

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Data Penelitian

#### 5.1.1. Data Umum Proyek

Gambaran umum dari Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Ponjong ini adalah sebagai berikut :

Pemilik proyek	: A
Konsultan supervisi	: PT. B
Kontraktor	: PT. C
Anggaran	: Rp 4.615.591.176,00
Waktu pelaksanaan	: 99 hari kerja
Tanggal pekerjaan dimulai	: 23 Mei 2014
Tanggal pekerjaan selesai	: 19 September 2014

Pada penelitian ini hanya menggunakan anggaran struktur. Untuk rincian rencana anggaran biaya (RAB) dan kurva S dapat dilihat pada lampiran.

### 5.2. Daftar Kegiatan - Kegiatan Kritis

Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* untuk penjadwalan proyek tersebut diperoleh kegiatan kritis. Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

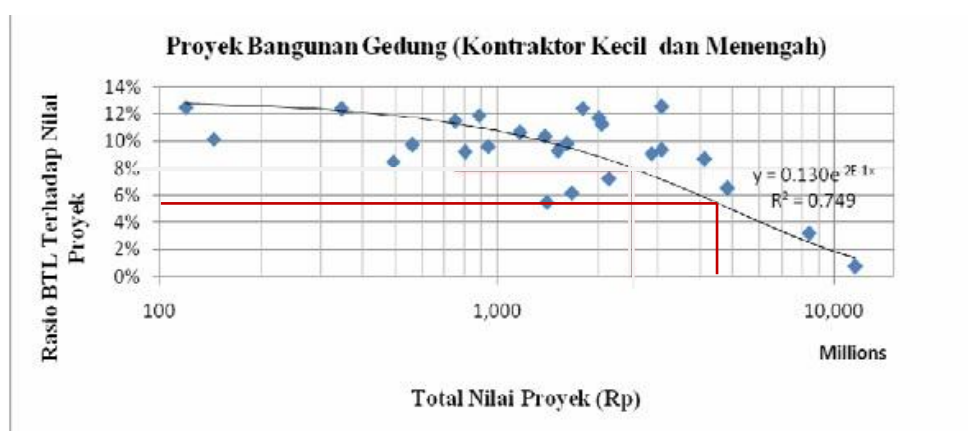
<b>Kode</b>	<b>Pekerjaan</b>	<b>Durasi (Hari)</b>
LPAS	Lapis Pondasi Agregat S Bahu Jalan	12
PAB	Pelebaran Agregat B	28
PTB	Patchingan Agregat B	14
PRP	Pelebaran Lapis Resap Pengikat	7
PTP	Patchingan Lapis Resap Pengikat	7
AK	Aspal Keras	28
BPT	Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	28
PJT	Pohon Jenis Tanjung	5
MS	Marka Solid	3
PMT	Putus-Putus Marka Thermoplastik	2
RJT	Rambu Jalan	5
PP	Patok Pengarah	5

Tabel 5.1 menjelaskan bahwa beberapa pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan kegiatan kritis adalah kegiatan yang memiliki unsur tenaga kerja. Beberapa alasan pemilihan item kegiatan yang akan dipercepat adalah :

1. Kegiatan kritis yang terpilih tersebut memiliki *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga bisa dipercepat dengan mengolah *resource work*.
2. Pada kegiatan kritis tersebut dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur atau dengan penambahan jumlah tenaga kerja. Jika dilakukan penambahan tenaga kerja pada kegiatan kritis, maka jumlah tenaga kerja pada kegiatan kritis yang lain tidak akan bertambah karena kegiatan kritis tersebut hanya memiliki *indeks* tenaga kerja yang kecil.
3. Apabila mempercepat kegiatan kritis dapat mempercepat durasi proyek secara keseluruhan.

### 5.3. Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Biaya – biaya dalam suatu proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung, Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi oleh Soemardi dan Kusumawardani (2010).



Gambar 5.1 Model hubungan biaya tidak langsung pada kontraktor

Berdasarkan gambar 5.1 diatas pada proyek pembangunan gedung dengan nilai total proyek sebesar Rp 4.615.591.176,00 didapatkan presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 5,8 % dari nilai total proyek tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung} &= 5,8 \% \times \text{Rp } 4.615.591.176,00 \\ &= \text{Rp } 267.704.288,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung / hari} &= \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}} \\ &= \frac{\text{Rp } 267.704.288,00}{99 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp } 46.622.133/ \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 4.615.591.176,00 - \text{Rp } 267.704.288,00 \\ &= \text{Rp } 4.347.886.888,00 \end{aligned}$$

#### **5.4. Penerapan Metode *Time Cost Trade Off***

##### **5.4.1. Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)**

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 7 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00-16.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (16.00-20.00). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah:

1. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
2. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.  
Besarnya upah tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 5.2
3. Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah satu jam.
4. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Tabel 5.2 Biaya tenaga kerja dan alat berat

Pekerja	Upah Kerja Per Hari	Upah Kerja Per Jam
Pekerja	Rp 40.000,00	Rp 5.714,29
Tukang	Rp 50.000,00	Rp 7.142,86
Tukang Batu	Rp 50.000,00	Rp 7.142,86
Mandor	Rp 45.000,00	Rp 6.428,57
<i>Asphalt Mixing Plant</i>	Rp 38.980.502,75	Rp 5.568.643,25
<i>Asphalt Finisher</i>	Rp 5.326.266,74	Rp 760.895,25
<i>Asphalt Sprayer</i>	Rp 570.119,61	Rp 81.445,66
<i>Air Compressor</i>	Rp 1.356.661,18	Rp 193.808,74
<i>Bulldozer</i>	Rp 1.812.178,27	Rp 258.882,61
<i>Concrete Vibratory</i>	Rp 302.611,64	Rp 43.230,23
<i>Concrete Mixer</i>	Rp 484.631,03	Rp 69.233,00
<i>Dump Truck 10 m<sup>3</sup></i>	Rp 1.729.000,00	Rp 247.000,00
<i>Dump Truck 4 m<sup>3</sup></i>	Rp 1.460.200,00	Rp 208.600,00
<i>Excavator</i>	Rp 1.920.359,10	Rp 274.337,01
<i>Generator Set</i>	Rp 3.435.031,88	Rp 490.718,84
<i>Motor Grader</i>	Rp 2.713.264,97	Rp 387.609,28
<i>Pneumatic Tyre Roller</i>	Rp 2.483.952,21	Rp 354.850,32
<i>Road Marking Machine</i>	Rp 162.681,05	Rp 23.240,15
<i>Rock Breaker</i>	Rp 3.488.500,92	Rp 498.357,27
<i>Tandem Roller</i>	Rp 2.229.882,30	Rp 318.554,61
<i>Vibratory Roller</i>	Rp 2.145.972,07	Rp 306.567,44
<i>Wheel Loader</i>	Rp 2.730.872,79	Rp 390.124,68
<i>Water Tank Truck</i>	Rp 2.296.411,18	Rp 328.058,74

Tabel 5.3 Biaya lembur tenaga kerja dan alat berat

Pekerja	Biaya Normal Per Jam	<i>Overtime Cost</i>		
		Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
		Biaya per jam	Biaya per jam	Biaya per jam
Pekerja	Rp 5.714,29	Rp 8.571,43	Rp 10.000,00	Rp 10.476,19
Tukang	Rp 7.142,86	Rp 10.714,29	Rp 12.500,00	Rp 13.095,24
Tukang	Rp 7.142,86	Rp 10.714,29	Rp 12.500,00	Rp 13.095,24
Mandor	Rp 6.428,57	Rp 9.642,86	Rp 11.250,00	Rp 11.785,71
<i>Asphalt Mixing Plant</i>	Rp 5.568.643,25	Rp 5.568.643,25	Rp 5.568.643,25	Rp 5.568.643,25
<i>Asphalt Finisher</i>	Rp 760.895,25	Rp 760.895,25	Rp 760.895,25	Rp 760.895,25
<i>Asphalt Sprayer</i>	Rp 81.445,66	Rp 81.445,66	Rp 81.445,66	Rp 81.445,66
<i>Air Compressor</i>	Rp 193.808,74	Rp 193.808,74	Rp 193.808,74	Rp 193.808,74
<i>Bulldozer</i>	Rp 258.882,61	Rp 258.882,61	Rp 258.882,61	Rp 258.882,61
<i>Concrete Vibratory</i>	Rp 43.230,23	Rp 43.230,23	Rp 43.230,23	Rp 43.230,23

Lanjutan tabel 5.3

<i>Concrete Mixer</i>	Rp 69.233,00	Rp 69.233,00	Rp 69.233,00	Rp 69.233,00
<i>Dump Truck 10 m3</i>	Rp 247.000,00	Rp 247.000,00	Rp 247.000,00	Rp 247.000,00
<i>Dump Truck 4 m3</i>	Rp 208.600,00	Rp 208.600,00	Rp 208.600,00	Rp 208.600,00
<i>Excavator</i>	Rp 274.337,01	Rp 274.337,01	Rp 274.337,01	Rp 274.337,01
<i>Generator Set</i>	Rp 490.718,84	Rp 490.718,84	Rp 490.718,84	Rp 490.718,84
<i>Motor Grader</i>	Rp 387.609,28	Rp 387.609,28	Rp 387.609,28	Rp 387.609,28
<i>Pneumatic Tyre Roller</i>	Rp 354.850,32	Rp 354.850,32	Rp 354.850,32	Rp 354.850,32
<i>Road Marking Machine</i>	Rp 23.240,15	Rp 23.240,15	Rp 23.240,15	Rp 23.240,15
<i>Rock Breaker</i>	Rp 498.357,27	Rp 498.357,27	Rp 498.357,27	Rp 498.357,27
<i>Tandem Roller</i>	Rp 318.554,61	Rp 318.554,61	Rp 318.554,61	Rp 318.554,61
<i>Vibratory Roller</i>	Rp 306.567,44	Rp 306.567,44	Rp 306.567,44	Rp 306.567,44
<i>Wheel Loader</i>	Rp 390.124,68	Rp 390.124,68	Rp 390.124,68	Rp 390.124,68
<i>Water Tank Truck</i>	Rp 328.058,74	Rp 328.058,74	Rp 328.058,74	Rp 328.058,74

Contoh perhitungan upah lembur untuk *resource name* Mandor sebagai

berikut :

Upah Mandor per hari ( *Standart Cost* ) : Rp 45,000.00

Jam Kerja per hari : 7 jam/hari

$$\begin{aligned} \text{Biaya per jam} &= \left( \frac{\text{Rp } 45.000}{7 \text{ Jam/hari}} \right) \\ &= \text{Rp } 6.428,57 \end{aligned}$$

Biaya Lembur per hari untuk lembur 2 jam per hari adalah

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 jam} &= (\text{Rp } 6.428,57 \times 1,5) \\ &= \text{Rp } 9.642,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 jam} &= (\text{Rp } 9.642,86 \times 1,5) + (2 \times \text{Rp } 6.428,57) \\ &= \text{Rp } 22.500,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 3 jam} &= (\text{Rp } 6.428,57 \times 1,5) + (2 \times 2 \times \text{Rp } 6.428,57) \\ &= \text{Rp } 35.357,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur per jam untuk 1 jam} &= \left( \frac{\text{Rp } 9.642,86}{1 \text{ jam}} \right) \\ &= \text{Rp } 9.642,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur per jam untuk 2 jam} &= \left( \frac{\text{Rp } 22.500,00}{2 \text{ jam}} \right) \\ &= \text{Rp } 11.250,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur per jam untuk 3 jam} &= \left( \frac{\text{Rp } 35.359,50}{3 \text{ jam}} \right) \\ &= \text{Rp } 11.785,71 \end{aligned}$$

