

**ANALISA PERCEPATAN DURASI  
DENGAN METODE “TIME COST TRADE OFF”  
PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN BUKIT SERIBU  
(LAPEN-RIGID)  
KOTA SAMARINDA**

**Achmad Darmadi  
15.11.1001.7311.035**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA  
2019**

**ABSTRAK**

Penjadwalan merupakan tahap awal yang sangat penting dalam memulai suatu pekerjaan. 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 penyelesaian proyek. Metode *Crashing* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mempersingkat durasi kegiatan suatu proyek, dimana kegiatan-kegiatan yang bisa dilakukan *Crashing* adalah kegiatan yang berada pada jalur kritis, dan pada penelitian ini penentuan kegiatan kritis diperoleh dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Penerapan metode tersebut bertujuan untuk menentukan durasi optimum yang didapat dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja. Dari hasil analisis data dengan metode Time Cost Trade Off ini diperoleh durasi optimum untuk alternatif penambahan jam kerja (lembur) adalah 125 hari kalender dengan efisiensi waktu optimum sebesar 89,29% artinya terdapat penghematan waktu sebesar 10,71% atau 15 hari kalender dari durasi normalnya dan biaya meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.958.810.455,30, sedangkan durasi optimum untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja adalah 133 hari kalender dengan efisiensi waktu optimum sebesar 95% artinya terdapat penghematan waktu sebesar 5% atau 7 hari kalender dari durasi normalnya dan biaya meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.923.259.889,77

Kata Kunci: Percepatan Durasi, *Critical Path Method*, *Time Cost Trade Off*

## **PENGANTAR**

Penjadwalan merupakan tahap awal yang sangat penting dalam memulai suatu pekerjaan. 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 penyelesaian proyek. (Abrar Husen,2009). Dengan adanya penjadwalan ini kita bisa mengetahui kapan kegiatan-kegiatan akan dimulai, ditunda dan diselesaikan, sehingga pengendalian sumber-sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang ditentukan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat beberapa masalah yang kemudian difokuskan pada bagaimana memperoleh waktu optimum untuk mempercepat durasi dan memperoleh total biaya optimum dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja pada proyek yang diteliti.

Adapun maksud dalam penelitian ini adalah untuk menentukan waktu optimum untuk mempercepat durasi dan total biaya optimum dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja pada proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (Lapen-Rigid).

Untuk membatasi luasnya ruang lingkup pembahasan, maka dalam penelitian ini dapat diuraikan beberapa hal yang menjadi acuan dalam menganalisa yaitu menggunakan 2 (dua) alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) dengan 3 (tiga) jam kerja dan penambahan jumlah tenaga kerja sebanyak 15% dari jumlah pekerja yang digunakan serta harga satuan, kapasitas peralatan dan material tidak berubah selama pelaksanaan proyek.

## **CARA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian dilakukan pada proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (Lapen-Rigid) dengan panjang penanganan yaitu 1,686 km dan masa pelaksanaan 140 hari kalender dengan total biaya pekerjaan Rp. 8.910.000.000,00. Pengumpulan data berupa data sekunder untuk mengidentifikasi kondisi proyek dan hubungan antar aktifitas yang terdiri dari *Time Schedule* sebagai *normal duration*, Rancangan Anggaran Biaya (RAB) sebagai *normal cost*, gambar proyek serta analisa harga satuan. Dengan menggunakan metode CPM diperoleh jalur-jalur lintasan kritis tiap pekerjaan yang nantinya akan dilakukan percepatan durasinya sehingga diperoleh waktu optimum untuk mempercepat suatu pekerjaan dan biaya optimum yang diakibatkan oleh percepatan tersebut.

Dari hasil pengumpulan data dan dilakukannya analisa terhadap data tersebut, maka diperoleh hasil-hasil seperti disajikan dalam tabel berikut ini:

## Data Sekunder

Tabel 4.1 Time Schedule normal dengan menggunakan kurva S

NO. BAB	ITEM PEKERJAAN	BOBOT %	JADWAL PELAKSANAAN PEKERJAAN																				K E T
			WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN 140 (SERATUS EMPAT PULUH) HARI KALENDER																				
			Bulan Ke-1				Bulan Ke-2				Bulan Ke-3				Bulan Ke-4				Bulan Ke-5				
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
I	<b>DIVISI 1. UMUM</b>																						
1.	Mobilisasi & Demobilisasi	0,09	0,03	0,03																0,03			
II	<b>DIVISI 5. PEKERJAAN PERKERASAN BERBUTIR</b>																						
1.	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	14,69		3,07	3,07	3,07	3,07																
III	<b>DIVISI 7. PEKERJAAN STRUKTUR</b>																						
1.	Beton Fc' 20 Mpa	51,15					4,49	4,49	4,49	4,49		7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31				
2.	Beton Fc' 10 Mpa	22,45																					
3.	Baja Tulangan	11,20										2,24	2,24	2,24	2,24	2,24							
4.	Joint Sealent	0,42											0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06			
	<b>100,00</b>																						
	BOBOT RENCANA		0,03	0,03	3,07	3,07	3,07	3,07	4,49	4,49	4,49	4,49	6,73	9,55	9,61	9,61	9,61	7,37	7,37	7,37		0,03	
	BOBOT RENCANA KOMULATIF		0,03	0,06	3,71	7,41	11,08	14,75	19,24	23,73	28,22	32,71	39,44	48,99	58,59	68,20	77,81	85,18	92,54	99,91		100,00	
	BOBOT REALISASI		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
	BOBOT REALISASI KOMULATIF		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
	DEVIASI																						

Tabel 4.2 Rincian biaya langsung

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	DURASI (HARI KALENDER)	HARGA SATUAN	JUMLAH (Rp)	BOBOT (%)
<b>I</b>	<b>DIVISI 1. UMUM</b>						
1	Mobilisasi & Demobilisasi	1,00	Ls	21	7.500.000,00	7.500.000,00	0,09
<b>II</b>	<b>DIVISI 5. PEKERJAAN PERKERASAN</b>						
1	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	1.753,02	M <sup>3</sup>	28	678.650,16	1.189.690.014,71	14,69
<b>III</b>	<b>DIVISI 7. PEKERJAAN STRUKTUR</b>						
1	Beton Fc' 20 Mpa	1.685,60	M <sup>3</sup>	49	2.457.993,50	4.143.193.841,22	51,15
2	Beton Fc' 10 Mpa	876,51	M <sup>3</sup>	35	2.074.884,35	1.818.661.031,39	22,45
3	Baja Tulangan	38.083,42	Kg	35	23.829,12	907.494.363,09	11,20
4	Joint Sealent	1.685,00	M'	49	20.206,68	34.048.262,90	0,42
	<b>TOTAL BIAYA LANGSUNG</b>					<b>8.100.587.513,31</b>	<b>100,00</b>

Tabel 4.3 Rincian biaya tidak langsung

NO	JENIS BIAYA	JUMLAH (Rp)
1.	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 10%	810.058.751,33
	<b>TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG</b>	<b>810.058.751,33</b>

