



Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pembangunan Gedung Rehabilitasi Narkoba Di Kota Tomohon

Kevin Imanuel Kambey^{#a}, Grace Y. Malingkas^{#b}, Febrina P. Y. Sumanti^{#c}

^aProgram Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^akevinikambey@gmail.com, ^bgracemalingkas@unsrat.ac.id, ^cfebrina.sumanti@unsrat.ac.id

Abstrak

Untuk pelaksanaan suatu proyek konstruksi di dalamnya pasti memerlukan suatu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian yang baik. Penjadwalan proyek sendiri menjadi salah satu konflik utama yang sering dihadapi dalam sebuah proyek konstruksi. Dalam mewujudkan pelaksanaan suatu proyek dapat berhasil, penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien sangat diperlukan. Dengan demikian, tindakan harus diambil agar proyek tersebut dapat berjalan sesuai dengan apa yang direncanakan. Tindakan yang dapat diambil adalah dengan mengoptimalkan cara bagaimana kita melakukan percepatan durasi pelaksanaan suatu proyek dengan mempertimbangkan pentingnya biaya yang akan timbul dan dapat memilih durasi dan biaya yang paling efisien. Dalam Penelitian ini akan menganalisis percepatan durasi pada proyek pembangunan Gedung Rehabilitasi Narkoba di Kota Tomohon, dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja. Untuk melakukan penelitian ini digunakan Analisis Durasi dengan menggunakan *Critical Path Method*, dan Analisis durasi-biaya menggunakan metode *Crashing* untuk menghitung *cost slope*. Dari perhitungan percepatan waktu dan biaya proyek dapat dilihat bahwa percepatan waktu yang paling optimal dan efisien adalah pada waktu percepatan sebesar 207 hari. Dilihat dari hubungan durasi-biaya untuk biaya total proyek didapat durasi dan biaya yang paling efisien terjadi pada durasi 207 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 8.837.174.850,62.

Kata kunci: percepatan, durasi, Crashing, Critical Path Method, efisien

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada pelaksanaan suatu proyek konstruksi di dalamnya pasti memerlukan suatu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian yang baik. Penjadwalan proyek sendiri menjadi salah satu konflik utama yang sering dihadapi dalam sebuah proyek konstruksi. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen penting, sebab penjadwalan memberikan data tentang kemajuan proyek dalam perihal kinerja sumber daya, biaya, tenaga kerja, peralatan, material dan rencana durasi proyek serta progres waktu guna penyelesaian proyek. Namun beberapa elemen tersebut juga bisa menimbulkan keterlambatan penyelesaian pekerjaan suatu proyek, sehingga mengakibatkan durasi proyek menjadi bertambah dari yang direncanakan.

Maka dari itu pengendalian pada proyek begitu penting untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, membandingkan pelaksanaan dengan dengan yang dijadwalkan, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran.

Untuk mewujudkan pelaksanaan suatu proyek dapat berhasil, penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien sangat diperlukan. Dengan demikian, tindakan harus diambil agar proyek tersebut dapat berjalan sesuai dengan apa yang direncanakan. Apabila suatu proyek dipercepat, maka hal itu akan berpengaruh terhadap rencana jadwal pelaksanaan pekerjaan yang berdampak pada biaya pelaksanaan. Biaya yang terkena dampak ini sering sekali diabaikan demi untuk menyelesaikan suatu proyek lebih cepat dari durasi yang direncanakan, yang

mengakibatkan peningkatan biaya yang begitu besar dan membengkak. Percepatan durasi suatu proyek sering dilakukan tanpa mempertimbangkan jenis dan seberapa kompleks kegiatan pekerjaan yang mengakibatkan penggunaan sumber daya yang kurang efektif dan efisien. Tindakan yang dapat diambil adalah dengan mengoptimalkan cara bagaimana kita melakukan percepatan durasi pelaksanaan suatu proyek dengan mempertimbangkan pentingnya biaya yang akan timbul dan dapat memilih durasi dan biaya yang paling efisien.