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, untuk 2 jam 80% dan untuk 3 jam 70% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca yang dingin. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan jam lembur 1 jam/hari, 2 jam/hari, dan 3 jam/hari dari durasi normal yang ada. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah perhitungan Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan dibawah ini :

1. Durasi yang bisa di *crashing* berdasarkan penambahan 1 jam lembur :

$$\begin{aligned} & \frac{\text{(Volume)}}{\text{( prod. perjam} \times \text{ jam kerja)} + (\sum \text{ jam lembur} \times \text{ penurunan prod} \times \text{ prod. perjam)}} \\ \text{Volume} &= 330 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi normal} &= 12 \text{ hari} \\ \text{Durasi normal (jam)} &= 7 \times 12 \\ &= 84 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \\ &= \frac{330}{84} \\ &= 3,93 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Maksimal } \textit{crashing} &= \frac{330}{(3,93 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 3,93)} = 10,63 \text{ hari} \\ \text{Maka maksimal } \textit{crashing} &= 12 \text{ hari} - 10,63 \text{ hari} = 1,37 \text{ hari} \end{aligned}$$

2. Durasi yang bisa di *crashing* berdasarkan penambahan 2 jam lembur :

$$\begin{aligned} & \frac{\text{(Volume)}}{\text{( prod. perjam} \times \text{ jam kerja)} + (\sum \text{ jam lembur} \times \text{ penurunan prod} \times \text{ prod. perjam)}} \\ \text{Volume} &= 330 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi normal} &= 12 \text{ hari} \\
 \text{Durasi normal (jam)} &= 7 \times 12 \\
 &= 84 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \\
 &= \frac{330}{84} \\
 &= 3,93 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Maksimal } \textit{crashing} &= \frac{330}{(3,93 \times 7) + ((1 \times 0,9 \times 3,93) + (1 \times 0,8 \times 3,93))} = 9,88 \text{ hari} \\
 \text{Maka maksimal } \textit{crashing} &= 12 \text{ hari} - 9,88 \text{ hari} = 2,12 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

3. Durasi yang bisa di *crashing* berdasarkan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned}
 &\frac{\text{(Volume)}}{\text{(prod. perjam} \times \text{jam kerja)} + (\sum \text{ jam lembur} \times \text{penurunan prod} \times \text{prod. perjam})} \\
 \text{Volume} &= 330 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi normal} &= 7 \text{ hari} \\
 \text{Durasi normal (jam)} &= 7 \times 12 \\
 &= 84 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \\
 &= \frac{330}{84} \\
 &= 3,93 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Maksimal } \textit{crashing} &= \frac{330}{(3,93 \times 7) + ((1 \times 0,9 \times 3,93) + (1 \times 0,8 \times 3,93) + (1 \times 0,7 \times 3,93))} \\
 &= 8,93 \text{ hari} \\
 \text{Maka maksimal } \textit{crashing} &= 12 \text{ hari} - 8,93 \text{ hari} = 3,07 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan pengontrolan durasi *crashing* manual diatas sesuai dengan hasil perhitungan pada *Ms. Project*, untuk hasil dari pengolahan *Ms. Project* dapat dilihat pada Tabel 5.4 untuk penambahan 1 jam lembur, Tabel 5.5 untuk 2 jam lembur, dan Tabel 5.6 untuk 3 jam lembur.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan durasi dan biaya dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur menggunakan *Ms.Project*

Jenis Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Crash (Hari)	Biaya Normal	Biaya Percepatan
Lapis Pondasi Agregat S Bahu Jalan	12	10,63	Rp 129.469.093,00	Rp 133.113.915,00
Pelebaran Agregat B	28	24,81	Rp 629.874.117,00	Rp 647.930.766,00
Patchingan Agregat B	14	12,41	Rp 131.222.861,00	Rp 134.986.194,00
Pelebaran Lapis Resap Pengikat	7	6,2	Rp 57.069.111,00	Rp 57.829.773,00
Patchingan Lapis Resap Pengikat	7	6,2	Rp 14.268.063,00	Rp 14.457.851,00
Aspal Keras	28	24,81	Rp 1.136.078.993,00	Rp1.136.083.450,00
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	28	24,81	Rp 102.813.002,00	Rp 103.134.630,00
Pohon Jenis Tanjung	5	4,43	Rp 20.775.001,00	Rp 20.974.376,00
Marka Solid	3	2,66	Rp 53.784.749,00	Rp 54.023.992,00
Putus-Putus Marka Thermoplastik	2	1,77	Rp 10.084.531,00	Rp 10.129.495,00
Rambu Jalan	5	4,43	Rp 748.331,00	Rp 758.779,00
Patok Pengarah	5	4,43	Rp 29.140.912,00	Rp 30.069.945,00

Tabel 5.5 Hasil perhitungan durasi dan biaya dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur menggunakan *Ms.Project*

Jenis Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Crash (Hari)	Biaya Normal	Biaya Percepatan
Lapis Pondasi Agregat S Bahu Jalan	12	9,88	Rp 129.469.093,00	Rp 140.076.485,00
Pelebaran Agregat B	28	23,06	Rp 629.874.117,00	Rp 682.384.101,00
Patchingan Agregat B	14	11,53	Rp 131.222.861,00	Rp 142.167.744,00
Pelebaran Lapis Resap Pengikat	7	5,76	Rp 57.069.111,00	Rp 59.286.723,00
Patchingan Lapis Resap Pengikat	7	5,76	Rp 14.268.063,00	Rp 14.823.713,00
Aspal Keras	28	23,06	Rp 1.136.078.993,00	Rp1.136.091.890,00
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	28	23,06	Rp 102.813.002,00	Rp 103.430.501,00
Pohon Jenis Tanjung	5	4,12	Rp 20.775.001,00	Rp 21.354.933,00
Marka Solid	3	2,47	Rp 53.784.749,00	Rp 54.480.969,00
Putus-Putus Marka Thermoplastik	2	1,65	Rp 10.084.531,00	Rp 10.214.950,00
Rambu Jalan	5	4,12	Rp 748.331,00	Rp 780.284,00
Patok Pengarah	5	4,12	Rp 29.140.912,00	Rp 31.843.146,00



Tabel 5.6 Hasil perhitungan durasi dan biaya dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur menggunakan *Ms.Project*

Jenis Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Crash (Hari)	Biaya Normal	Biaya Percepatan
Lapis Pondasi Agregat S Bahu Jalan	12	8,94	Rp 129.469.093,00	Rp 147.406.286,00
Pelebaran Agregat B	28	20,85	Rp 629.874.117,00	Rp 718.680.325,00
Patchingan Agregat B	14	10,43	Rp 131.222.861,00	Rp 149.721.171,00
Pelebaran Lapis Resap Pengikat	7	5,21	Rp 57.069.111,00	Rp 60.820.391,00
Patchingan Lapis Resap Pengikat	7	5,21	Rp 14.268.063,00	Rp 15.205.075,00
Aspal Keras	28	20,85	Rp 1.136.078.993,00	Rp1.136.100.845,00
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	28	20,85	Rp 102.813.002,00	Rp 103.857.282,00
Pohon Jenis Tanjung	5	2,23	Rp 20.775.001,00	Rp 21.755.760,00
Marka Solid	3	1,49	Rp 53.784.749,00	Rp 54.961.923,00
Putus-Putus Marka Thermoplastik	2	4,12	Rp 10.084.531,00	Rp 10.305.153,00
Rambu Jalan	5	4,12	Rp 748.331,00	Rp 803.728,00
Patok Pengarah	5	2,23	Rp 29.140.912,00	Rp 33.709.529,00

Selanjutnya dari Tabel 5.4, Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 kita dapat menghitung *cost slope* untuk kegiatan-kegiatan kritis yang terjadi setelah penambahan jam lembur, *cost slope* diurutkan dari *slope* terkecil guna mengetahui kemungkinan *efisiensi crashing*, daftar *cost slope* untuk semua kegiatan kritis dapat dilihat pada Tabel 5.7 untuk 1 jam lembur, Tabel 5.8 untuk 2 jam lembur, Tabel 5.9 untuk 3 jam lembur.

Tabel 5.7 *Cost slope* biaya pekerjaan akibat percepatan biaya lembur untuk 1 jam

Kode	Normal		<i>Crashing</i>	Percepatan		<i>Slope</i>
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp1.136.078.993,00	3,19	24,81	Rp1.136.083.450,00	Rp 1.397,18
RJT	5	Rp 748.331,00	0,57	4,43	Rp 758.779,00	Rp 18.329,82
BPT	28	Rp 102.813.002,00	3,19	24,81	Rp 103.134.630,00	Rp 100.823,82
PMT	2	Rp 10.084.531,00	0,23	1,77	Rp 10.129.495,00	Rp 195.495,65
PTP	7	Rp 14.268.063,00	0,8	6,2	Rp 14.457.851,00	Rp 237.235,00
PJT	5	Rp 20.775.001,00	0,57	4,43	Rp 20.974.376,00	Rp 349.780,70
MS	3	Rp 53.784.749,00	0,34	2,66	Rp 54.023.992,00	Rp 703.655,88

Lanjutan tabel 5.7

PRP	7	Rp 57.069.111,00	0,8	6,2	Rp 57.829.773,00	Rp 950.827,50
PP	5	Rp 29.140.912,00	0,57	4,43	Rp 30.069.945,00	Rp 1.629.882,46
PTB	14	Rp 131.222.861,00	1,59	12,41	Rp 134.986.194,00	Rp 2.366.876,10
LPAS	12	Rp 129.469.093,00	1,37	10,63	Rp 133.113.915,00	Rp 2.660.454,01
PAB	28	Rp 629.874.117,00	3,19	24,81	Rp 647.930.766,00	Rp 5.660.391,54

Perhitungan *Cost slope*

Contoh: Pekerjaan Marka Solid (MS)

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi dipercepat}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 54.023.992,00 - \text{Rp } 53.784.749,00}{3 - 2,66} \\
 &= \text{Rp } 703.655,88
 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 *Cost slope* biaya pekerjaan akibat percepatan biaya lembur untuk 2 jam

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Slope
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp1.136.078.993,00	4,94	23,06	Rp1.136.091.890,00	Rp 2.475,43
RJT	5	Rp 748.331,00	0,88	4,12	Rp 780.284,00	Rp 34.358,06
BPT	28	Rp 102.813.002,00	4,94	23,06	Rp 103.430.501,00	Rp 118.521,88
PMT	2	Rp 10.084.531,00	0,35	1,65	Rp 10.214.950,00	Rp 352.483,78
PTP	7	Rp 14.268.063,00	1,24	5,76	Rp 14.823.713,00	Rp 427.423,08
PJT	5	Rp 20.775.001,00	0,88	4,12	Rp 21.354.933,00	Rp 623.582,80
MS	3	Rp 53.784.749,00	0,53	2,47	Rp 54.480.969,00	Rp 1.243.250,00
PRP	7	Rp 57.069.111,00	1,24	5,76	Rp 59.286.723,00	Rp 1.705.855,38
PP	5	Rp 29.140.912,00	0,88	4,12	Rp 31.843.146,00	Rp 2.905.627,96
PTB	14	Rp 131.222.861,00	2,47	11,53	Rp 142.167.744,00	Rp 4.209.570,38
LPAS	12	Rp 129.469.093,00	2,12	9,88	Rp 140.076.485,00	Rp 4.756.678,03
PAB	28	Rp 629.874.117,00	4,94	23,06	Rp 682.384.101,00	Rp10.078.691,75