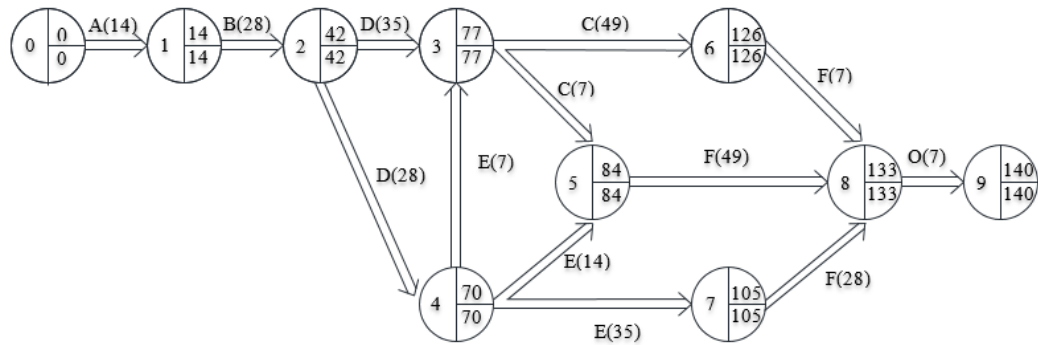
Tabel 4.4 Rincian biaya total

NO	JENIS BIAYA	JUMLAH (Rp)
1.	Biaya Langsung	8.100.587.513,31
2.	Biaya Tidak Langsung	810.058.751,33
	<b>TOTAL BIAYA PEKERJAAN</b>	<b>8.910.646.264,64</b>
	<b>PEMBULATAN</b>	<b>8.910.000.000,00</b>

Hubungan keterkaitan antar aktivitas didapat dari hasil pengolahan data perusahaan. Dengan bantuan diagram CPM, hubungan keterkaitan ini dibentuk dalam jaringan kerja untuk mengidentifikasi kegiatan kritis sesuai dengan tabel dan gambar berikut:

Tabel 4.5 Kode aktifitas tiap kegiatan

Kode Aktifitas	Uraian Pekerjaan	Durasi (HK)
A	Mobilisasi	14
O	Demobilisasi	7
B	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28
C	Beton Fc' 20 Mpa	49
D	Beton Fc' 10 Mpa	35
E	Baja Tulangan	35
F	Joint Sealent	49



Gambar 4.4 Lintasan kerja (Network Planning)

Setelah diperoleh kegiatan kritis maka dicari durasi dipercepat (*Crash Duration*), Biaya dipercepat (*Crash Cost*), dan selisih biaya (*Cost Slope*)

### **Crash Duration**

#### 1. Alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Hasil perhitungan produktifitas harian, produktifitas per jam, produktifitas harian setelah di-crash dan *Crash Duration* untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.6 Produktifitas harian, Produktifitas per jam, Produktifitas harian setelah di-crash dan

*Crash Duration* tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Durasi (HK)	Prod. Harian	Prod. Per Jam	Prod. Lembur	Prod. Crash	Crash Duration
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	1.753,02	M <sup>3</sup>	28	62,61	8,94	18,78	81,39	22
Beton Fc' 20 Mpa	1.685,60	M <sup>3</sup>	49	34,40	4,91	10,32	44,72	38
Beton Fc' 10 Mpa	876,51	M <sup>3</sup>	35	25,04	3,58	7,51	32,56	27
Baja Tulangan	38.083,42	Kg	35	1.088,10	155,44	326,43	1.414,53	27
Joint Sealent	1.685,00	M'	49	34,39	4,91	10,32	44,70	38

## 2. Alternatif penambahan tenaga kerja

Hasil perhitungan produktifitas harian, produktifitas setelah *crashing* (penambahan jumlah tenaga kerja) dan *crash duration* untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.11 Produktifitas harian, Produktifitas penambahan jumlah tenaga kerja dan *Crash*

*Duration* tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Durasi (HK)	Prod. Harian	Prod. Setelah Penambahan Tenaga Kerja	Crash Duration
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	1.753,02	M <sup>3</sup>	28	62,61	72,00	25
Beton Fc' 20 Mpa	1.685,60	M <sup>3</sup>	49	34,40	39,56	43
Beton Fc' 10 Mpa	876,51	M <sup>3</sup>	35	25,04	28,80	31
Baja Tulangan	38.083,42	Kg	35	1.088,10	1.251,31	31
Joint Sealent	1.685,00	M'	49	34,39	39,55	43

## *Crash Cost*

### 1. Alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Hasil perhitungan upah kerja harian normal, upah kerja per jam normal, upah lembur per hari (3 jam kerja), crash cost per hari dan crash cost total untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.8 Upah kerja harian normal, Upah kerja per jam normal, Upah lembur per hari (3 jam kerja), *Crash Cost* per hari dan *Crash Total* tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Harga Satuan Upah/Satuan Pekerjaan	Upah Kerja Harian Normal (Rp)	Upah Kerja Per Jam Normal (Rp)	Upah Lembur (Rp)	Crash Cost Harian (Rp)	Crash Cost Total (Rp)
a	b	c	d	e	f	g
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	5.267,04	329.758,09	47.108,30	511.500,00	841.258,09	18.507.677,93
Beton Fc' 20 Mpa	87.850,00	3.022.040,00	431.720,00	1.380.500,00	4.402.540,00	167.296.520,00
Beton Fc' 10 Mpa	87.850,00	2.200.040,10	314.291,44	1.380.500,00	3.580.540,10	96.674.582,70
Baja Tulangan	5.273,34	5.737.909,20	819.701,31	621.500,00	6.359.409,20	171.704.048,42
Joint Sealent	2.633,33	90.554,31	12.936,33	209.000,00	299.554,31	11.383.063,67

## 2. Alternatif penambahan tenaga kerja

Hasil perhitungan upah kerja harian normal, upah kerja setelah crashing (penambahan jumlah tenaga kerja) dan crash cost untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.12 Upah kerja harian normal, Upah kerja setelah *crashing* (penambahan jumlah tenaga kerja) dan *Crash Cost* untuk tiap kegiatan kritis

URAIAN PEKERJAAN	Harga Satuan Upah/Satuan Pekerjaan	Upah Kerja Harian Normal (Rp)	Harga Satuan Upah Crash (Rp)	Upah Harian Crash (Rp)	Crash Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	5.267,04	329.758,09	5.014,46	361.036,28	9.025.907,12
Beton Fc' 20 Mpa	87.850,00	3.022.040,00	94.587,50	3.741.881,50	160.900.904,50
Beton Fc' 10 Mpa	87.850,00	2.200.040,10	94.587,50	2.724.083,52	84.446.589,00
Baja Tulangan	5.273,34	5.737.909,20	5.205,25	6.513.387,46	201.915.011,41
Joint Sealent	2.633,33	90.554,31	1.686,25	66.684,11	2.867.416,61

## *Cost Slope*

### 1. Alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Hasil perhitungan *cost slope* untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.9 *Cost Slope* tiap kegiatan kritis

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	d	e	f
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	22	9.233.226,46	18.507.677,93	1.545.741,91
Beton Fc' 20 Mpa	49	38	148.079.960,00	167.296.520,00	1.746.960,00
Beton Fc' 10 Mpa	35	27	77.001.403,50	96.674.582,70	2.459.147,40
Baja Tulangan	35	27	200.826.822,02	171.704.048,42	(3.640.346,70)
Joint Sealent	49	38	4.437.161,05	11.383.063,67	631.445,69

2. Alternatif penambahan tenaga kerja

Hasil perhitungan *cost slope* untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.13 *Cost Slope* tiap kegiatan kritis

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	d	e	f
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	25	9.233.226,46	9.025.907,12	(69.106,45)
Beton Fc' 20 Mpa	49	43	148.079.960,00	160.900.904,50	2.136.824,08
Beton Fc' 10 Mpa	35	31	77.001.403,50	84.446.589,00	1.861.296,38
Baja Tulangan	35	31	200.826.822,02	201.915.011,41	272.047,35
Joint Sealent	49	43	4.437.161,05	2.867.416,61	(261.624,07)