1.2. Rumusan Masalah

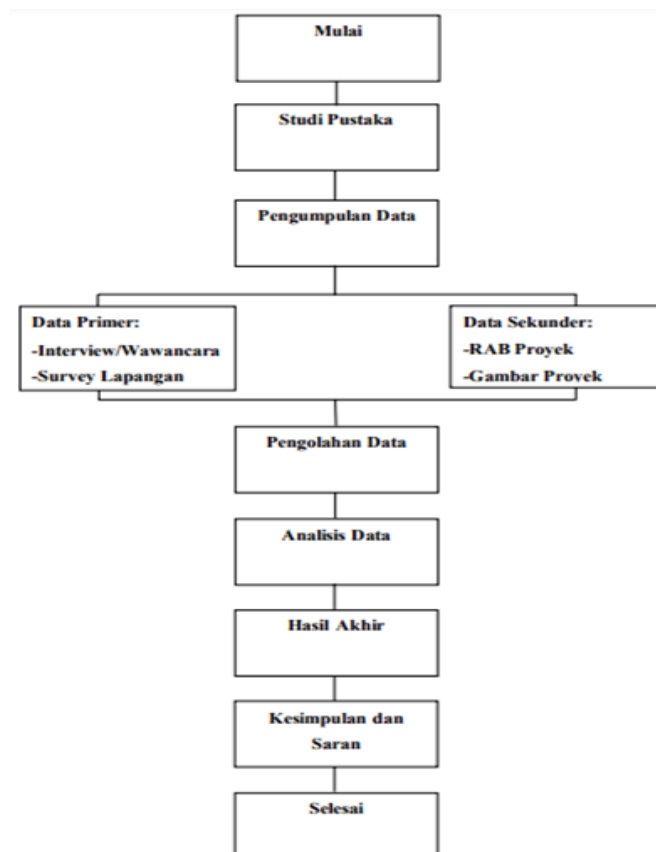
Berdasarkan dari uraian latar belakang yang telah diuraikan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan utama sebagai berikut yaitu berapa durasi dan biaya percepatan paling optimal serta efisien yang dapat dihasilkan?.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini pada dasarnya adalah untuk menghasilkan perhitungan durasi dan biaya yang efisien.
2. Mengetahui solusiantisipasi keterlambatan yang diambil agar total durasi kegiatan konstruksi dapat tetap terlaksana sesuai dengan perencanaan awal.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisa, dengan tahapan penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Analisis Durasi Menggunakan Critical Path Method

Menentukan Setiap Kegiatan Dari struktur pecahan kerja dapat dibuat daftar kegiatan pekerjaan keseluruhan proyek. Daftar kegiatan pekerjaan tersebut dapat digunakan untuk

menambah informasi urutan dan durasi pekerjaan di langkah selanjutnya. Setiap kegiatan mempunyai ketergantungan dengan kegiatan lainnya. Membuat daftar ketergantungan antar kegiatan dapat membantu penulis untuk membuat network diagram CPM.

3.2. Analisis Durasi-Biaya Menggunakan Metode Crashing Untuk Menghitung Cost Slope

Cost Slope merupakan perbandingan antara penambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek yang dihitung dari hasil pengurangan antar biaya crashing (*Crash Cost*) dengan biaya normal proyek (*Normal Cost*) lalu dibagi dengan hasil pengurangan antar durasi normal (*Normal Duration*) dengan durasi percepatan (*Crash Duration*).

Untuk menganalisis kegiatan apa yang masih layak untuk diadakan *crashing*. Dengan meninjau slope (kemiringan) dari masing-masing segmen garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek.

Menghitung *Slope* (S) dengan rumus :

$$S = (CC - NC) / (ND - CD)$$

Dimana :

Kurun waktu normal / *Normal Duration* (ND)

Kurun waktu dipersingkat / *Crash Duration* (CD)

Biaya normal / *Normal Cost* (NC),

Biaya untuk waktu dipersingkat / *Crash Cost* (CC).

Kemiringan / *Slope segment* (S)

3.3. Analisis What if

Proyek konstruksi yang bersifat sangat fleksibel dan kompleks merupakan pekerjaan yang sangat beresiko tinggi, karena dilaksanakan di luar dan tergantung pada banyak pihak yang terlibat, sehingga analisa “*what if*” dirasakan perlu untuk diterapkan pada perencanaan model CPM. Analisa “*what if*” pada model CPM menanyakan “Bagaimana bila terjadi keterlambatan pada salah satu aktivitas?”, disini akan terlihat peranan *float* pada aktivitas-aktivitas non kritis, kemudian langkah percepatan durasi dilakukan pada aktivitas-aktivitas pengikut agar durasi.