Perhitungan *Cost slope*

Contoh: Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas S (LPAS)

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi dipercepat}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 140.076.485,00 - \text{Rp } 129.469.093,00}{12 - 9,88}$$

$$= \text{Rp } 4.756.678,03$$

Tabel 5.9 *Cost slope* biaya pekerjaan akibat percepatan biaya lembur untuk 3 jam

Kode	Normal		<i>Crashing</i>	Percepatan		<i>Slope</i>
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp1.136.078.993,00	7,15	20,85	Rp1.136.100.845,00	Rp 3.382,66
RJT	5	Rp 748.331,00	1,28	3,72	Rp 803.728,00	Rp 48.171,30
BPT	28	Rp 102.813.002,00	7,15	20,85	Rp 103.857.282,00	Rp 161.653,25
PMT	2	Rp 10.084.531,00	0,51	1,49	Rp 10.305.153,00	Rp 479.613,04
PTP	7	Rp 14.268.063,00	1,79	5,21	Rp 15.205.075,00	Rp 578.402,47
PJT	5	Rp 20.775.001,00	1,28	3,72	Rp 21.755.760,00	Rp 852.833,91
MS	3	Rp 53.784.749,00	0,77	2,23	Rp 54.961.923,00	Rp 1.706.049,28
PRP	7	Rp 57.069.111,00	1,79	5,21	Rp 60.820.391,00	Rp 2.315.604,94
PP	5	Rp 29.140.912,00	1,28	3,72	Rp 33.709.529,00	Rp 3.972.710,43
PTB	14	Rp 131.222.861,00	3,57	10,43	Rp 149.721.171,00	Rp 5.727.030,96
LPAS	12	Rp 129.469.093,00	3,06	8,94	Rp 147.406.286,00	Rp 6.475.520,94
PAB	28	Rp 629.874.117,00	7,15	20,85	Rp 718.680.325,00	Rp13.747.091,02

Perhitungan *Cost slope*

Contoh: Pekerjaan Pelebaran Agregat B (PAB)

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi dipercepat}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 718.680.325,00 - \text{Rp } 629.874.117,00}{28 - 20,85}$$

$$= \text{Rp } 13.747.091,02$$

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan selisih biaya normal dari masing - masing kegiatan yang telah dilakukan *crashing* dengan biaya penambahan jam lembur diketahui sebagai berikut :

Tabel 5.10 Selisih biaya antara biaya percepatan dengan biaya normal untuk 1 jam lembur

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Selisih
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp1.136.078.993,00	3,19	24,81	Rp1.136.083.450,00	Rp 4.457,00
RJT	5	Rp 748.331,00	0,57	4,43	Rp 758.779,00	Rp 10.448,00
BPT	28	Rp 102.813.002,00	3,19	24,81	Rp 103.134.630,00	Rp 321.628,00
PMT	2	Rp 10.084.531,00	0,23	1,77	Rp 10.129.495,00	Rp 44.964,00
PTP	7	Rp 14.268.063,00	0,8	6,2	Rp 14.457.851,00	Rp 189.788,00
PJT	5	Rp 20.775.001,00	0,57	4,43	Rp 20.974.376,00	Rp 199.375,00
MS	3	Rp 53.784.749,00	0,34	2,66	Rp 54.023.992,00	Rp 239.243,00
PRP	7	Rp 57.069.111,00	0,8	6,2	Rp 57.829.773,00	Rp 760.662,00
PP	5	Rp 29.140.912,00	0,57	4,43	Rp 30.069.945,00	Rp 929.033,00
PTB	14	Rp 131.222.861,00	1,59	12,41	Rp 134.986.194,00	Rp 3.763.333,00
LPAS	12	Rp 129.469.093,00	1,37	10,63	Rp 133.113.915,00	Rp 3.644.822,00
PAB	28	Rp 629.874.117,00	3,19	24,81	Rp 647.930.766,00	Rp 18.056.649,00

Perhitungan Selisih

Contoh: Pekerjaan Pelebaran Agregat B (PAB)

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= \text{Biaya percepatan} - \text{Biaya normal} \\
 &= \text{Rp } 647.930.766,00 - \text{Rp } 629.874.117,00 \\
 &= \text{Rp } 18.056.649,00
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Selisih biaya antara biaya percepatan dengan biaya normal untuk 2 jam lembur

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Selisih
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp1.136.078.993,00	4,94	23,06	Rp1.136.091.890,00	Rp 12.897,00
RJT	5	Rp 748.331,00	0,88	4,12	Rp 780.284,00	Rp 31.953,00
BPT	28	Rp 102.813.002,00	4,94	23,06	Rp 103.430.501,00	Rp 67.499,00
PMT	2	Rp 10.084.531,00	0,35	1,65	Rp 10.214.950,00	Rp 130.419,00
PTP	7	Rp 14.268.063,00	1,24	5,76	Rp 14.823.713,00	Rp 555.650,00
PJT	5	Rp 20.775.001,00	0,88	4,12	Rp 21.354.933,00	Rp 579.932,00
MS	3	Rp 53.784.749,00	0,53	2,47	Rp 54.480.969,00	Rp 696.220,00
PRP	7	Rp 57.069.111,00	1,24	5,76	Rp 59.286.723,00	Rp 2.217.612,00

Lanjutan tabel 5.11

PP	5	Rp 29.140.912,00	0,88	4,12	Rp 31.843.146,00	Rp 2.702.234,00
PTB	14	Rp 131.222.861,00	2,47	11,53	Rp 142.167.744,00	Rp 10.944.883,00
LPAS	12	Rp 129.469.093,00	2,12	9,88	Rp 140.076.485,00	Rp 10.607.392,00
PAB	28	Rp 629.874.117,00	4,94	23,06	Rp 682.384.101,00	Rp 52.509.984,00

## Perhitungan Selisih

Contoh: Pekerjaan Marka Solid (MS)

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= \text{Biaya percepatan} - \text{Biaya normal} \\
 &= \text{Rp } 54.023.992,00 - \text{Rp } 53.784.749,00 \\
 &= \text{Rp } 239.243,00
 \end{aligned}$$

Tabel 5.12 Selisih biaya antara biaya percepatan dengan biaya normal untuk 3 jam lembur

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Selisih
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp1.136.078.993,00	7,15	20,85	Rp1.136.100.845,00	Rp 21.852,00
RJT	5	Rp 748.331,00	1,28	3,72	Rp 803.728,00	Rp 55.397,00
BPT	28	Rp 102.813.002,00	7,15	20,85	Rp 103.857.282,00	Rp 1.044.280,00
PMT	2	Rp 10.084.531,00	0,51	1,49	Rp 10.305.153,00	Rp 220.622,00
PTP	7	Rp 14.268.063,00	1,79	5,21	Rp 15.205.075,00	Rp 937.012,00
PJT	5	Rp 20.775.001,00	1,28	3,72	Rp 21.755.760,00	Rp 980.759,00
MS	3	Rp 53.784.749,00	0,77	2,23	Rp 54.961.923,00	Rp 1.177.174,00
PRP	7	Rp 57.069.111,00	1,79	5,21	Rp 60.820.391,00	Rp 3.751.280,00
PP	5	Rp 29.140.912,00	1,28	3,72	Rp 33.709.529,00	Rp 4.568.617,00
PTB	14	Rp 131.222.861,00	3,57	10,43	Rp 149.721.171,00	Rp 18.498.310,00
LPAS	12	Rp 129.469.093,00	3,06	8,94	Rp 147.406.286,00	Rp 17.937.193,00
PAB	28	Rp 629.874.117,00	7,15	20,85	Rp 718.680.325,00	Rp 88.806.208,00

## Perhitungan Selisih

Contoh: Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan (LPAS)

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= \text{Biaya percepatan} - \text{Biaya normal} \\
 &= \text{Rp } 147.406.286,00 - \text{Rp } 129.469.093,00 \\
 &= \text{Rp } 17.937.193,00
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk perhitungan pengaruh terhadap biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total yang diakibatkan penambahan jam lembur dapat dilihat pada salah satu contoh perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Selisih Biaya} \\ &= \text{Rp } 4.347.886.888,00 + \text{Rp } 4.457,00 \\ &= \text{Rp } 4,368,649,045.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung} &= (\text{Rp } 267,704,28800 : 99) \times 96 \\ &= \text{Rp } 259,078,261.14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Rp } 4,368,649,045.45 + \text{Rp } 259,078,261.14 \\ &= \text{Rp } 4,606,969,605.94 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya, perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total akan disajikan dalam Tabel 5.13 sampai dengan Tabel 5.21.

Tabel 5.13 Biaya langsung jam lembur untuk 1 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung
	99	Rp 4.347.886.887.79
Aspal Keras	96	Rp 4.347.891.344.79
Rambu Jalan Tunggal	95	Rp 4.347.906.249.79
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	92	Rp 4.348.242.782.79
Putus-Putus Marka Thermoplastik	92	Rp 4.348.624.279.79
Patchingan Resap Pengikat	91	Rp 4.349.195.564.79
Pohon Jenis Tanjung	90	Rp 4.349.966.224.79
Marka Solid	90	Rp 4.350.976.127.79
Pelebaran Resap Pengikat	89	Rp 4.352.746.692.79
Patok Pengarah	89	Rp 4.355.446.290.79
Patchingan Agregat B	87	Rp 4.361.909.221.79
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	86	Rp 4.372.016.974.79
Pelebaran Agregat B	83	Rp 4.400.181.376.79

Tabel 5.14 Biaya tidak langsung jam lembur untuk 1 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung
	99	Rp 267.704.288,21
Aspal Keras	96	Rp 259.078.261,14
Rambu Jalan Tunggal	95	Rp 257.536.933,42
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	92	Rp 248.910.906,36
Putus-Putus Marka Thermoplastik	92	Rp 248.288.967,10
Patchingan Resap Pengikat	91	Rp 246.125.700,13
Pohon Jenis Tanjung	90	Rp 244.584.372,41
Marka Solid	90	Rp 243.664.983,94
Pelebaran Resap Pengikat	89	Rp 241.501.716,97
Patok Pengarah	89	Rp 239.960.389,25
Patchingan Agregat B	87	Rp 235.660.896,13
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	86	Rp 231.956.301,44
Pelebaran Agregat B	83	Rp 223.330.274,37

Tabel 5.15 Biaya total akibat jam lembur untuk 1 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Total
	99	Rp 4.615.591.176,00
Aspal Keras	96	Rp 4.606.969.605,94
Rambu Jalan Tunggal	95	Rp 4.605.443.183,22
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	92	Rp 4.597.153.689,15
Putus-Putus Marka Thermoplastik	92	Rp 4.596.913.246,90
Patchingan Resap Pengikat	91	Rp 4.595.321.264,92
Pohon Jenis Tanjung	90	Rp 4.594.550.597,20
Marka Solid	90	Rp 4.594.641.111,74
Pelebaran Resap Pengikat	89	Rp 4.594.248.409,76
Patok Pengarah	89	Rp 4.595.406.680,04
Patchingan Agregat B	87	Rp 4.597.570.117,93
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	86	Rp 4.603.973.276,23
Pelebaran Agregat B	83	Rp 4.623.511.651,17