Setelah didapatkan data-data tersebut diatas, maka dilakukan analisa Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*) sehingga diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Urutan *cost slope* dimulai dari aktifitas yang mempunyai *cost slope* terendah untuk alternatif penambahan jam kerja (lembur) disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.14 Urutan kegiatan dengan *cost slope* terendah

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	d
Baja Tulangan	35	27	(3.640.346,70)
Joint Sealent	49	38	631.445,69
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	22	1.545.741,91
Beton Fc' 20 Mpa	49	38	1.746.960,00
Beton Fc' 10 Mpa	35	27	2.459.147,40

a. Analisa Percepatan Durasi

Dengan metode CPM, dicari total durasi setelah percepatan proyek. Total durasi proyek setelah crashing seperti tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 4.15 Total durasi proyek setelah *crashing*

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Total Crash	Total Durasi Proyek
a	b	c	d	e
Baja Tulangan	35	27	8	140
Joint Sealent	49	38	11	140
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	22	6	134
Beton Fc' 20 Mpa	49	38	11	126
Beton Fc' 10 Mpa	35	27	8	125

Keterangan Tabel 4.15 :

Kegiatan yang berwarna merah merupakan kegiatan yang akan dihitung analisa waktu dan biaya percepatannya. Hal ini dikarenakan kegiatan lainnya tidak mempengaruhi durasi proyek walaupun dilakukan percepatan.

b. Analisa Waktu dan Biaya

Adapun hasil perhitungan analisa waktu dan biaya untuk alternatif penambahan jam kerja lembur tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan *Direct Cost* (Biaya Langsung)

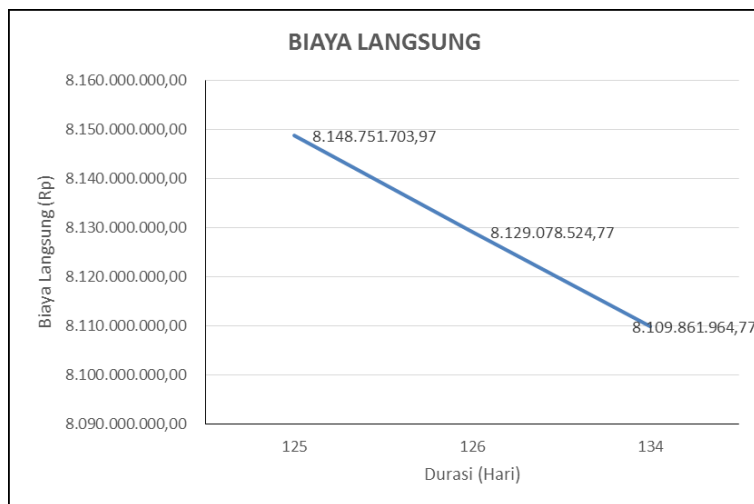
URAIAN PEKERJAAN	Cost Slope (Rp)	Durasi Normal (HK)	Crash Duration	Total Crash	Total Durasi Proyek	Tambahan Biaya (Rp)	Kumulatif Tambahan Biaya (Rp)	Biaya Langsung (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h	i
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	1.545.741,91	28	22	6	134	9.274.451,46	9.274.451,46	8.109.861.964,77
Beton Fc' 20 Mpa	1.746.960,00	49	38	11	126	19.216.560,00	28.491.011,46	8.129.078.524,77
Beton Fc' 10 Mpa	2.459.147,40	35	27	8	125	19.673.179,20	48.164.190,66	8.148.751.703,97



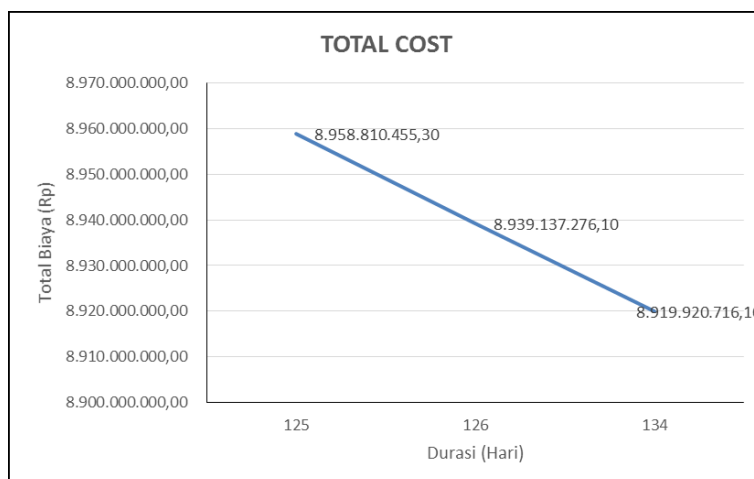
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan *Total Cost* (Biaya Total)

URAIAN PEKERJAAN	Durasi Normal (HK)	Crash Duration	Total Crash	Total Durasi Proyek	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	22	6	134	8.109.861.964,77	810.058.751,33	8.919.920.716,10
Beton Fc' 20 Mpa	49	38	11	126	8.129.078.524,77	810.058.751,33	8.939.137.276,10
Beton Fc' 10 Mpa	35	27	8	125	8.148.751.703,97	810.058.751,33	8.958.810.455,30

Setelah diketahui hasil dari perhitungan diatas, maka dibuatlah dalam bentuk grafik hubungan biaya terhadap waktu yang disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 4.6 Grafik perubahan biaya langsung terhadap waktu untuk alternatif penambahan jam kerja (lembur)



Gambar 4.7 Grafik perubahan biaya total terhadap waktu untuk alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Dari gambar 4.7 total biaya yang diperoleh terhadap waktu optimum adalah sebagai berikut:

- a. Waktu optimum = 125 Hari Kalender (HK)
- b. Total biaya optimum = Rp 8.958.810.455,30

Dengan efisiensi waktu sebagai berikut :

Efisiensi waktu =  $(125/140 \times 100\%) = 89,29 \%$

Penambahan biaya yang terjadi sebesar:

= Rp 8.958.810.455,30 – Rp. 8.910.000.000,00  
 = Rp 48.810.455,30

2. Alternatif penambahan tenaga kerja

Urutan *cost slope* dimulai dari aktifitas yang mempunyai *cost slope* terendah untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.18 Urutan Kegiatan dengan *Cost Slope* Terendah

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	f
Joint Sealent	49	43	(261.624,07)
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	25	(69.106,45)
Baja Tulangan	35	31	272.047,35
Beton Fc' 10 Mpa	35	31	1.861.296,38
Beton Fc' 20 Mpa	49	43	2.136.824,08

a. Analisa Percepatan Durasi

Dengan metode CPM, dicari total durasi setelah percepatan proyek. Total durasi proyek setelah crashing seperti tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 4.19 Total durasi proyek setelah *crashing*

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Total Crash	Total Durasi Proyek
a	b	c		f
Joint Sealent	49	43	6	140
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	25	3	137
Baja Tulangan	35	31	4	137
Beton Fc' 10 Mpa	35	31	4	137
Beton Fc' 20 Mpa	49	43	6	133

Keterangan Tabel 4.19 :

Kegiatan yang berwarna merah merupakan kegiatan yang akan dihitung analisa waktu dan biaya percepatannya. Hal ini dikarenakan kegiatan lainnya tidak mempengaruhi durasi proyek walaupun dilakukan percepatan.