Hubungan antara durasi aktivitas dan produktivitas kerja, dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut

$$d = (\sum mh) / (n \times H) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

d = durasi aktivitas [hari]

$\sum mh$ = total jam-orang (manhour) untuk menyelesaikan suatu aktivitas [jam orang]

N = jumlah pekerja rencana untuk menyelesaikan suatu aktivitas [orang]

H = banyaknya jam kerja dalam satu hari [jam/hari] ulasan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengamatan

4.1.1. Analisis Durasi Normal dan Biaya Normal

Tabel 1. Data Kegiatan Proyek Pembangunan Gedung Rehabilitasi Narkoba di Kota Tomohon

Kegiatan	Uraian Pekerjaan	Jumlah Biaya (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	211,692,578.05
B	PENYELENGGARAAN K3 KONSTRUKSI	82,990,000.00
C	PEKERJAAN STRUKTUR	2,216,507,811.79
D	PEKERJAAN ARSITEKTUR	4,291,252,270.03
E	PEKERJAAN MEKANIKAL ELEKTRIKAL	456,686,806.25
F	PEKERJAAN TATA UDARA	1,038,759,000.00
G	PEKERJAAN PLUMBING DAN SANITAIR	215,717,634.50
TOTAL		8,513,606,100.62

Tabel 2. Hubungan Antara Kegiatan dan Lama Kegiatan

Kegiatan	Kegiatan Terdahulu	Lama Kegiatan (Hari)
A	-	21
B	-	231
C	A	162
D	A	138
E	A	78
F	A	84
G	A	30

Tabel 3. Hubungan Antara Kegiatan dan Lama Kegiatan

Kegiatan			Durasi	Paling Awal		Paling Akhir		Float	
1	2	Nama		ES	EF	LS	LF	TF	FF
1	2	A	21	0	21	0	21	0	0
1	3	B	183	0	183	0	183	0	0
2	4	C	162	21	183	21	183	0	0
2	5	D	138	21	159	45	183	24	0
2	6	E	78	21	99	105	183	84	0
2	7	F	84	21	105	99	183	78	0
2	8	G	30	21	51	153	183	132	0
5	4	Dummy	-	-	-	-	-	-	-
6	4	Dummy	-	-	-	-	-	-	-
7	4	Dummy	-	-	-	-	-	-	-
8	4	Dummy	-	-	-	-	-	-	-

4.1.2. Perhitungan Koefisien Arah Biaya (Cost Slope)

Perhitungan Crash Duration dan *cost slope* pada proyek pembangunan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

1. Pekerjaan Persiapan (A)

(a). Volume Pekerjaan :

- Kantor Direksi Keet = 9 m²
- Barak Pekerja dan Gudang = 16 m²
- Perancah = 210 m²
- Pemasangan Bowplank = 126 m
- Pagar Sementara = 212.40 m²

(b). Durasi Normal : 21/5 = 4.2

(c). Biaya Normal : Rp. 211,692,578.05

(d). Produktivitas Normal (a:b) :

- Kantor Direksi Keet = 9 m² / 4.2 = 2.14 m² / Hari
- Barak Pekerja dan Gudang = 16 m² / 4.2 = 3.81 m² / Hari
- Perancah = 210 m² / 4.2 = 50 m² / Hari
- Pemasangan Bowplank = 126 m / 4.2 = 30 m / Hari
- Pagar Sementara = 212.40 m² / 4.2 = 50.57 m² / Hari

(e). Jumlah Tenaga Kerja Normal : 10 / Hari

(f). Produktivitas Tenaga Kerja (d:e) :