Tabel 5.16 Biaya langsung jam lembur untuk 2 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung
	99	Rp 4.347.886.887,79
Aspal Keras	94	Rp 4.347.899.784,79
Rambu Jalan Tunggal	93	Rp 4.347.944.634,79
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	88	Rp 4.348.606.983,79
Putus-Putus Marka Thermoplastik	88	Rp 4.349.399.751,79
Patchingan Resap Pengikat	87	Rp 4.350.748.169,79
Pohon Jenis Tanjung	86	Rp 4.352.676.519,79
Marka Solid	85	Rp 4.355.301.089,79
Pelebaran Resap Pengikat	84	Rp 4.360.143.271,79
Patok Pengarah	83	Rp 4.367.687.687,79
Patchingan Agregat B	81	Rp 4.386.176.986,79
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	79	Rp 4.415.273.677,79
Pelebaran Agregat B	74	Rp 4.496.880.352,79

Tabel 5.17 Biaya tidak langsung jam lembur untuk 2 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung
	99	Rp 267.704.288,21
Aspal Keras	94	Rp 254.342.933,36
Rambu Jalan Tunggal	93	Rp 251.956.977,14
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	88	Rp 238.595.622,29
Putus-Putus Marka Thermoplastik	88	Rp 237.641.239,80
Patchingan Resap Pengikat	87	Rp 234.300.901,09
Pohon Jenis Tanjung	86	Rp 231.914.944,86
Marka Solid	85	Rp 230.483.371,13
Pelebaran Resap Pengikat	84	Rp 227.143.032,42
Patok Pengarah	83	Rp 224.757.076,20
Patchingan Agregat B	81	Rp 218.076.398,77
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	79	Rp 212.350.103,84
Pelebaran Agregat B	74	Rp 198.988.748,99



Tabel 5.18 Biaya total akibat jam lembur untuk 2 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Total
	99	Rp 4.615.591.176,00
Aspal Keras	94	Rp 4.602.242.718,15
Rambu Jalan Tunggal	93	Rp 4.599.901.611,93
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	88	Rp 4.587.202.606,08
Putus-Putus Marka Thermoplastik	88	Rp 4.587.040.991,59
Patchingan Resap Pengikat	87	Rp 4.585.049.070,88
Pohon Jenis Tanjung	86	Rp 4.584.591.464,66
Marka Solid	85	Rp 4.585.784.460,92
Pelebaran Resap Pengikat	84	Rp 4.587.286.304,21
Patok Pengarah	83	Rp 4.592.444.763,99
Patchingan Agregat B	81	Rp 4.604.253.385,56
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	79	Rp 4.627.623.781,63
Pelebaran Agregat B	74	Rp 4.695.869.101,78

Tabel 5.19 Biaya langsung jam lembur untuk 3 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung
	99	Rp 4.368.644.588,45
Aspal Keras	92	Rp 4.368.666.440,45
Rambu Jalan Tunggal	91	Rp 4.368.721.837,45
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	83	Rp 4.369.766.117,45
Putus-Putus Marka Thermoplastik	83	Rp 4.369.986.739,45
Patchingan Resap Pengikat	81	Rp 4.370.923.751,45
Pohon Jenis Tanjung	80	Rp 4.371.904.510,45
Marka Solid	79	Rp 4.373.081.684,45
Pelebaran Resap Pengikat	77	Rp 4.376.832.964,45
Patok Pengarah	76	Rp 4.381.401.581,45
Patchingan Agregat B	72	Rp 4.399.899.891,45
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	69	Rp 4.417.837.084,45
Pelebaran Agregat B	62	Rp 4.506.643.292,45

Tabel 5.20 Biaya tidak langsung jam lembur untuk 3 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung
	99	Rp 230.779.559
Aspal Keras	92	Rp 214.114.626
Rambu Jalan Tunggal	91	Rp 211.138.745
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	83	Rp 194.473.813
Putus-Putus Marka Thermoplastik	83	Rp 193.283.460
Patchingan Resap Pengikat	81	Rp 189.117.227
Pohon Jenis Tanjung	80	Rp 186.141.346
Marka Solid	79	Rp 184.355.818
Pelebaran Resap Pengikat	77	Rp 180.189.585
Patok Pengarah	76	Rp 177.213.704
Patchingan Agregat B	72	Rp 168.881.237
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	69	Rp 161.739.123
Pelebaran Agregat B	62	Rp 145.074.191

Tabel 5.21 Biaya total akibat jam lembur untuk 3 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Total
	99	Rp 4.598.573.251,00
Aspal Keras	92	Rp 4.583.591.677,14
Rambu Jalan Tunggal	91	Rp 4.580.976.185,64
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	83	Rp 4.567.017.039,78
Putus-Putus Marka Thermoplastik	83	Rp 4.566.169.306,38
Patchingan Resap Pengikat	81	Rp 4.563.343.849,35
Pohon Jenis Tanjung	80	Rp 4.561.653.719,85
Marka Solid	79	Rp 4.561.228.360,74
Pelebaran Resap Pengikat	77	Rp 4.561.217.171,72
Patok Pengarah	76	Rp 4.563.114.900,22
Patchingan Agregat B	72	Rp 4.574.111.497,29
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	69	Rp 4.585.615.332,76
Pelebaran Agregat B	62	Rp 4.659.418.114,90

Berdasarkan Tabel 5.15, 5.18 dan 5.21 dapat kita analisis untuk mengetahui total biaya optimum dengan waktu atau durasi optimum proyek dengan cara sebagai berikut :

Untuk lembur 1 jam :

1. Efisiensi waktu proyek

Contoh perhitungan pada pekerjaan Aspal Keras:

$$E_t = \left( \frac{99-96}{99} \right) \times 100 = 3,22 \%$$

2. Efisiensi biaya proyek

Contoh perhitungan pada pekerjaan Aspal Keras:

$$E_c = \left( \frac{\text{Rp } 4.615.591.176,00 - \text{Rp } 4.606.969.605,94}{\text{Rp } 4.615.591.176,00} \right) \times 100\% = 0,16 \%$$

Untuk lembur 2 jam :

1. Efisiensi waktu proyek

Contoh perhitungan pada pekerjaan Aspal Keras:

$$E_t = \left( \frac{99-94}{99} \right) \times 100 = 5,26 \%$$

2. Efisiensi biaya proyek

Contoh perhitungan pada pekerjaan Aspal Keras:

$$E_c = \left( \frac{\text{Rp } 4.615.591.176,00 - \text{Rp } 4.602.242.718,15}{\text{Rp } 4.615.591.176,00} \right) \times 100\% = 0,26 \%$$

Untuk lembur 3 jam :

1. Efisiensi waktu proyek

Contoh perhitungan pada pekerjaan Aspal Keras:

$$E_t = \left( \frac{99-92}{99} \right) \times 100 = 6,53 \%$$

2. Efisiensi biaya proyek

Contoh perhitungan pada pekerjaan Aspal Keras:

$$E_c = \left( \frac{\text{Rp } 4.615.591.176,00 - \text{Rp } 4.583.591.677,14}{\text{Rp } 4.615.591.176,00} \right) \times 100\% = 0,33\%$$

Hasil perhitungan efisiensi waktu dan efisiensi biaya seluruhnya dapat dilihat pada Tabel 5.22, Tabel 5.23 dan Tabel 5.24

Tabel 5.22 Efisiensi waktu dan biaya untuk lembur 1 jam

Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
99	0	0
96	3.22	0.16
95	3.80	0.19
92	7.02	0.34
92	7.25	0.35
91	8.06	0.39
<b>90</b>	<b>8.64</b>	<b>0.42</b>
90	8.98	0.43
89	9.79	0.45
89	10.36	0.46
87	11.97	0.46
86	13.35	0.45
83	16.58	0.22

Tabel 5.23 Efisiensi waktu dan biaya untuk lembur 2 jam

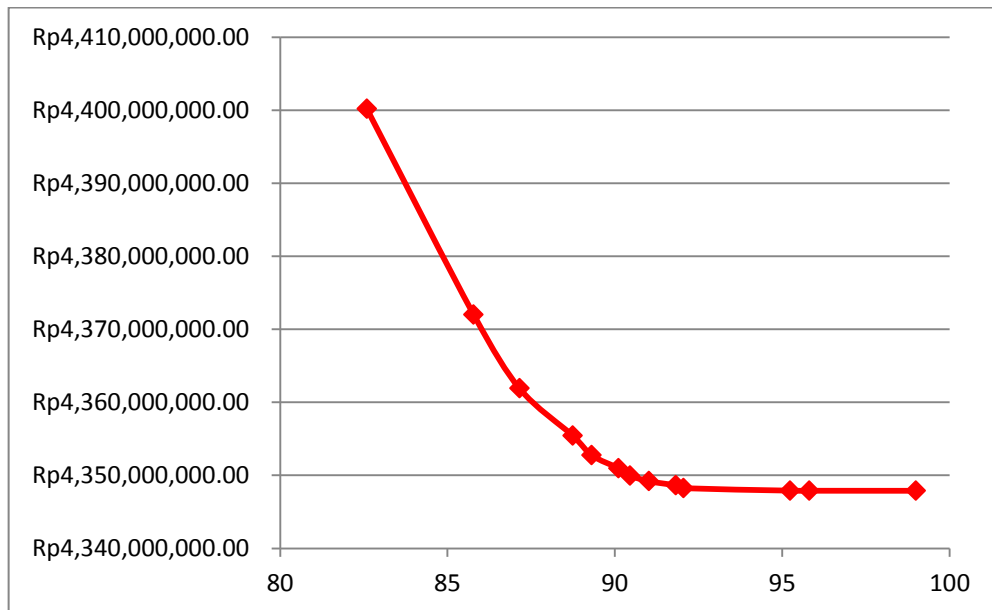
Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
99	0	0
94	5.26	0.26
93	6.20	0.31
88	11.46	0.56
88	11.84	0.57
87	13.15	0.63
86	14.09	0.66
85	14.66	0.68
<b>84</b>	<b>15.97</b>	<b>0.69</b>
83	16.91	0.68
81	19.54	0.57
79	21.79	0.46
74	27.05	-0.42

Tabel 5.24 Efisiensi waktu dan biaya untuk lembur 3 jam

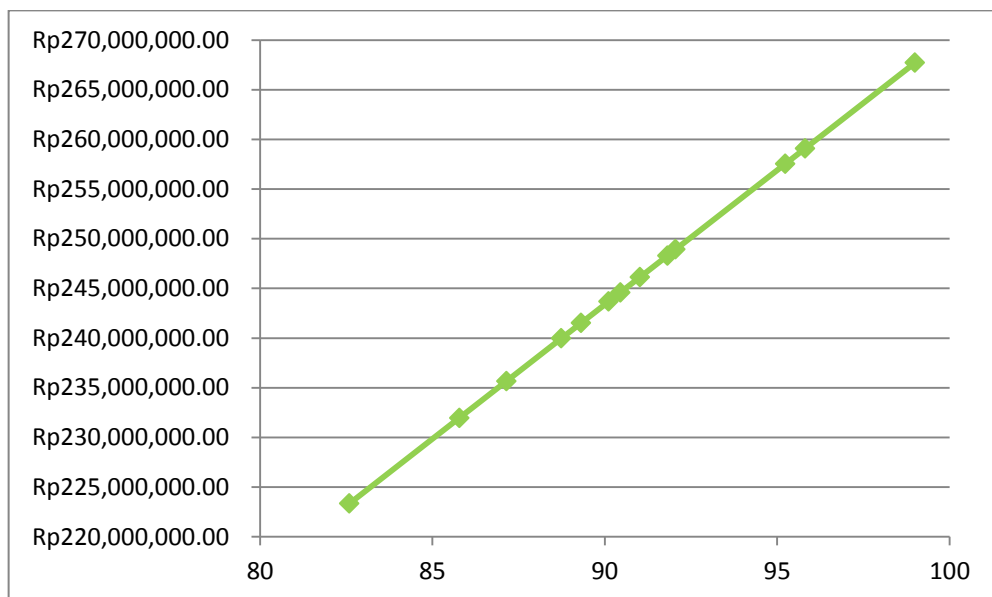
Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
99	0	0
92	6.53	0.33
91	7.69	0.38
83	14.21	0.69
83	14.68	0.70
81	16.31	0.77
80	17.47	0.80
79	18.17	0.81
<b>77</b>	<b>19.81</b>	<b>0.81</b>
76	20.97	0.77
72	24.23	0.53
69	27.03	0.28
62	33.56	-1.32