b. Analisa Waktu dan Biaya

Adapun hasil perhitungan analisa waktu dan biaya untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja tersaji dalam tabel berikut:

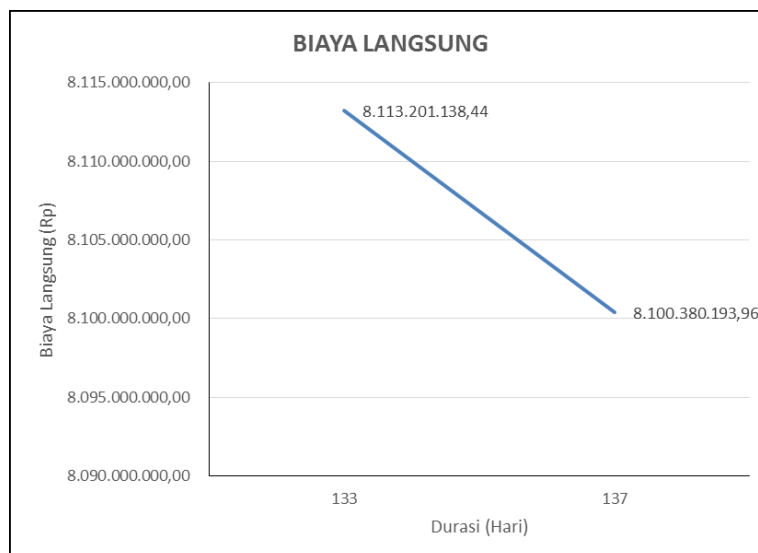
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan *Direct Cost* (Biaya Langsung)

URAIAN PEKERJAAN	Cost Slope (Rp)	Durasi Normal (HK)	Crash Duration	Total Crash	Total Durasi Proyek	Tambahan Biaya (Rp)	Kumulatif Tambahan Biaya (Rp)	Biaya Langsung (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h	i
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	(69.106,45)	28	25	3	137	(207.319,35)	(207.319,35)	8.100.380.193,96
Beton Fc' 20 Mpa	2.136.824,08	49	43	6	133	12.820.944,48	12.613.625,13	8.113.201.138,44

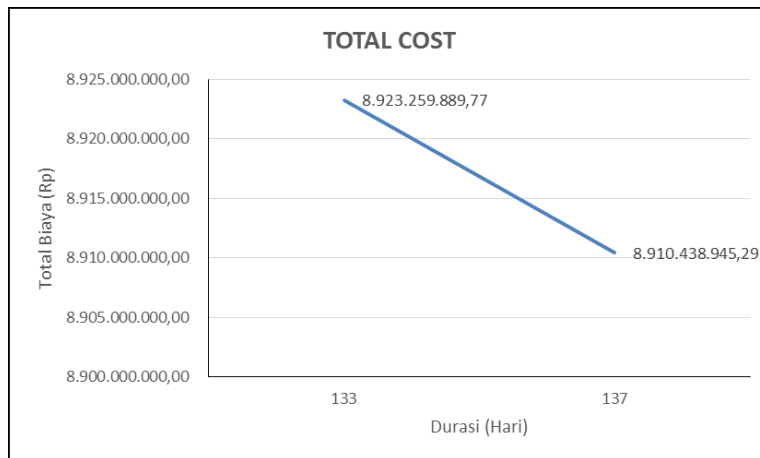
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan *Total Cost* (Biaya Total)

URAIAN PEKERJAAN	Durasi Normal (HK)	Crash Duration	Total Crash	Total Durasi Proyek	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	28	25	3	137	8.100.380.193,96	810.058.751,33	8.910.438.945,29
Beton Fc' 20 Mpa	49	43	6	133	8.113.201.138,44	810.058.751,33	8.923.259.889,77

Setelah diketahui hasil dari perhitungan diatas, maka dibuatlah dalam bentuk grafik hubungan biaya terhadap waktu yang disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 4.8 Grafik perubahan biaya langsung terhadap waktu untuk alternatif penambahan tenaga kerja



Gambar 4.9 Grafik perubahan biaya total terhadap waktu untuk alternatif penambahan tenaga kerja

Dari gambar 4.9 total biaya diperoleh waktu optimum dan total biaya optimum sebagai berikut

- a. Waktu optimum = 133 Hari Kalender (HK)  
 b. Total biaya optimum = Rp 8.923.259.889,77

Dengan efisiensi waktu sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi waktu} = (133/140 \times 100\%) = 95 \%$$

Penambahan biaya yang terjadi sebesar:

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 8.923.259.889,77 - \text{Rp. } 8.910.000.000,00 \\ &= \text{Rp } 13.259.889,77 \end{aligned}$$

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa Time Cost Trade Off pada proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (Lapen-Rigid) , maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Waktu optimum untuk mempercepat durasi dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) adalah 125 Hari Kalender (HK) dengan efisiensi waktu optimum sebesar 89,29% artinya terdapat penghematan waktu sebesar 10,71% atau 15 Hari Kalender (HK) dari durasi normalnya, sedangkan waktu optimum untuk mempercepat durasi dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja adalah 133 Hari Kalender (HK) dengan efisiensi waktu optimum sebesar 95% artinya terdapat penghematan waktu sebesar 5% atau 7 Hari Kalender (HK) dari durasi normalnya.
2. Total biaya optimum dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.958.810.455,30 artinya terjadi peningkatan biaya sebesar 0,55% atau Rp 48.810.455,30, dan total biaya optimum dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.923.259.889,77 artinya terjadi peningkatan biaya sebesar 0,15% atau Rp 13.259.889,77.

Dari kedua alternatif tersebut, penambahan tenaga kerja lebih menguntungkan dari segi biaya karena hanya terjadi peningkatan biaya dalam jumlah yang relatif kecil, meskipun durasi proyek hanya mampu menghemat waktu sebesar 5% saja atau 7 Hari Kalender (HK) dari durasi normalnya.

Berdasarkan hasil analisa Time Cost Trade Off pada proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (Lapen-Rigid), maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Pada alternatif penambahan jam kerja (lembur), kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis yang dapat dipercepat adalah :
  - a. Lapis Pondasi Agregat Kelas B
  - b. Beton fc' 20 MPa
  - c. Beton fc' 10 MPa
2. Pada alternatif penambahan jumlah tenaga kerja, kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis yang dapat dipercepat adalah :
  - a. Lapis Pondasi Agregat Kelas B
  - b. Beton fc' 20 MPa
3. Percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja merupakan salah satu saran bagi pihak perusahaan yang ingin mendapatkan waktu dan biaya optimum proyek.
4. Selain alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja, dapat dicoba alternatif lain seperti penambahan kapasitas alat, menggunakan peralatan yang lebih baru dan modern atau menggunakan metode kerja yang baru, sehingga dapat menghasilkan pengurangan durasi yang maksimal dengan biaya proyek yang lebih minimum.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 2004, *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur*, Jakarta: Departemen PU.
- Dipohusodo, Istimawan, 1996, *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*, Yogyakarta: Kanisius.
- Frederika, Ariany, 2010, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.14, No.2*, Denpasar: Universitas Udayana.
- Husen, Abrar, 2009, *Manajemen Proyek*, Yogyakarta: ANDI.
- Santosa, Budi, 2003, *Manajemen Proyek*, Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Setiawan, Bagus Budi, 2012, *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta*, Jurnal Konstruksia Vol.4, No.1, Hal.27, Jakarta: Universitas Muhammdiyah Jakarta.