- Kantor Direksi Keet = 0.21 m²
- Barak Pekerja dan Gudang = 0.38 m²

- Perancah = 5 m²
- Pemasangan Bowplank = 3 m
- Pagar Sementara = 5.06 m²
- (g). Jumlah Tenaga Kerja Crash : 10 + 4 = 14 Org/Hari
- (h). Produktivitas Crash :
- Kantor Direksi Keet = 14 x 0.21 m² / Hari
= 3 m² / Hari
- Barak Pekerja dan Gudang = 14 x 0.38 m² / Hari
= 5.33 m² / Hari
- Perancah = 14 x 5 m² / Hari
= 70 m² / Hari
- Pemasangan Bowplank = 14 x 3 m² / Hari
= 42 m / Hari
- Pagar Sementara = 14 x 5.06 m² / Hari
= 70.80 m² / Hari
- (i). Durasi Crash :
- Kantor Direksi Keet = 9 m² : 3 m² / Hari
= 3 Hari
- Barak Pekerja dan Gudang = 16 m² : 5.33 m² / Hari
= 3 Hari
- Perancah = 210 m² : 70 m² / Hari
= 3 Hari
- Pemasangan Bowplank = 126 m : 42 m / Hari
= 3 Hari
- Pagar Sementara = 212.40 m² : 70.80 m² / Hari
= 3 Hari
- (j). Biaya Tambahan : 15 x (1 x Rp. 150.000) Upah
= Rp. 2,250,000.00
- (k). Biaya Crash : Rp. 211,692,578.05 + Rp. 2,250,000.00
= Rp. 213,942,578.05
- Cost Slope = (Rp. 212,442,578.05 - Rp. 213,942,578.05) / (21-15)**
= Rp. 375,000.00 / Hari

2. Pekerjaan Struktur (C)

- (a). Volume Pekerjaan :
- Pekerjaan Tanah = 1,469.96 m³
- Pekerjaan Pondasi = 249.45 m³
- Pekerjaan Beton Lantai 1 = 228.07 m³
- Pekerjaan Beton Lantai 2 = 10.97 m³
- (b). Durasi Normal : 162 / 4 = 40.5
- (c). Biaya Normal : Rp. 2,216,507,811.79
- (d). Produktivitas Normal (a:b) :
- Pekerjaan Tanah = 1,469.96 m³ / 40.5
= 36.30 m³ / Hari
- Pekerjaan Pondasi = 249.45 m³ / 40.5
= 6.16 m³ / Hari
- Pekerjaan Beton Lantai 1 = 228.07 m³ / 40.5
= 5.63 m³ / Hari
- Pekerjaan Beton Lantai 2 = 10.97 m³ / 40.5
= 0.27 m³ / Hari
- (e). Jumlah Tenaga Kerja Normal : 16 / Hari
- (f). Produktivitas Tenaga Kerja (d:e) :
- Pekerjaan Tanah = 2.27 m³
- Pekerjaan Pondasi = 0.38 m³
- Pekerjaan Beton Lantai 1 = 0.35 m³
- Pekerjaan Beton Lantai 2 = 0.02 m³

- (g). Jumlah Tenaga Kerja Crash : $16 + 2 = 18$ Org/Hari
- (h). Produktivitas Crash :
- Pekerjaan Tanah = $18 \times 2.27 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= $40.83 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
 - Pekerjaan Pondasi = $18 \times 0.38 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= $6.93 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
 - Pekerjaan Beton Lantai 1 = $18 \times 0.35 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= $6.34 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
 - Pekerjaan Beton Lantai 2 = $18 \times 0.02 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= $0.30 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
- (i). Durasi Crash :
- Pekerjaan Tanah = $1,469.96 \text{ m}^3 : 40.83 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= 36 Hari
 - Pekerjaan Pondasi = $249.45 \text{ m}^3 : 6.93 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= 36 Hari
 - Pekerjaan Beton Lantai 1 = $228.07 \text{ m}^3 : 6.34 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= 36 Hari
 - Pekerjaan Beton Lantai 2 = $10.97 \text{ m}^3 : 0.30 \text{ m}^3 / \text{Hari}$
= 36 Hari
- (j). Biaya Tambahan : $144 \times (1 \times \text{Rp. } 150.000)$ Upah
= Rp. 21,600,000.00
- (k). Biaya Crash : Rp. 2,216,507,811.79 + Rp. 21,600,000.00
= Rp. 2,238,107,811.79
- Cost Slope = (Rp. 2,216,507,811.79 - Rp. 2,238,107,811.79) / (162-144)**
= Rp. 1,200,000.00 / Hari

Tabel 4. Keadaan Normal, Keadaan Crash dan Cost Slope

Kegiatan	Uraian Kegiatan	Keadaan Normal			Keadaan Crash				Cost Slope (Rp/Hari)
		Jumlah Pekerja	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	Jumlah Pekerja	Alat Bantu	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	
A	Pekerjaan Persiapan	10	21	211,692,578.05	14	-	15	213,942,578.05	375,000.00
C	Pekerjaan Struktur	16	162	2,216,507,811.79	18	-	144	2,238,107,811.79	1,200,000.00