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa biaya optimal dan durasi optimal adalah pada durasi proyek untuk 1 jam lembur 90 hari dengan pengurangan durasi sebesar 9 hari dengan efisiensi waktu 10,36 % dan efisiensi biaya 0,46 %, untuk 2 jam lembur 84 hari dengan pengurangan durasi sebesar 15 hari dengan efisiensi waktu 14,66 % dan efisiensi biaya 0,68%, untuk 3 jam lembur 79,39 hari dengan pengurangan durasi sebesar 22 hari dengan efisiensi waktu 19,81 % dan efisiensi biaya 0,81%

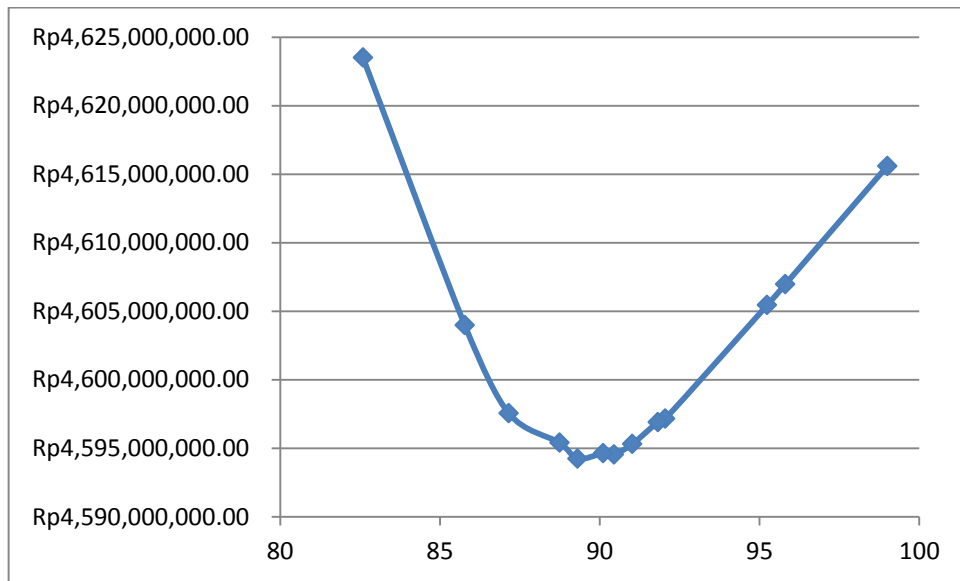
Data hasil analisis pengaruh dari biaya langsung dan biaya tidak langsung terhadap penambahan jam lembur diatas dapat disajikan dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar 5.2, Gambar 5.3 dan Gambar 5.4



Gambar 5.2 Grafik biaya langsung akibat 1 jam lembur

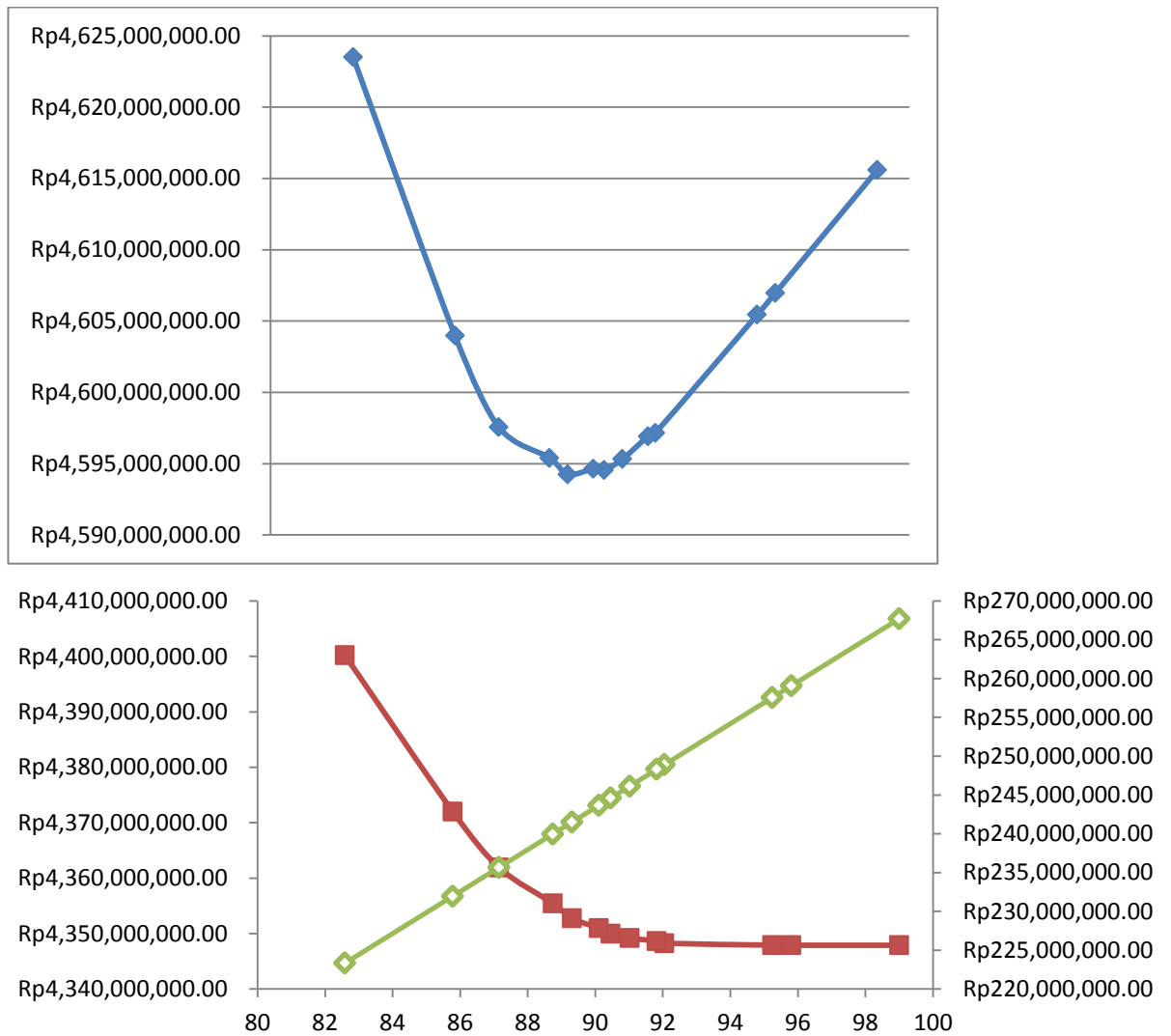


Gambar 5.3 Grafik biaya tidak langsung akibat 1 jam lembur



Gambar 5.4 Grafik biaya total akibat 1 jam lembur

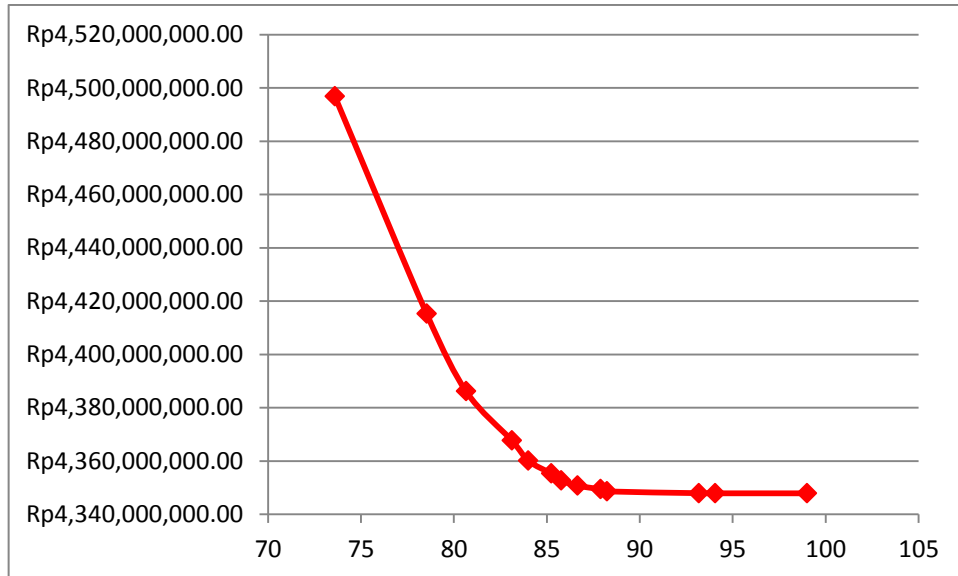
Dari Gambar 5.4 diatas dapat diketahui nilai optimal pada penambahan 1 jam lembur terdapat di durasi ke 90 dengan total biaya Rp 4.594.550.597,20



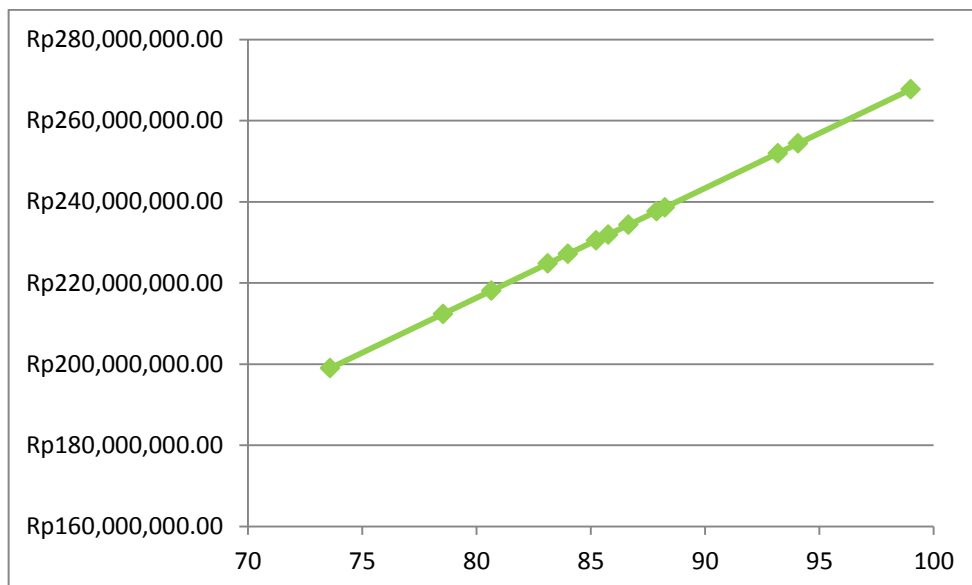
Gambar 5.5 Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat 1 jam lembur



