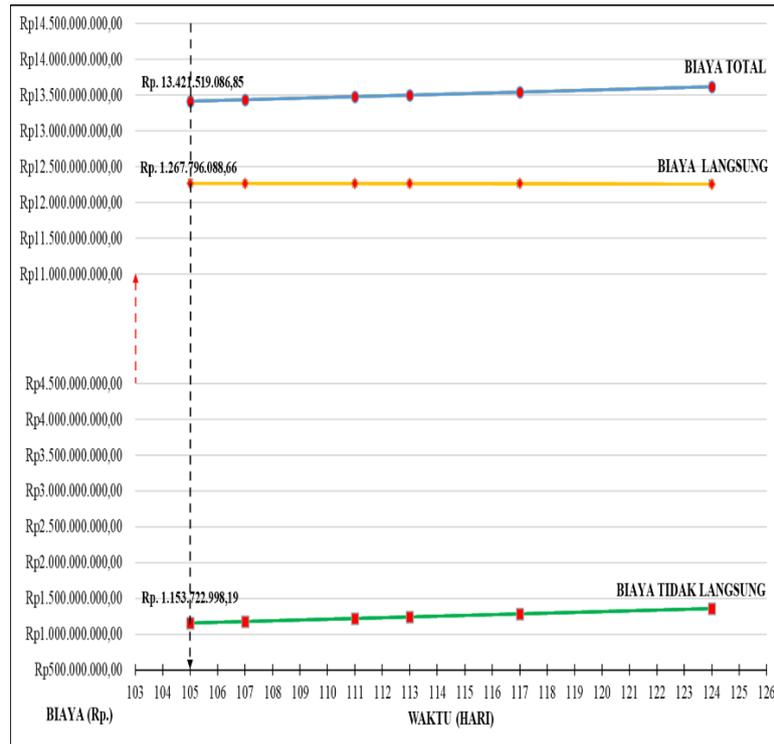
= total biaya proyek – total biaya dipercepat

= Rp. 13.624.919.216,74 – Rp. 13.421.519.086,85 = Rp. 203.400.129,88

Atau;

$$= \frac{\text{total biaya proyek – total biaya dipercepat}}{\text{Total Biaya Proyek}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp. 13.624.919.216,74} - \text{Rp. 13.421.519.086,85}}{\text{Rp. 13.624.919.216,74}} \times 100\% = 1,493 \%$$



**Gambar 7.** Grafik Hubungan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung Dengan Waktu

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah didapatkan, maka dapat diuraikan kesimpulan hasil akhir yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perencanaan ulang dengan menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*), didapatkan total waktu penyelesaian Proyek Pembangunan Gedung Farmasi Rumah Sakit Umum Daerah Nabire adalah sebesar 124 hari kalender atau 18 minggu dari waktu rata-rata ( $T_e$ ). Sedangkan waktu awal yang direncanakan sebelum dilaksanakan sebesar 120 hari kalender, tetapi realisasi penyelesaian mundur sampai dengan 150 hari kalender.
2. Dari hasil perencanaan penjadwalan dengan menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dan bantuan program *Microsoft Project 2016* didapatkan kegiatan pada lintasan kritis (*critical path*) sebagai berikut :  
Pekerjaan Persiapan → Pekerjaan Tanah dan Pondasi → Pekerjaan Struktur dan Beton → Pekerjaan Pasangan dan Plesteran → Pekerjaan Kuda-Kuda Atap dan Rangka Baja → Pekerjaan *Interior* dan *Eksterior* → Pekerjaan Granit dan Batu Alam → Pekerjaan Pengecatan → Pekerjaan Pemasangan Paving Stone → Pekerjaan Akhir / *Finishing*.  
Lintasan kritis (*critical path*) ini menjadi perhatian bagi pelaksana proyek agar tidak boleh terjadi keterlambatan karena akan mempengaruhi total waktu penyelesaian proyek menjadi tertunda.
3. Dari hasil analisa dari semua tahap perhitungan didapatkan total waktu penyelesaian proyek sebesar 124 hari kalender atau 18 minggu, dengan total biaya sebesar Rp.13.624.919.216,74 dan setelah dilakukan percepatan (*crash*) dengan menggunakan metode TCTO (*Time and Cost Trade Off*) diperoleh waktu optimum sebesar 105 hari kalender atau 15 minggu dengan total biaya sebesar Rp.13.421.519.086,85. Dengan demikian, maka proyek mempunyai efisiensi

waktu selama 19 hari atau sebesar 15,323% dan efisiensi biaya sebesar Rp.203,400.129,88 atau sebesar 1,493%.

#### **Saran**

1. Perlu di buat suatu perencanaan penjadwalan yang baik sebelum pekerjaan berjalan, agar pelaksanaan proyek bisa berjalan sesuai rencana dan tidak mengalami keterlambatan.
2. Melakukan *observasi* mendetail untuk menentukan jenis keterkaitan antar item pekerjaan dalam menyusun *network planning*.
3. Penulisan ini hanya sebatas Optimasi Waktu dan Biaya, maka sangat mungkin jika penulisan ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan metode analisa yang berhubungan dengan manajemen konstruksi.

#### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Ali, Tubagus. Haedar. 1992. Prinsip–Prinsip Network Planning, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Arta I. Made. 2010. Analisa Optimasi Biaya dan Waktu Pada Proyek Lanjutan Tahap III Pembangunan Gedung Fakultas Teknologi Informasi (FTIF), Institut Teknologi Sepuluh November.
- Badri, Sofyan. 1991. Dasar – Dasar Perencanaan Jaringan Kerja, Penerbit PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid I. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Elvrianto, Wulfram. 2004. Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nurjaman, K. dan Dimiyanti, H. 2014. Manajemen Proyek, Penerbit Pustaka Setia, Bandung.
- Soeharto, Imam. 1999. Manajemen Proyek Edisi Kedua, Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Soeharto, Imam. 2001. Manajemen Proyek Jilid 1, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Wati, M. N. 2015. Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode *Time and Cost Trade Off* Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Optimum. Skripsi: Universitas Sebelas Maret.