4.1.3. Perhitungan Durasi Crash Proyek dan Biaya Crash Proyek (Biaya Langsung)

- Tahap 1
Pada tahap ini kegiatan yang dipercepat adalah kegiatan yang berada pada jalur kritis dengan cost slope terkecil (S_A) = Rp. 375,000.00/Hari, dengan waktu percepatan sebesar 6 hari (21 hari – 15 hari).
Durasi dan biaya yang dibutuhkan pada tahap 1 adalah :
Cost = Rp. 8,513,606,100.62 + (6 hari x 375,000.00)
= Rp. 8,515,856,100.62
Durasi = 231 hari – 6 hari
= 225 hari
 - Tahap 2
Pada tahap 2, dilakukan crashing pada kegiatan C dengan cost slope sebesar Rp. 1,200,000.00/Hari, dengan waktu percepatan sebesar 18 hari (162 hari – 144 hari)
Durasi dan biaya yang dibutuhkan pada tahap 2 adalah :
Cost = Rp. 8,515,856,100.62 + (18 hari x 1,200,000.00)
= Rp. 8,537,456,100.62
Durasi = 225 hari – 18 hari
= 207 hari
- Hasil perhitungan diatas terlihat bahwa bila durasi umur proyek semakin dipercepat maka akan berakibat pada kenaikan biaya langsung. (Tabel 5)

Tabel 5. Biaya Langsung

Crashing	Durasi Umur Proyek (Hari)	Biaya Langsung (Rp)
Normal	231	8,513,606,100.62
Tahap 1	225	8,515,856,100.62
Tahap 2	207	8,537,456,100.62

4.1.4. Perhitungan Durasi Crash Proyek dan Biaya Crash Proyek (Biaya Langsung)

Biaya yang tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan objek tertentu. Biaya ini mencakup biaya asuransi, biaya listrik, biaya pengawas, dll. Estimasi biaya tidak langsung dilakukan berdasarkan satuan waktu per bulan (Tabel 6) untuk kemudian dihitung pengeluaran biaya tidak langsung per hari.

Tabel 6. Biaya Tidak Langsung per Bulan

No.	Uraian	Quantity	Harga Satuan	Biaya/Bulan
Biaya Tidak Langsung Kantor				
1	Gaji Pegawai :			
	Manajer Pelaksana	1	Rp8,000,000.00	Rp8,000,000.00
	Pelaksana	2	Rp5,000,000.00	Rp10,000,000.00
Biaya Tidak Langsung (di lapangan)				
1	Sekuriti	2	Rp3,500,000.00	Rp7,000,000.00
2	Quality Control	1	Rp5,000,000.00	Rp5,000,000.00
3	Bahan Bakar	1	Rp500,000.00	Rp500,000.00
4	Biaya Komunikasi	1	Rp300,000.00	Rp300,000.00
5	Biaya Listrik Kantor	1	Rp250,000.00	Rp250,000.00
6	Kertas/Buku	5	Rp70,000.00	Rp350,000.00
7	Biaya Survey	1	Rp2,000,000.00	Rp2,000,000.00
8	Site Meeting	1	Rp1,350,000.00	Rp1,350,000.00
Jumlah				Rp34,750,000.00

Jumlah hari kerja : 1 minggu = 6 hari kerja
1 bulan = 4 minggu = 24 hari kerja

Biaya tidak langsung : per bulan = Rp34,750,000.00
: per hari = $Rp34,750,000.00/24 = Rp1,447,916.67$

Untuk mendapatkan total biaya tidak langsung untuk masing-masing durasi umur proyek yang dilakukan crash (tahap 1 dan tahap 2), yaitu dengan mengalikan durasi umur proyek dengan biaya tak langsung perhari (Tabel 7). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa durasi umur proyek semakin kecil atau semakin cepat proyek diselesaikan, maka besarnya pengeluaran untuk biaya tidak langsung akan semakin kecil juga.