- Soeharto, Iman, 1999, *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- Wulfram, Ervianto, 2004, *Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta: ANDI.
- Yana, A.A Gde Agung, 2006, *Pengaruh Jam Kerja Lembur terhadap Biaya Percepatan Proyek dengan Time Cost Trade Off Analysis*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.10, No.2, Denpasar: Universitas Udayana.

**DURATION ACCELERATION ANALYSIS  
WITH THE "TIME COST TRADE OFF" METHOD  
AT JALAN BUKIT SERIBU ROAD PROJECTS  
(LAPEN-RIGID)  
SAMARINDA CITY**

**Achmad Darmadi  
15.11.1001.7311.035**

**CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
FACULTY OF ENGINEERING  
UNIVERSITY OF AUGUST 17, 1945 SAMARINDA  
2019**

**ABSTRACT**

*Scheduling is a very important initial stage in starting a job. Project scheduling is one element of the results of planning that can provide information about the planned schedule and project progress in terms of resource performance in the form of costs, labor, equipment and materials as well as the project duration plan and progress time for project completion. Crashing method is one of the methods used to shorten the duration of the activities of a project, where activities that can be done Crashing are activities that are on the critical path, and in this study the determination of critical activities is obtained by using the Critical Path Method (CPM). The application of this method aims to determine the optimum duration obtained by the alternative of adding hours of work (overtime) and an alternative to adding the number of workers. From the results of data analysis using the Time Cost Trade Off method, the optimum duration for the addition of working hours (overtime) is 125 calendar days with an optimum time efficiency of 89.29%, meaning that there is a time savings of 10.71% or 15 calendar days of duration normally and costs increase from Rp 8,910,000,000.00 to Rp 8,958,810,455.30, while the optimum duration for an alternative increase in the number of workers is 133 calendar days with an optimum time efficiency of 95% meaning there is a time savings of 5% or 7 calendar days from its normal duration and costs increased from Rp 8,910,000,000.00 to Rp 8,923,259,889.77.*

*Keywords: Duration acceleration, Critical Path Method, Time Cost Trade Off*

## **INTRODUCTION**

Scheduling is a very important initial stage in starting a job. Project scheduling is one element of the results of planning that can provide information about the planned schedule and project progress in terms of resource performance in the form of costs, labor, equipment and materials as well as the project duration plan and progress time for project completion. (Abrar Husen,2009). With this scheduling we can know when activities will start, postpone and be completed, so that the control of resources will be adjusted according to the needs determined.

Based on the background above, there are several problems which are then focused on how to obtain the optimum time to accelerate the duration and obtain the optimum total cost with the alternative of adding hours of work (overtime) and an alternative to adding the amount of labor to the project under study.

The purpose of this research is to determine the optimum time to accelerate the optimum duration and total cost by an alternative to adding hours of work (overtime) and an alternative to increasing the number of workers in the Bukit Seribu (Lapen-Rigid) Road Improvement project.

To limit the breadth of the scope of the discussion, this research can describe several things that become a reference in analyzing, namely using 2 (two) alternatives, namely the addition of working hours (overtime) with 3 (three) hours of work and the addition of the workforce of 15% of the number of workers used and unit prices, equipment and material capacity does not change during project implementation.

## **HOW TO RESEARCH AND RESOLUTION**

The research was carried out on the Bukit Seribu (Lapen-Rigid) Road Improvement project with a handling length of 1.686 km and a implementation period of 140 calendar days with a total work cost of Rp. 8,910,000,000.00. Collecting data in the form of secondary data to identify project conditions and relationships between activities consisting of Time Schedule as normal duration, Budget Plan as normal cost, project drawings and unit price analysis. By using the CPM method, critical paths are obtained for each work that will be accelerated in order to get the optimum time to accelerate a job and the optimum costs caused by the acceleration.

From the results of data collection and analyzing the data, the results are obtained as presented in the following table:



## Secondary Data

Table 4.1 Normal Time Schedule using S curve

NO. BAB	ITEM PEKERJAAN	BOBOT %	JADWAL PELAKSANAAN PEKERJAAN																				K E T
			WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN 140 (SERATUS EMPAT PULUH) HARI KALENDER																				
			Bulan Ke-1				Bulan Ke-2				Bulan Ke-3				Bulan Ke-4				Bulan Ke-5				
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
I	DIVISI 1. UMUM																						
1.	Mobilisasi & Demobilisasi	0,09	0,03	0,03																0,03			
II	DIVISI 5. PEKERJAAN PERKERASAN BERBUTIR																						
1.	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	14,69		3,07	3,07	3,07	3,07																
III	DIVISI 7. PEKERJAAN STRUKTUR																						
1.	Beton Fc' 20 Mpa	51,15					4,49	4,49	4,49	4,49		7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31				
2.	Beton Fc' 10 Mpa	22,45																					
3.	Baja Tulangan	11,20										2,24	2,24	2,24	2,24	2,24							
4.	Joint Sealant	0,42											0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06			
		100,00																					
	BOBOT RENCANA		0,03	0,03	3,67	3,67	3,67	3,67	4,49	4,49	4,49	4,49	6,73	9,55	9,61	9,61	9,61	7,37	7,37	7,37		0,03	
	BOBOT RENCANA KOMULATIF		0,03	0,06	3,73	7,41	11,08	14,75	19,24	23,73	28,22	32,71	39,44	48,99	58,59	68,20	77,81	85,18	92,54	99,91		100,00	
	BOBOT REALISASI		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
	BOBOT REALISASI KOMULATIF		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
	DEVIASI																						

Table 4.2 Details of direct costs

	JOB DESCRIPTION	VOLUME	UNIT	DURATION (CALENDAR DAY)	UNIT PRICE	AMOUNT OF (Rp)	QUALITY (%)
<b>I</b>	DIVISION 1. GENERAL						
1	Mobilization & Demobilization	1,00	Ls	21	7.500.000,00	7.500.000,00	0,09
<b>II</b>	DIVISION 5. VIOLENCE WORK						
1	Class B Aggregate Foundation Layer	1.753,02	M³	28	678.650,16	1.189.690.014,71	14,69
<b>III</b>	DIVISION 7. STRUCTURAL WORK						
1	Concrete Fc '20 Mpa	1.685,60	M³	49	2.457.993,50	4.143.193.841,22	51,15
2	Concrete Fc '10 Mpa	876,51	M³	35	2.074.884,35	1.818.661.031,39	22,45
3	Reinforcing steel	38.083,42	Kg	35	23.829,12	907.494.363,09	11,20
4	Joint Sealant	1.685,00	M'	49	20.206,68	34.048.262,90	0,42
	<b>TOTAL OF DIRECT COSTS</b>					<b>8.100.587.513,31</b>	<b>100,00</b>

Table 4.3 Details of indirect costs

	TYPES OF COST	AMOUNT OF (Rp)
1.	value-added tax (10%)	810.058.751,33
	<b>TOTAL OF INDIRECT COSTS</b>	<b>810.058.751,33</b>

Table 4.4 Details of total costs

	TYPES OF COST	AMOUNT OF (Rp)
1.	Direct cost	8.100.587.513,31
2.	Indirect Costs	810.058.751,33
	<b>TOTAL WORK'S COST</b>	<b>8.910.646.264,64</b>
	<b>ROUNDING</b>	<b>8.910.000.000,00</b>

The relationship between the activities is obtained from the results of data processing companies. With using CPM diagrams, these linkages are formed in the network to identify critical activities according to the following tables and figures:

Table 4.5 Activity codes for each activity

Activity Code	Job Details	Duration (Calendar Day)
A	Mobilization	14
O	Demobilization	7
B	Class B Aggregate Foundation Layer	28
C	Concrete Fc '20 Mpa	49
D	Concrete Fc '10 Mpa	35
E	Reinforcing steel	35
F	Joint Sealent	49

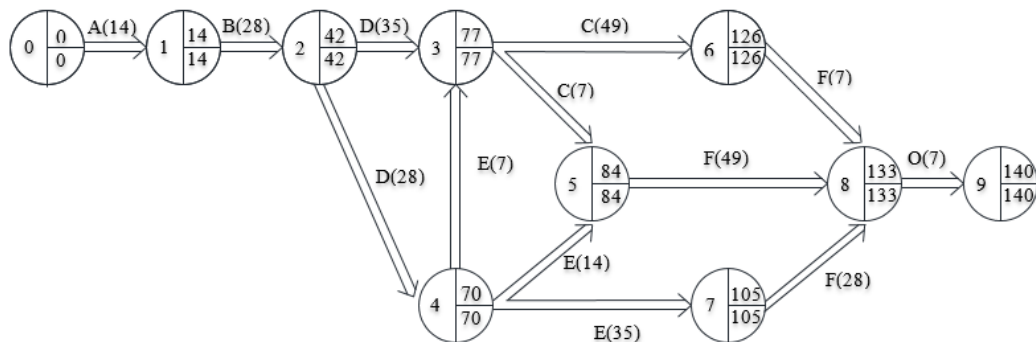


Figure 4.4 Network Planning

After critical activities are obtained, then determine the Crash Duration, the Crash Cost, and the Cost Slope.

**Crash Duration**

1. Alternative addition of working hours (overtime)

The results of the calculation of daily productivity, hourly productivity, daily productivity after a crash and Crash Duration for each critical activity are presented in the following table:

Table 4.6 Daily productivity, hourly productivity, Daily productivity after a crash and Crash Duration for each critical activity

Job Details	Volume	Unit	Duration (Calendar Day)	Daily Prod.	Hourly Prod.	Overtime Prod.	Crash Prod.	Crash Duration
Class B Aggregate Foundation Layer	1.753,02	M <sup>3</sup>	28	62,61	8,94	18,78	81,39	22
Concrete Fc '20 Mpa	1.685,60	M <sup>3</sup>	49	34,40	4,91	10,32	44,72	38
Concrete Fc '10 Mpa	876,51	M <sup>3</sup>	35	25,04	3,58	7,51	32,56	27
Reinforcing steel	38.083,42	Kg	35	1.088,10	155,44	326,43	1.414,53	27
Joint Sealent	1.685,00	M <sup>2</sup>	49	34,39	4,91	10,32	44,70	38

## 2. Alternative employment addition

The results of the calculation of daily productivity, productivity after crashing (increase in the number of workers) and crash duration for each critical activity are presented in the following table:

Table 4.11 Daily productivity, Productivity increase in the number of workers and Crash Duration of each critical activity

Job Details	Volume	Unit	Duration (Calendar Day)	Daily Prod.	After Addition of Labor Prod.	Crash Duration
Class B Aggregate Foundation Layer	1.753,02	M <sup>3</sup>	28	62,61	72,00	25
Concrete Fc '20 Mpa	1.685,60	M <sup>3</sup>	49	34,40	39,56	43
Concrete Fc '10 Mpa	876,51	M <sup>3</sup>	35	25,04	28,80	31
Reinforcing steel	38.083,42	Kg	35	1.088,10	1.251,31	31
Joint Sealent	1.685,00	M <sup>2</sup>	49	34,39	39,55	43

## *Crash Cost*

### 1. Alternative addition of working hours (overtime)

The results of the calculation of normal daily wage, normal hourly wage, overtime per day (3 hours of work), crash cost per day and total crash cost for each critical activity are presented in the following table:

Table 4.8 Normal daily work wages, Normal hourly work wages, Daily overtime wages (3 hours work), Daily Crash Cost and Total Crash for each critical activity

Job Details	Unit price Wage / Job Unit	Normal Daily Work Wage (Rp)	Normal Hourly Work Wage (Rp)	Overtime Wages (Rp)	Daily Crash Cost (Rp)	Total Crash Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g
Class B Aggregate Foundation Layer	5.267,04	329.758,09	47.108,30	511.500,00	841.258,09	18.507.677,93
Concrete Fc '20 Mpa	87.850,00	3.022.040,00	431.720,00	1.380.500,00	4.402.540,00	167.296.520,00
Concrete Fc '10 Mpa	87.850,00	2.200.040,10	314.291,44	1.380.500,00	3.580.540,10	96.674.582,70
Reinforcing steel	5.273,34	5.737.909,20	819.701,31	621.500,00	6.359.409,20	171.704.048,42
Joint Sealent	2.633,33	90.554,31	12.936,33	209.000,00	299.554,31	11.383.063,67

## 2. Alternative employment addition

The results of the calculation of normal daily wage, work wage after crashing (increase in the number of workers) and crash cost for each critical activity are presented in the following table:

Table 4.12 Normal daily work wages, Work wages after crashing (increase in the number of workers) and Crash Cost for each critical activity

Job Details	Unit price Wage / Job Unit	Normal Daily Work Wage (Rp)	Crash Unit price Wage (Rp)	Crash Daily Wage (Rp)	Crash Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f
Class B Aggregate Foundation Layer	5.267,04	329.758,09	5.014,46	361.036,28	9.025.907,12
Concrete Fc '20 Mpa	87.850,00	3.022.040,00	94.587,50	3.741.881,50	160.900.904,50
Concrete Fc '10 Mpa	87.850,00	2.200.040,10	94.587,50	2.724.083,52	84.446.589,00
Reinforcing steel	5.273,34	5.737.909,20	5.205,25	6.513.387,46	201.915.011,41
Joint Sealent	2.633,33	90.554,31	1.686,25	66.684,11	2.867.416,61

## Cost Slope

### 1. Alternative addition of working hours (overtime)

The results of the cost slope calculation for each critical activity are presented in the following table:

Table 4.9 Cost Slope for each critical activity

Job Details	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration (Calendar Day)	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	d	e	f
Class B Aggregate Foundation Layer	28	22	9.233.226,46	18.507.677,93	1.545.741,91
Concrete Fc '20 Mpa	49	38	148.079.960,00	167.296.520,00	1.746.960,00
Concrete Fc '10 Mpa	35	27	77.001.403,50	96.674.582,70	2.459.147,40
Reinforcing steel	35	27	200.826.822,02	171.704.048,42	(3.640.346,70)
Joint Sealent	49	38	4.437.161,05	11.383.063,67	631.445,69

2. Alternative employment addition

The results of the cost slope calculation for each critical activity are presented in the following table:

Table 4.13 Cost Slope for each critical activity

URAIAN PEKERJAAN	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration (Calendar Day)	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	d	e	f
Class B Aggregate Foundation Layer	28	25	9.233.226,46	9.025.907,12	(69.106,45)
Concrete Fc '20 Mpa	49	43	148.079.960,00	160.900.904,50	2.136.824,08
Concrete Fc '10 Mpa	35	31	77.001.403,50	84.446.589,00	1.861.296,38
Reinforcing steel	35	31	200.826.822,02	201.915.011,41	272.047,35
Joint Sealent	49	43	4.437.161,05	2.867.416,61	(261.624,07)