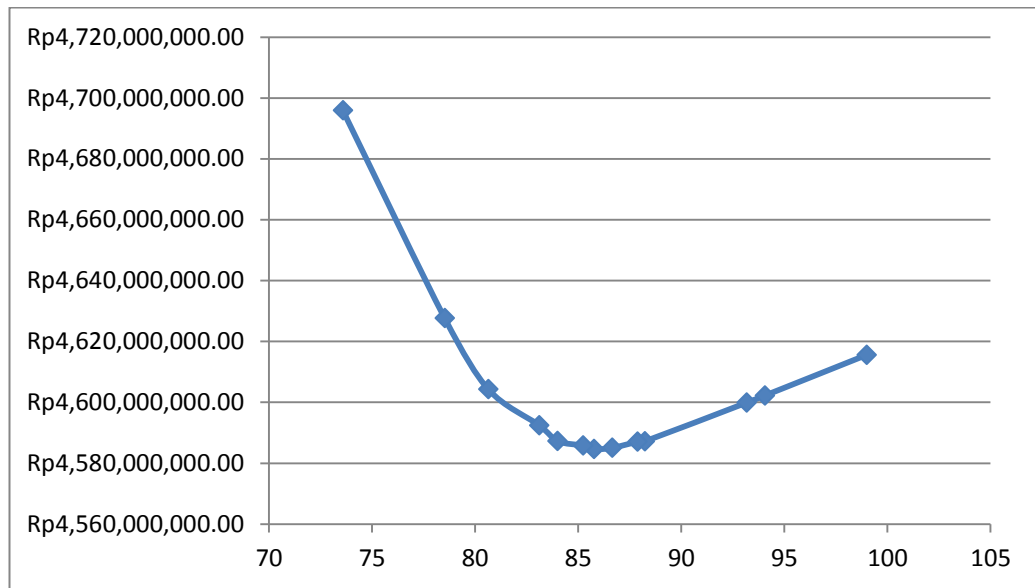
Gambar grafik untuk 2 jam lembur:



Gambar 5.6 Grafik biaya langsung akibat 2 jam lembur

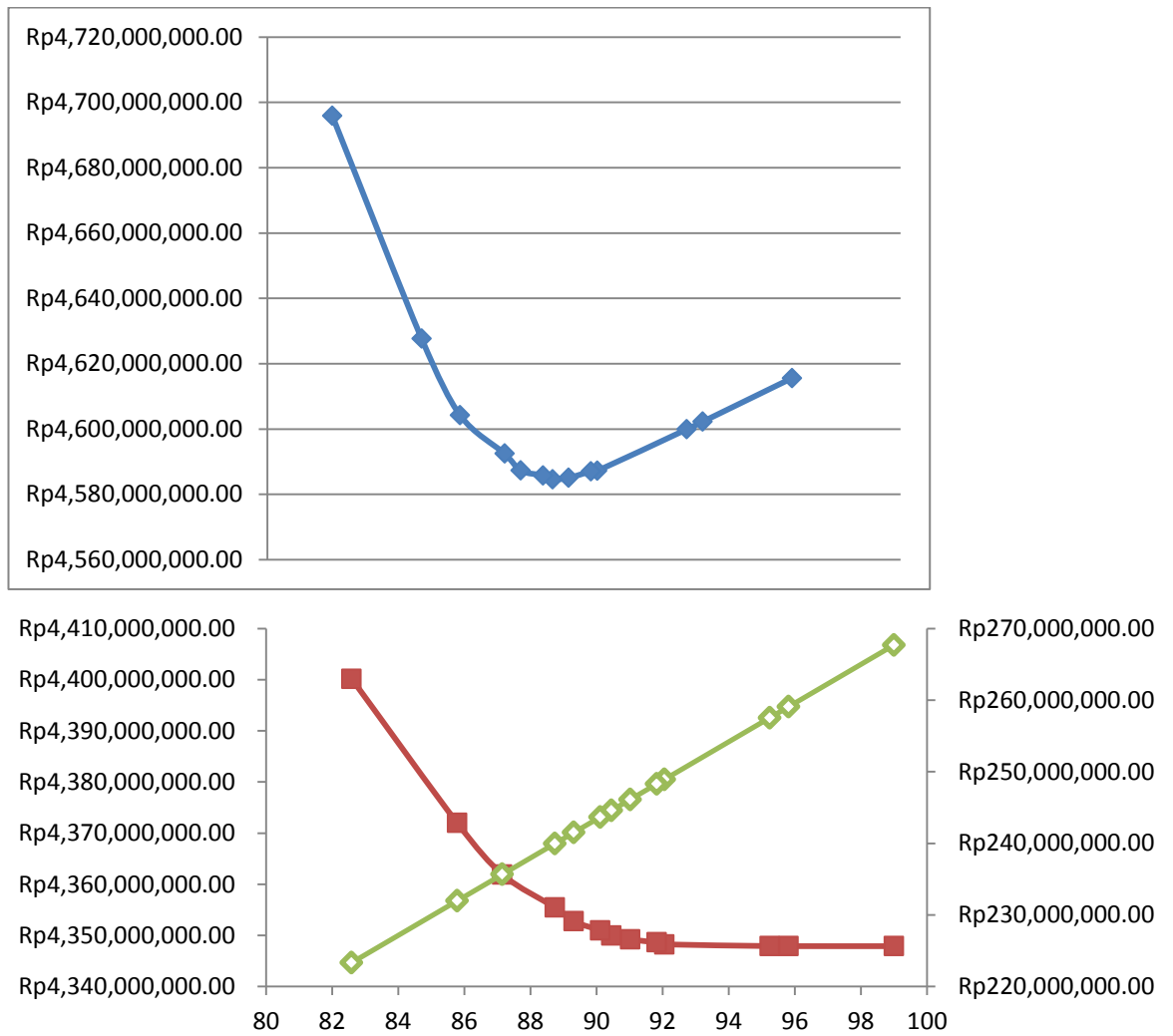


Gambar 5.7 Grafik biaya tidak langsung akibat 2 jam lembur



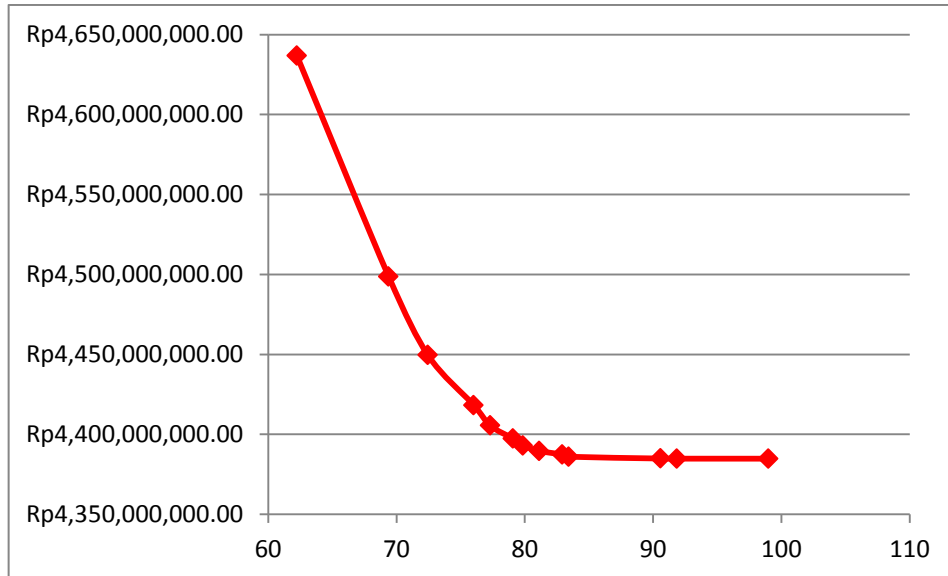
Gambar 5.8 Grafik biaya total akibat 2 jam lembur

Dari Gambar 5.8 diatas dapat diketahui nilai optimal pada penambahan 2 jam lembur terdapat di durasi ke 84 dengan total biaya Rp 4.587.286.304,21

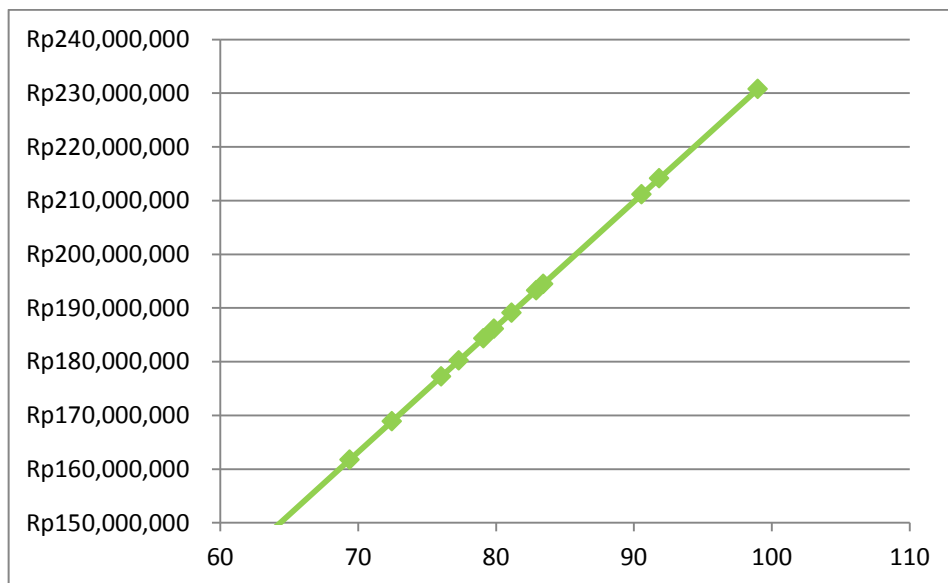


Gambar 5.9 Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat 2 jam lembur

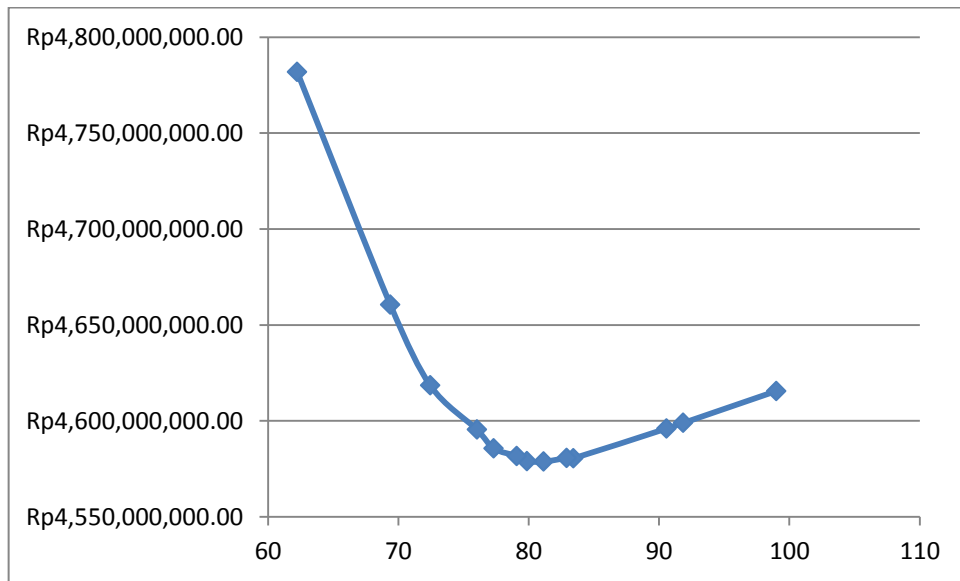
Gambar grafik untuk 3 jam lembur :