Tabel 7. Biaya Tidak Langsung

Crashing	Durasi Umur Proyek (Hari)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
Normal	231	334,468,750.00
Tahap 1	225	325,781,250.00
Tahap 2	207	299,718,750.00

4.2. Analisis What If

Kita terlebih dahulu mengasumsikan bahwa terjadi keterlambatan dari salah satu pekerjaan pada jalur kritis, disini kita ambil keterlambatan pada pekerjaan persiapan, aktivitas ini akan digunakan sebagai contoh perhitungan. Aktivitas pekerjaan persiapan kita asumsikan mengalami deviasi keterlambatan sebanyak 20% dan 40%. maka dilakukan analisis "what if" dengan cara sebagai berikut :

- a. Memasukkan data dari analisis penjadwalan yang meliputi:
- Durasi aktivitas (d) = 21 hari
 - Float = 0
 - Jumlah pekerja aktivitas (n) pekerjaan persiapan adalah 10 orang.
 - Jam kerja sehari (H) untuk aktivitas pekerjaan persiapan adalah 8 jam/hari
 - Total jam-orang ($\sum mh$) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas pekerjaan persiapan adalah $\sum mh = d \times n \times H = 21 \times 10 \times 8 = 1680$ jam-orang
- b. Bila aktivitas pekerjaan persiapan mengalami keterlambatan 20% dan 40% dari durasi semula, maka keterlambatan aktivitas pekerjaan persiapan:
- 1) delay = (20% x durasi aktivitas pekerjaan persiapan) = 20% x 21 = 4,2 hari.
 - 2) delay = (40% x durasi aktivitas pekerjaan persiapan) = 40% x 21 = 8,4 hari.
- c. Keterlambatan pada kegiatan konstruksi :
- 1) delay p = delay – float = 4,2 – 0 = 4,2 hari. Diperiksa apakah delay $p > 0 \leftrightarrow 4,2 > 0$ maka memenuhi, kegiatan konstruksi mengalami delay akibat pekerjaan persiapan sebesar 20%.
 - 2) delay p = delay – float = 8,4 – 0 = 8,4 hari. Diperiksa apakah delay $p > 0 \leftrightarrow 8,4 > 0$ maka memenuhi, kegiatan konstruksi mengalami delay akibat pekerjaan persiapan sebesar 40%.
- d. Successor aktivitas pekerjaan persiapan adalah pekerjaan struktur.
- e. Alternatif percepatan pada aktivitas pengikat agar total durasi kegiatan konstruksi tetap : Aktivitas pekerjaan struktur akan dipercepat. Data-data pekerjaan struktur adalah sebagai berikut :
- D_s = 162 hari, d_s adalah aktivitas pengikat
 - n = 16 orang
 - H = 8 jam/hari
 - Floats = 0 hari, floats adalah float aktivitas pengikat
 - $\sum mh$ = $d_s \times n \times H = 162 \times 16 \times 8 = 20736$ jam-orang
 - $d's$ =
 - 1) $d_s + \text{floats} - \text{delay } p = 162 + 0 - 4,2 = 157,8$
 - 2) $d_s + \text{floats} - \text{delay } p = 162 + 0 - 8,4 = 153,6$
 - Diperiksa apakah $d_s \geq 2 \text{delay } p$
 - 1) $162 \geq 2(4,2)$ memenuhi untuk dilakukan percepatan.
 - 2) $162 \geq 2(8,4)$ memenuhi untuk dilakukan percepatan.
 - Diperiksa apakah $d's < d_s \leftrightarrow$
 - 1) $157,8 < 162$ memenuhi untuk dilakukan percepatan.
 - 2) $153,6 < 162$ memenuhi untuk dilakukan percepatan.

Jadi percepatan pada pekerjaan struktur dapat dilakukan karena memenuhi syarat.

- a. Melakukan percepatan pada aktivitas pekerjaan struktur dengan cara :
- Menambah jumlah tenaga kerja :

$$\Delta n = n' - n = \left(\frac{\sum mh}{d's \times H} \right) - n =$$
 - 1) $\frac{20736}{157,8 \times 8} - 16 = 0,425$ orang
 - 2) $\frac{20736}{153,6 \times 8} - 16 = 0,875$ orang
 - Batasan jumlah tenaga kerja maksimal untuk melakukan percepatan pada pekerjaan struktur dianggap tersedia. Maka $\Delta n \leq n_{opt}$ memenuhi.
- b. Langkah-langkah tersebut di atas dilakukan pada aktivitas-aktivitas kritis yang terdapat pada jadwal CPM.
- c. Setelah mendapatkan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan maka sekarang kita akan melakukan percepatan menggunakan metode crashing agar pekerjaan dapat selesai tepat waktu dan deviasi kembali menjadi normal.