After obtaining the above data, the Time Cost Trade Off analysis is performed in order to obtain the following data:

1. Alternative addition of working hours (overtime)

The order of cost slope starting from the activity that has the lowest cost slope for alternative addition of working hours (overtime) is presented in the following table:

Table 4.14 Order of activities with the lowest cost slope

JOB DETAILS	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration (Calendar Day)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	d
Reinforcing steel	35	27	(3.640.346,70)
Joint Sealent	49	38	631.445,69
Class B Aggregate Foundation Layer	28	22	1.545.741,91
Concrete Fc '20 Mpa	49	38	1.746.960,00
Concrete Fc '10 Mpa	35	27	2.459.147,40

a. Duration Acceleration Analysis

With the CPM method, the total duration after the project acceleration is sought. The total duration of the project after crashing is presented in the following table:

Table 4.15 Total durasi proyek setelah *crashing*

JOB DETAILS	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration (Calendar Day)	Total Crash	Total Project Duration
a	b	c	d	e
Reinforcing steel	35	27	8	140
Joint Sealent	49	38	11	140
Class B Aggregate Foundation Layer	28	22	6	134
Concrete Fc '20 Mpa	49	38	11	126
Concrete Fc '10 Mpa	35	27	8	125

Remarks Table 4.15:

The red activities are the activities that will be calculated the time and cost of the acceleration analysis. This is because other activities do not affect the duration of the project even though it is accelerating.

b. Time and Cost Analysis

The results of the calculation of time and cost analysis for alternatives to overtime hours are presented in the following table:

Table 4.16 Results of Direct Cost Calculation

JOB DETAILS	Cost Slope (Rp)	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration	Total Crash	Total Project Duration	Additional fee (Rp)	Cumulative Additional Costs (Rp)	Direct Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h	i
Class B Aggregate Foundation Layer	1.545.741,91	28	22	6	134	9.274.451,46	9.274.451,46	8.109.861.964,77
Concrete Fc '20 Mpa	1.746.960,00	49	38	11	126	19.216.560,00	28.491.011,46	8.129.078.524,77
Concrete Fc '10 Mpa	2.459.147,40	35	27	8	125	19.673.179,20	48.164.190,66	8.148.751.703,97

Table 4.17 Results of Calculation of Total Cost

JOB DETAILS	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration	Total Crash	Total Project Duration	Direct Cost (Rp)	Indirect Cost (Rp)	Total Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h
Class B Aggregate Foundation Layer	28	22	6	134	8.109.861.964,77	810.058.751,33	8.919.920.716,10
Concrete Fc '20 Mpa	49	38	11	126	8.129.078.524,77	810.058.751,33	8.939.137.276,10
Concrete Fc '10 Mpa	35	27	8	125	8.148.751.703,97	810.058.751,33	8.958.810.455,30

After knowing the results of the above calculations, then made in the form of a graph of the relationship of costs to time presented in the following figure:

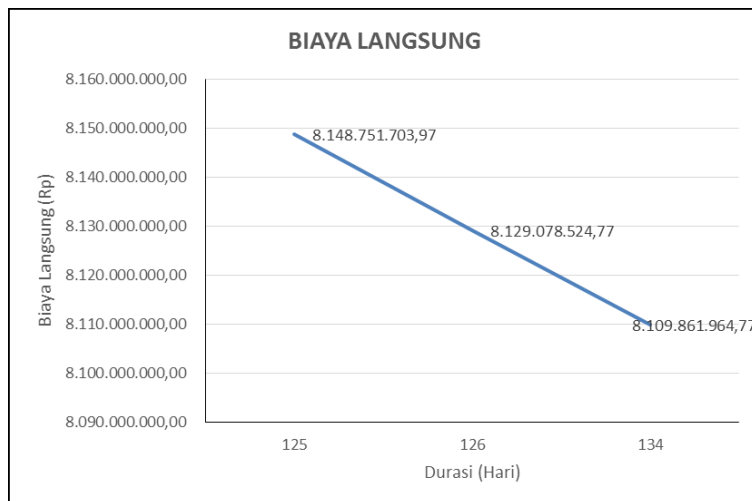


Figure 4.6 Graph of changes in direct costs over time for alternatives to adding work hours (overtime)

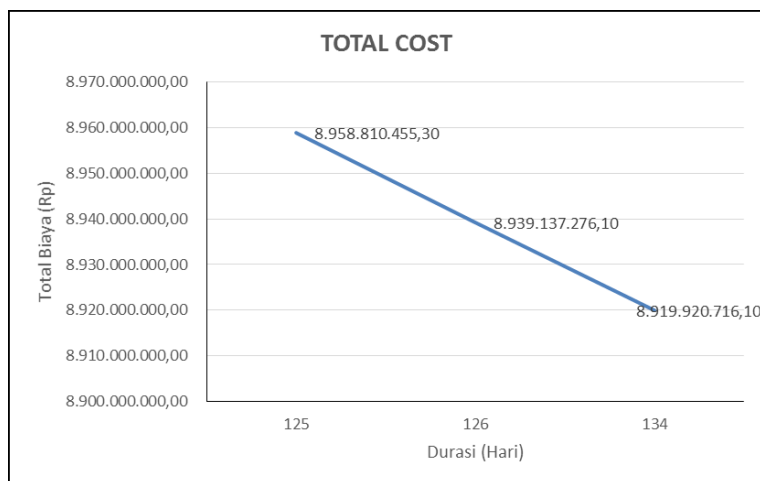


Figure 4.7 Graph of changes in total cost over time for alternatives to adding work hours (overtime)

From Figure 4.7 the total costs obtained for the optimum time are as follows:

- a. Optimum time = 125 Calendar Days
- b. Total optimum cost = Rp. 8,958,810,455,30

With time efficiency as follows:

Time efficiency =  $(125/140 \times 100\%) = 89.29\%$

Additional costs incurred by:

= Rp. 8,958,810,455.30 - Rp. 8,910,000,000.00  
 = Rp. 48,810,455.30

2. Alternative employment addition

The order of cost slope starting from activities that have the lowest cost slope for alternatives to increasing the number of workers is presented in the following table:

Table 4.18 Sequence of Activities with the Lowest Cost Slope

JOB DETAILS	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration (Calendar Day)	Cost Slope (Rp)
a	b	c	f
Joint Sealent	49	43	(261.624,07)
Class B Aggregate Foundation Layer	28	25	(69.106,45)
Reinforcing steel	35	31	272.047,35
Concrete Fc '10 Mpa	35	31	1.861.296,38
Concrete Fc '20 Mpa	49	43	2.136.824,08

a. Duration Acceleration Analysis

With the CPM method, determine total duration after the project acceleration. The total duration of the project after crashing is presented in the following table:

Table 4.19 The total duration of the project after crashing

JOB DETAILS	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration (Calendar Day)	Total Crash	Total Project Duration
a	b	c		f
Joint Sealent	49	43	6	140
Class B Aggregate Foundation Layer	28	25	3	137
Reinforcing steel	35	31	4	137
Concrete Fc '10 Mpa	35	31	4	137
Concrete Fc '20 Mpa	49	43	6	133



Remarks Table 4.19:

The red activities are the activities that will be calculated the time and cost of the acceleration analysis. This is because other activities do not affect the duration of the project even though it is accelerating.

b. Time and Cost Analysis

The results of the calculation of time and cost analysis for alternatives to adding the number of workers are presented in the following table:

Table 4.20 Results of Direct Cost Calculation

JOB DETAILS	Cost Slope (Rp)	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration	Total Crash	Total Project Duration	Additional Cost (Rp)	Additional Cost Cumulative (Rp)	Direct Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h	i
Class B Aggregate Foundation Layer	(69.106,45)	28	25	3	137	(207.319,35)	(207.319,35)	8.100.380.193,96
Concrete Fc '20 Mpa	2.136.824,08	49	43	6	133	12.820.944,48	12.613.625,13	8.113.201.138,44

Table 4.21 Results of Calculation of Total Cost

JOB DETAILS	Normal Duration (Calendar Day)	Crash Duration	Total Crash	Total Project Duration	Direct Cost (Rp)	Indirect Cost (Rp)	Total Cost (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	h
Class B Aggregate Foundation Layer	28	25	3	137	8.100.380.193,96	810.058.751,33	8.910.438.945,29
Concrete Fc '20 Mpa	49	43	6	133	8.113.201.138,44	810.058.751,33	8.923.259.889,77

After knowing the results of the above calculations, then make a graph of the relationship of costs to time that has been presented in the following figure:

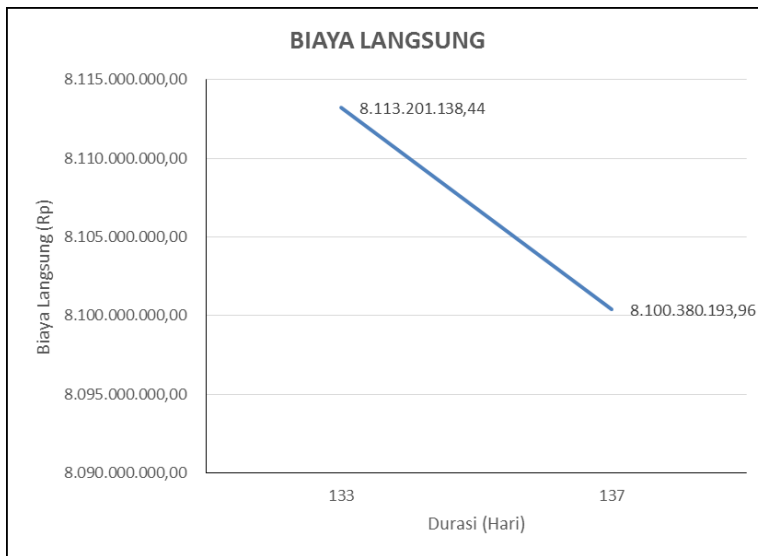


Figure 4.8 Graph of changes in direct costs over time for alternatives to adding labor

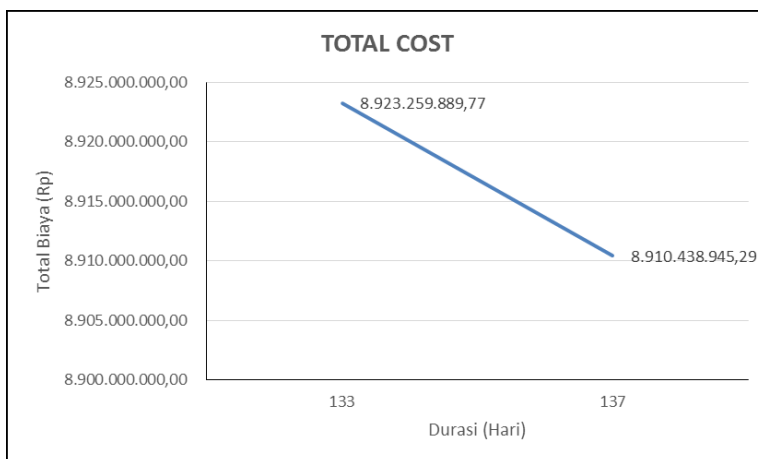


Figure 4.9 Graph of changes in total cost over time for alternatives to adding labor

From Figure 4.9 the total cost is obtained by the optimum time and the optimum total cost as follows:

- a. Optimum time = 133 calendar days
- b. Total optimum cost = Rp 8,923,259,889.77

With time efficiency as follows:

Time efficiency =  $(133/140 \times 100\%) = 95\%$

Additional costs incurred by:

= Rp. 8,923,259,889.77 - Rp. 8,910,000,000.00  
 = Rp. 13,259,889.77

## CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

Based on the results of the Time Cost Trade Off analysis on the Bukit Seribu (Lapen-Rigid) Road Improvement project, it can be concluded as follows:

1. The optimum time to accelerate the duration with an alternative addition of working hours (overtime) is 125 Calendar Days with an optimum time efficiency of 89.29% meaning there is a time savings of 10.71% or 15 Calendar Days of the normal duration, while the optimum time to accelerate the duration with an alternative increase in the number of workers is 133 Calendar Days with an optimum time efficiency of 95% meaning there is a time savings of 5% or 7 Calendar Days of the normal duration.
2. The optimum total cost with an alternative to adding hours of work (overtime) has increased from Rp 8,910,000,000.00 to Rp 8,958,810,455.30, which means an increase in costs by 0.55% or Rp 48,810,455.30, and the total optimum cost by alternative addition to the number of workers increased from Rp 8,910,000,000.00 to Rp 8,923,259,889.77 meaning that there was an increase in costs by 0.15% or Rp 13,259,889.77.

Of the two alternatives, the addition of labor is more profitable in terms of cost because there is only an increase in costs in a relatively small amount, although the duration of the project is only able to save time by only 5% or 7 Calendar Days of its normal duration.

Based on the results of the Time Cost Trade Off analysis on the Bukit Seribu (Lapen-Rigid) Road Improvement project, it can be suggested as follows:

1. In the alternative to increasing working hours (overtime), activities that are on the critical path that can be accelerated are:
  - a. Class B Aggregate Foundation Layer
  - b. Concrete Fc '20 Mpa
  - c. Concrete Fc '10 Mpa
2. In the alternative to increasing the number of workers, activities that are on the critical path that can be accelerated are:
  - a. Class B Aggregate Foundation Layer
  - b. Concrete Fc '20 Mpa
3. The acceleration of the duration of the project with the alternative of adding work hours (overtime) and increasing the number of workers is one of the suggestions for the company that wants to get the optimum time and cost of the project.
4. In addition to alternatives to increasing work hours (overtime) and increasing the number of workers, other alternatives can be tried such as increasing equipment capacity, using newer and modern equipment or using new work methods, so as to produce a maximum duration reduction with project costs more minimum.

## REFERENCES

- Anonim, 2004, *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur*, Jakarta: Departemen PU.
- Dipohusodo, Istimawan, 1996, *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*, Yogyakarta: Kanisius.
- Frederika, Ariany, 2010, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.14, No.2*, Denpasar: Universitas Udayana.
- Husen, Abrar, 2009, *Manajemen Proyek*, Yogyakarta: ANDI.
- Santosa, Budi, 2003, *Manajemen Proyek*, Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Setiawan, Bagus Budi, 2012, *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta*, *Jurnal Konstruksia Vol.4, No.1, Hal.27*, Jakarta: Universitas Muhammdiyah Jakarta.
- Soeharto, Iman, 1999, *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- Wulfram, Ervianto, 2004, *Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta: ANDI.
- Yana, A.A Gde Agung, 2006, *Pengaruh Jam Kerja Lembur terhadap Biaya Percepatan Proyek dengan Time Cost Trade Off Analysis*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.10, No.2*, Denpasar: Universitas Udayana.