Gambar 5.10 Grafik biaya langsung akibat 3 jam lembur

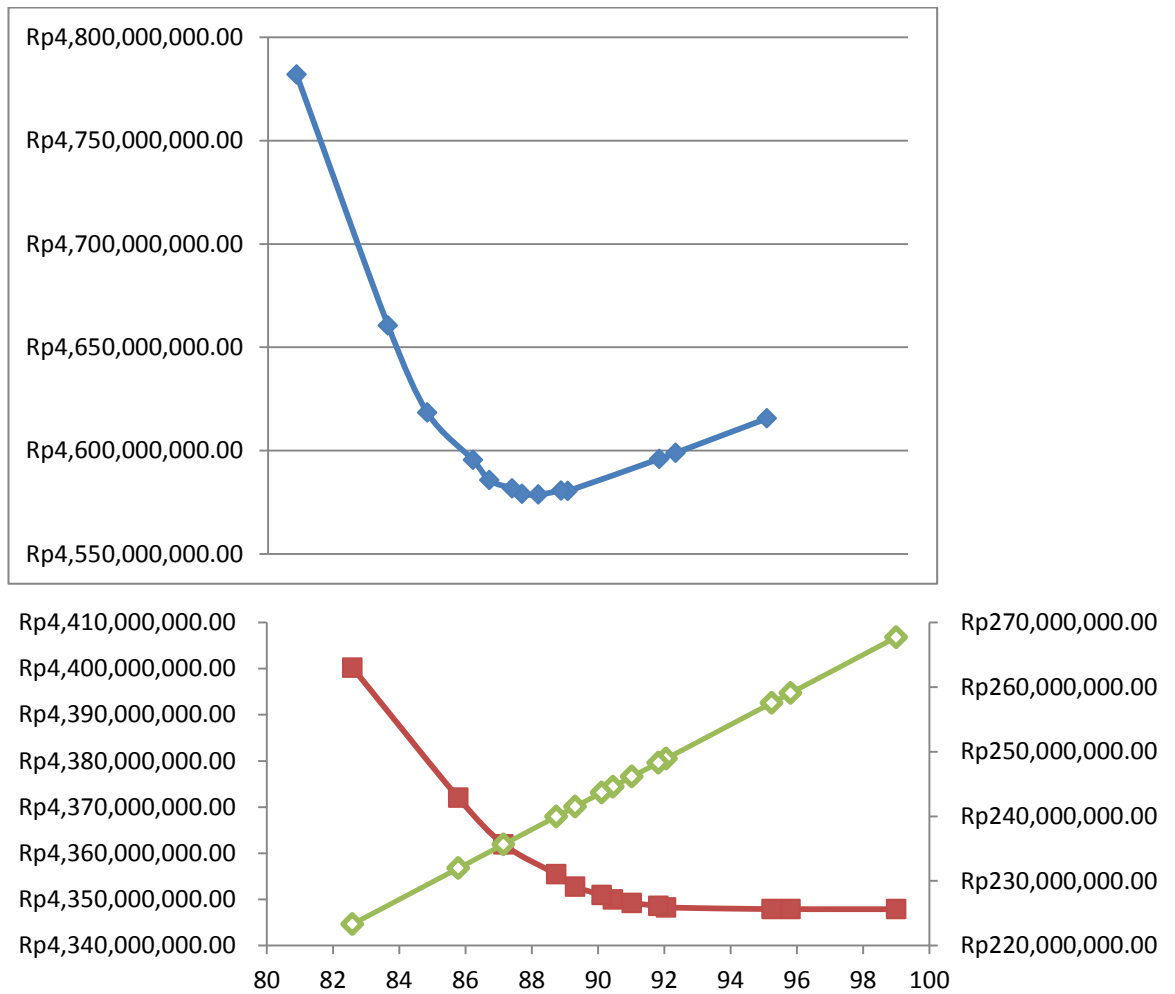


Gambar 5.11 Grafik biaya tidak langsung akibat 3 jam lembur



Gambar 5.12 Grafik biaya total akibat 3 jam lembur

Dari Gambar 5.12 dapat diketahui nilai optimal pada penambahan 3 jam lembur terdapat di durasi ke 77 dengan total biaya Rp 4.585.728.539,79.

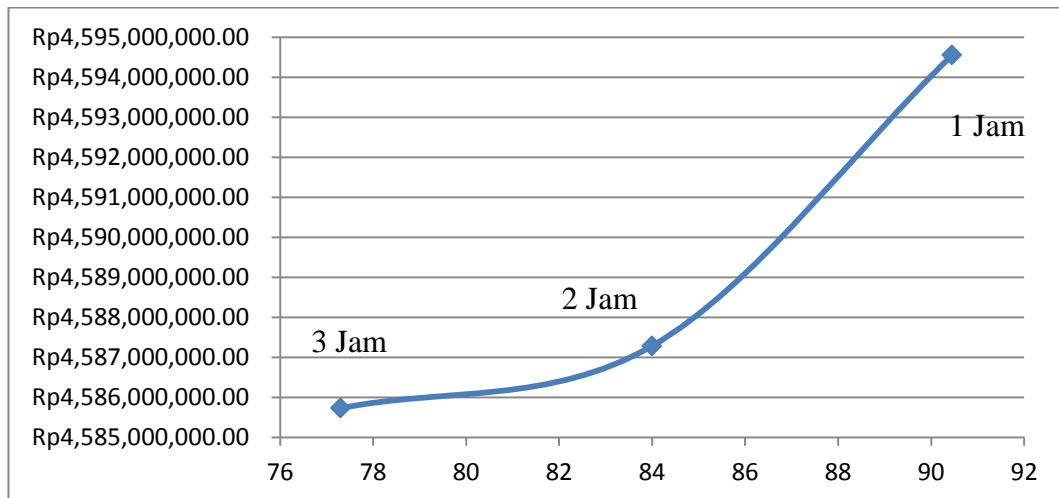


Gambar 5.13 Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat 3 jam lembur

Dari Gambar 5.4, Gambar 5.8 dan Gambar 5.12) dapat kita ketahui biaya optimal dari setiap penambahan jam lembur yang terdapat pada :

Tabel 5.25 Durasi dan biaya optimal

No.	Lembur (jam)	Durasi Optimal	Biaya
1	1	90	Rp 4.594.550.597,20
2	2	84	Rp 4.587.286.304,21
3	3	77	Rp 4.585.728.539,79



Gambar 5.14 Grafik tabel perbandingan total biaya optimal dengan waktu proyek optimal

Dari perbandingan biaya total diatas dapat kita ketahui bahwa biaya termurah terdapat pada penambahan lembur 3 jam dengan durasi percepatan 77 hari dan dengan biaya total Rp 4.585.728.539,79

#### 5.4.2 Kebutuhan Alat

Kebutuhan alat dihitung dari koefisien, volume pekerjaan, dan durasi dari masing-masing kegiatan berdasarkan apa yang tercantum dalam RAB dari kontraktor. Contoh perhitungan kebutuhan alat adalah sebagai berikut:

##### 1. Divisi IV Drainase

Pekerjaan Galian Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan

Volume : 330 m<sup>3</sup>

Durasi : 7 Hari

Jam Kerja Per Hari : 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } Wheel Loader &= \frac{(\text{Koefisien alat} \times \text{volume})}{(\text{Durasi} \times \text{jam kerja})} \\ &= \frac{(0,032 \times 330)}{12 \times 7} \end{aligned}$$

$$= 0,12 \text{ unit/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } Dump Truck 10 \text{ m}^3 &= \frac{(0,52 \times 330)}{12 \times 7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,04 \text{ unit/jam} \\
 \text{Kebutuhan } \textit{Vibratory Roller} &= \frac{(0,015 \times 330)}{12 \times 7} \\
 &= 0,05 \text{ unit/jam}
 \end{aligned}$$

### 5.4.3. Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan cara menghitung ulang kebutuhan tenaga kerja dari masing – masing kegiatan berdasarkan durasi percepatan atau durasi *crashing* yang akan dilakukan dengan tanpa melakukan penambahan jam kerja per hari, contoh perhitungan penambahan pekerja dan biaya penambahan pekerja pada pekerjaan lapis pondasi agregat kelas s bahu jalan dibawah ini :

Perhitungan penambahan tenaga kerja berdasarkan durasi normal :

Volume	= 330 m <sup>3</sup>
Durasi normal	= 12 hari
Kapasitas tenaga kerja per 1m <sup>3</sup> adalah :	
Pekerja	: 0,129 Oj @ Rp 5.714,29
Mandor	: 0,032 Oj @ Rp 6.428,57
Wheel Loader	: 0,032 Oj @ Rp 390.124,68
Dump Truck 10 m <sup>3</sup>	: 0,520 Oj @ Rp 247.000,00
Vibratory Roller	: 0,015 Oj @ Rp 306.567,44

Dengan :

Oj = Orang jam

Perhitungan jumlah tenaga kerja :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{(\text{Koefesien tenaga kerja x volume})}{(\text{Durasi normal x jam kerja})} \\
 \text{Jumlah Pekerja} &= \frac{(0,129 \times 330)}{12 \times 7} \\
 &= 0,51 \text{ orang/jam} \\
 \text{Upah Pekerja} &= 0,51 \times \text{Rp } 5.714,29 \\
 &= \text{Rp } 2.914,29
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Mandor} &= \frac{(0,032 \times 330)}{12 \times 7} \\
 &= 0,13 \text{ orang/jam} \\
 \text{Upah Mandor} &= 0,13 \times \text{Rp. } 6.428,57 \\
 &= \text{Rp } 835,711 \\
 \text{Jumlah Wheel Loader} &= \frac{(0,032 \times 330)}{12 \times 7} \\
 &= 0,13 \text{ unit/jam} \\
 \text{Biaya Wheel Loader} &= 0,13 \times \text{Rp } 390.124,68 \\
 &= \text{Rp } 50.716,21 \\
 \text{Jumlah Dump Truck 10 m3} &= \frac{(0,52 \times 330)}{12 \times 7} \\
 &= 2,04 \text{ unit/jam} \\
 \text{Biaya Dump Truck 10 m3} &= 2,04 \times \text{Rp } 247.000,00 \\
 &= \text{Rp } 501.410,00 \\
 \text{Jumlah Vibratory Roller} &= \frac{(0,015 \times 330)}{12 \times 7} \\
 &= 0,06 \text{ unit/jam} \\
 \text{Biaya Vibratory Roller} &= 0,06 \times \text{Rp } 306.567,44 \\
 &= \text{Rp } 18.394,05
 \end{aligned}$$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (7 hari) adalah :

$$\begin{aligned}
 &(\text{Rp } 2.914,29 + \text{Rp } 835,711 + \text{Rp } 501.410,00 + \text{Rp } 50.716,21 + \text{Rp } 18.394,05) \\
 &\times (12 \times 7) = \text{Rp } 48.238.701,45
 \end{aligned}$$

Perhitungan penambahan tenaga kerja untuk pekerjaan lapis pondasi agregat kelas s bahu jalan dengan menggunakan durasi percepatan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= 330 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi normal} &= 12 \text{ hari} \\
 \text{Durasi Crashing} &= 1,37 \text{ hari} \\
 \text{Durasi Percepatan} &= 10,63 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Kapasitas tenaga kerja per  $1\text{m}^3$  adalah

Pekerja	: 0,129 Oj @ Rp 5.714,29
Mandor	: 0,032 Oj @ Rp 6.428,57
Wheel Loader	: 0,032 Oj @ Rp 390.124,68
Dump Truck 10 m <sup>3</sup>	: 0,520 Oj @ Rp 247.000,00
Vibratory Roller	: 0,015 Oj @ Rp 306.567,44

Dengan :

Oj = Orang jam

Perhitungan jumlah tenaga kerja :