4.3. Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Biaya Total

Dari perhitungan diatas biaya total proyek diperoleh dengan menjumlahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk masing-masing durasi umur proyek. (Tabel 8)



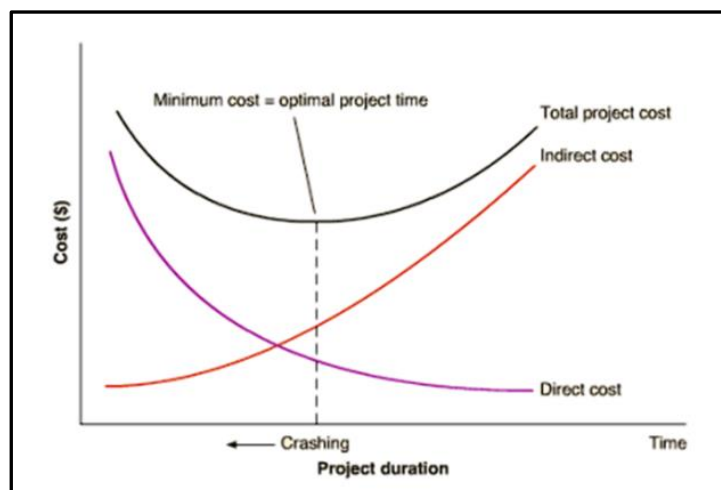
Gambar 1. Keterlambatan Aktivitas Pekerjaan Persiapan Terhadap Jumlah Pekerja (Hasil Analisis, 2023)

Tabel 8. Biaya Total Proyek

Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Total (Rp)
225	8,515,856,100.62	325,781,250.00	8,841,637,350.62
207	8,537,456,100.62	299,718,750.00	8,837,174,850.62

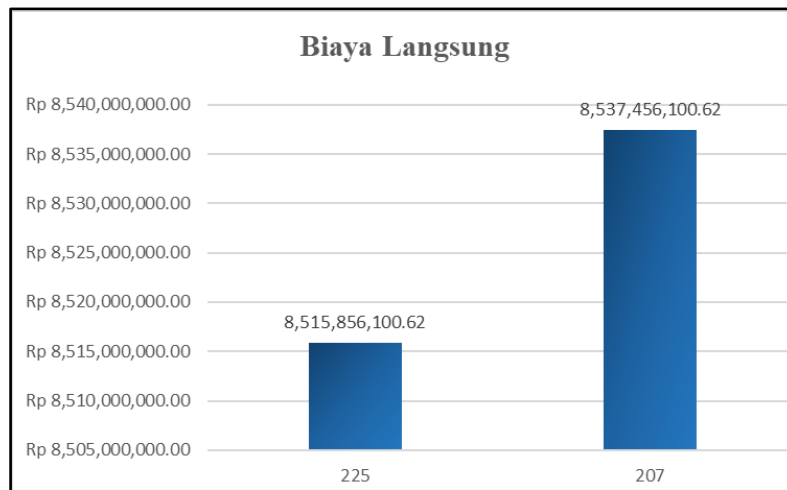
4.3.2 Durasi Optimal Proyek

Durasi optimal proyek adalah durasi tercepat proyek dapat selesai dengan biaya yang semurah-murahnya.



Gambar 2. Hubungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung (Hasil Analisis, 2023)

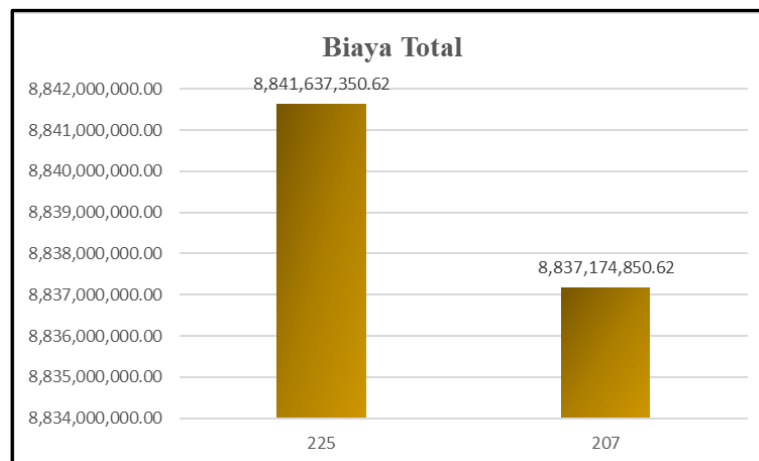
Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa biaya langsung proyek akan lebih mahal jika waktu pengerjaan proyek mengalami percepatan durasi yang banyak, sedangkan biaya tidak langsung proyek akan lebih murah jika waktu pengerjaan proyek lebih cepat. Berikut akan disajikan grafik perbandingan biaya langsung, tidak langsung, dan total pada proyek pembangunan gedung rehabilitasi narkoba di Kota Tomohon.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Biaya Langsung (Hasil Analisis, 2023)



Gambar 5. Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung (Hasil Analisis, 2023)



Gambar 6. Grafik Perbandingan Biaya Total (Hasil Analisis, 2023)

Dari grafik diatas diketahui bahwa pada proyek pembangunan gedung rehabilitasi narkoba di Kota Tomohon durasi percepatan dengan biaya total termurah adalah dengan penambahan 2 tenaga kerja pada pekerjaan struktur. yaitu 207 hari dari waktu normal 231 hari. Sehingga dapat diperoleh hasil bahwa durasi optimal proyek pembangunan gedung rehabilitasi narkoba adalah 207 hari.

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dengan melakukan crashing dapat dilihat bahwa setiap melakukan percepatan durasi terjadi kenaikan pada biaya langsung proyek. Diperoleh durasi maksimum umur proyek yaitu 207 hari dengan waktu percepatan sebesar 24 hari, dan biaya percepatan proyek maksimum sebesar 23.850.000,00.

Crash program dilakukan sebanyak 2 tahap, dimana dalam perhitungan dimulai pada kegiatan A dengan slope terkecil yaitu (SA) = Rp. 375.000,00/Hari dan terakhir perhitungan tahap 2 adalah kegiatan C, dengan cost slope (SC) = Rp. 1.200.000,00/hari. Dalam perhitungan durasi umur proyek ini, didapati percepatan waktu yang paling optimal dan efisien adalah pada waktu percepatan sebesar 207 hari. Dilihat dari hubungan durasi-biaya untuk biaya total proyek didapat durasi dan biaya yang paling efisien terjadi pada durasi 207 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 8.837.174.850,62.

Setelah dilakukan simulasi keterlambatan sebesar 20% dan 40% pada aktivitas-aktivitas kritis, kemudian dilakukan antisipasi keterlambatan dengan penambahan jumlah pekerja dan jam kerja pada aktivitas-aktivitas pengikut dari aktivitas kritis yang telah disimulasikan mengalami keterlambatan. Dapat diketahui bahwa jika terdapat keterlambatan pada aktivitas pekerjaan persiapan maka kita dapat melakukan percepatan dengan menambahkan jumlah tenaga kerja pada aktivitas pengikut yang mana merupakan jalur kritis, sehingga durasi kegiatan konstruksi dapat kembali menjadi normal dan tetap terlaksana sesuai dengan perencanaan awal.

Referensi

- Agus B. Siswanto, M. A. (2019). *Manajemen Proyek*. Semarang: CV. Pilar Nusantara.
- Diana Petra H, E. M. (2017). Mengantisipasi Keterlambatan Dan Solusi Percepatan Dengan Analisis "What If". *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5-9.
- Ervianto, W. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Hutasoit, P. H. (2014). Tekno Sipil. *Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Peningkatan Biaya*.
- Irika Widiasanti, L. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Langok, T. E. (2018). Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode Cpm Dan Pert Pada Proyek Pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok. *Tugas Akhir – MO141326*, 27-67.
- Mahapatni, I. A. (2019). *Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*. Denpasar: UNHI Press.
- Pratasik, F., Malingkas, G. Y., & Arsjad, T. T. (2013). Menganalisis Sensitivitas Keterlambatan Durasi Proyek Dengan Metode CPM. *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.9*, 603-607.
- Putra, Y. E., Dundu, A. K., & Sumanti, F. P. (2022). Percepatan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Teling Atas Manado Dengan Metode Crashing. *TEKNO Vol. 20 No. 81*, 209-215.
- Rani, H. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Sleman: Deepublish.
- Simangunsong, G. (2018). *Jurnal Sipil Statik. Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Biaya Pada Proyek Konstruksi*.
- Simatupang, J. S. (2015). *Jurnal Sipil Statik. Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Waktu Pada Proyek Konstruksi*.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sugiyanto, M. (2020). *Manajemen Pengendalian Proyek*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.