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{(\text{Durasi percepatan} \times \text{jam kerja})}$$

$$\text{Jumlah Pekerja} = \frac{(0,129 \times 330)}{10,63 \times 7}$$

$$= 0,57 \text{ orang/jam}$$

$$\text{Upah Pekerja} = 0,57 \times \text{Rp } 5.714,29$$

$$= \text{Rp } 3.257,14$$

$$\text{Jumlah Mandor} = \frac{(0,032 \times 330)}{10,63 \times 7}$$

$$= 0,14 \text{ orang/jam}$$

$$\text{Upah Mandor} = 0,14 \times \text{Rp. } 6.428,57$$

$$= \text{Rp } 900,00$$

$$\text{Jumlah Wheel Loader} = \frac{(0,032 \times 330)}{10,63 \times 7}$$

$$= 0,14 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Biaya Wheel Loader} = 0,14 \times \text{Rp } 390.124,68$$

$$= \text{Rp } 54.617,46$$

$$\text{Jumlah Dump Truck} = \frac{(0,52 \times 330)}{10,63 \times 7}$$

$$= 2,29 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Biaya Dump Truck} = 2,29 \times \text{Rp } 247.000,00$$

$$= \text{Rp } 565.630,00$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Vibratory Roller} &= \frac{(0,015 \times 330)}{10,63 \times 7} \\ &= 0,07 \text{ unit/jam} \\ \text{Biaya Vibratory Roller} &= 0,07 \times \text{Rp } 306.567,44 \\ &= \text{Rp } 21.459,72 \end{aligned}$$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi percepatan (10,63 hari) adalah :  
 $(\text{Rp } 3.257,14 + \text{Rp } 900,00 + \text{Rp } 54.617,46 + \text{Rp } 565.630,00 + \text{Rp } 21.459,72) \times 12$   
 $\times 7 = \text{Rp } 48.071.926,56$

$$\begin{aligned} \text{Selisih Biaya} &= \text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal} \\ &= \text{Rp } 48.071.926,56 - \text{Rp } 48.238.701,45 = \text{Rp } (166.774,89) \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya, perhitungan selisih biaya pekerjaan disajikan dalam Tabel 5.26. Tabel 5.27 dan Tabel 5.28.

Tabel 5.26 Selisih biaya pekerjaan akibat penambahan tenaga kerja 1

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Selisih Biaya
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp 61.600,00	3,19	24,81	Rp 64.506,33	Rp 2.906,33
RJT	5	Rp 188.020,00	0,57	4,43	Rp 170.144,30	Rp (17.875,70)
BPT	28	Rp 2.802.800,00	3,19	24,81	Rp 2.796.101,27	Rp (6.698,73)
PMT	2	Rp 592.307,09	0,23	1,77	Rp 591.446,55	Rp (860,54)
PTP	7	Rp 2.601.138,54	0,8	6,2	Rp 2.448.414,73	Rp (152.723,81)
PJT	5	Rp 2.625.000,00	0,57	4,43	Rp 2.626.550,63	Rp 1.550,63
MS	3	Rp 3.147.538,31	0,34	2,66	Rp 3.152.164,28	Rp 4.625,97
PRP	7	Rp 10.063.749,22	0,8	6,2	Rp 10.006.528,63	Rp (57.220,60)
PP	5	Rp 12.262.080,00	0,57	4,43	Rp 12.254.873,42	Rp (7.206,58)
PTB	14	Rp 49.793.919,80	1,59	12,41	Rp 49.769.996,14	Rp (23.923,66)
LPAS	12	Rp 48.238.701,45	1,37	10,63	Rp 48.071.926,56	Rp (166.774,89)
PAB	28	Rp 237.910.221,14	3,19	24,81	Rp 237.423.028,58	Rp (487.192,56)

Perhitungan Selisih

Contoh: Pekerjaan Aspal Keras (AK)

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal} \\ &= \text{Rp } 64.506,33 - \text{Rp } 61.600,00 \\ &= \text{Rp } 2.906,33 \end{aligned}$$

Tabel 5.27 Selisih biaya pekerjaan akibat penambahan tenaga kerja 2

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Selisih Biaya
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp 61.600,00	4,94	23,06	Rp 59.255,81	Rp (2.344,19)
RJT	5	Rp 188.020,00	0,88	4,12	Rp 159.958,14	Rp (28.061,86)
BPT	28	Rp 2.802.800,00	4,94	23,06	Rp 2.794.139,53	Rp (8.660,47)
PMT	2	Rp 592.307,09	0,35	1,65	Rp 591.552,93	Rp (754,16)
PTP	7	Rp 2.601.138,54	1,24	5,76	Rp 2.574.308,56	Rp (26.829,98)
PJT	5	Rp 2.625.000,00	0,88	4,12	Rp 2.626.424,42	Rp 1.424,42
MS	3	Rp 3.147.538,31	0,53	2,47	Rp 3.151.549,22	Rp 4.010,92
PRP	7	Rp 10.063.749,22	1,24	5,76	Rp 10.060.744,32	Rp (3.004,91)
PP	5	Rp 12.262.080,00	0,88	4,12	Rp 12.238.913,95	Rp (23.166,05)
PTB	14	Rp 49.793.919,80	2,47	11,53	Rp 49.407.495,91	Rp (386.423,89)
LPAS	12	Rp 48.238.701,45	2,12	9,88	Rp 48.098.475,13	Rp (140.226,32)
PAB	28	Rp 237.910.221,14	4,94	23,06	Rp 237.797.131,96	Rp (113.089,18)

## Perhitungan Selisih

Contoh: Pekerjaan Patok Pengarah (PP)

Selisih = Biaya Percepatan – Biaya Normal

$$= \text{Rp } 12.238.913,95 - \text{Rp } 12.262.080,00$$

$$= \text{Rp } (23.166,05)$$

Tabel 5.28 Selisih biaya pekerjaan akibat penambahan tenaga kerja 3

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Selisih Biaya
	Durasi (Hari)	Biaya		Durasi (Hari)	Biaya	
AK	28	Rp 61.600,00	7,15	20,85	Rp 56.000,00	Rp (5.600,00)
RJT	5	Rp 188.020,00	1,28	3,72	Rp 154.246,15	Rp (33.773,85)
BPT	28	Rp 2.802.800,00	7,15	20,85	Rp 2.800.000,00	Rp (2.800,00)
PMT	2	Rp 592.307,09	0,51	1,49	Rp 591.179,33	Rp (1.127,76)
PTP	7	Rp 2.601.138,54	1,79	5,21	Rp 2.441.478,42	Rp (159.660,12)
PJT	5	Rp 2.625.000,00	1,28	3,72	Rp 2.626.085,00	Rp 1.085,00
MS	3	Rp 3.147.538,31	0,77	2,23	Rp 3.150.962,39	Rp 3.424,08
PRP	7	Rp 10.063.749,22	1,79	5,21	Rp 10.060.306,76	Rp (3.442,46)
PP	5	Rp 12.262.080,00	1,28	3,72	Rp 12.211.707,69	Rp (50.372,31)
PTB	14	Rp 49.793.919,80	3,57	10,43	Rp 49.483.932,69	Rp (309.987,11)
LPAS	12	Rp 48.238.701,45	3,06	8,94	Rp 48.062.560,73	Rp (176.140,72)
PAB	28	Rp 237.910.221,14	7,15	20,85	Rp 237.779.993,04	Rp (130.228,10)

### Perhitungan Selisih

Contoh: Pekerjaan Marka Thermoplastik (PMT)

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal} \\ &= \text{Rp } 591.179,33 - \text{Rp } 592.307,09 \\ &= \text{Rp}(1.127,76) \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan Tabel 5.26, 5.27, dan 5.28 diperoleh selisih biaya dari masing – masing kegiatan yang telah dianalisis dengan penambahan tenaga kerja sesuai kebutuhan percepatan yang dilakukan. Untuk perhitungan dari pengaruh biaya langsung dan biaya tidak langsung dilakukan dengan cara :

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp } 4.368.644.588,45 + \text{Rp } 2.906,33 \\ &= \text{Rp } 4.368.647.494,78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= (\text{Rp } 267.704.288,00 : 99) \times 96 \\ &= \text{Rp } 259.078.261,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total} &= \text{Rp } 4.368.647.494,78 + \text{Rp } 259.078.261,14 \\ &= \text{Rp } 4.606.968.055,26 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk pengaruh biaya langsung dan biaya tidak langsung dapat dilihat pada Tabel 5.29 sampai dengan Tabel 5.34.

Tabel 5.29 Biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja 1

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung
		99
Aspal Keras	96	Rp 4.347.889.794,12
Rambu Jalan Tunggal	95	Rp 4.347.874.824,75
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	92	Rp 4.347.853.156,65
Putus-Putus Marka Thermoplastik	92	Rp 4.347.830.628,01
Patchingan Resap Pengikat	91	Rp 4.347.655.375,56
Pohon Jenis Tanjung	90	Rp 4.347.481.673,75
Marka Solid	90	Rp 4.347.312.597,91
Pelebaran Resap Pengikat	89	Rp 4.347.086.301,47
Patok Pengarah	89	Rp 4.346.852.798,45
Patchingan Agregat B	87	Rp 4.346.595.371,78
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	86	Rp 4.346.171.170,21
Pelebaran Agregat B	83	Rp 4.345.259.776,08

Tabel 5.30 Biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja 2

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung
		99
Aspal Keras	94	Rp 4.347.884.543,61
Rambu Jalan Tunggal	93	Rp 4.347.854.137,56
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	88	Rp 4.347.815.071,05
Putus-Putus Marka Thermoplastik	88	Rp 4.347.775.250,37
Patchingan Resap Pengikat	87	Rp 4.345.615.579,36
Pohon Jenis Tanjung	86	Rp 4.347.708.599,72
Marka Solid	85	Rp 4.347.643.373,48
Pelebaran Resap Pengikat	84	Rp 4.347.582.158,16
Patok Pengarah	83	Rp 4.347.517.937,93
Patchingan Agregat B	81	Rp 4.347.430.551,66
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	79	Rp 4.346.956.741,50
Pelebaran Agregat B	74	Rp 4.346.342.705,02

Tabel 5.31 Biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja 3

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung
		99
Aspal Keras	92	Rp 4.347.879.500,56
Rambu Jalan Tunggal	91	Rp 4.347.833.416,73
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	83	Rp 4.347.776.490,35
Putus-Putus Marka Thermoplastik	83	Rp 4.347.718.231,12
Patchingan Resap Pengikat	81	Rp 4.347.605.463,59
Pohon Jenis Tanjung	80	Rp 4.347.493.781,06
Marka Solid	79	Rp 4.347.387.602,87
Pelebaran Resap Pengikat	77	Rp 4.347.260.672,14
Patok Pengarah	76	Rp 4.347.101.018,85
Patchingan Agregat B	72	Rp 4.346.611.646,06
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	69	Rp 4.345.903.477,76
Pelebaran Agregat B	62	Rp 4.345.041.925,84

Tabel 5.32 Biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja 1

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung
		99
Aspal Keras	96	Rp 259.078.261
Rambu Jalan Tunggal	95	Rp 257.536.933
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	92	Rp 248.910.906
Putus-Putus Marka Thermoplastik	92	Rp 248.288.967

Lanjutan tabel 5.32

Patchingan Resap Pengikat	91	Rp 246.125.700
Pohon Jenis Tanjung	90	Rp 244.584.372
Marka Solid	90	Rp 243.664.984
Pelebaran Resap Pengikat	89	Rp 241.501.717
Patok Pengarah	89	Rp 239.960.389
Patchingan Agregat B	87	Rp 235.660.896
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	86	Rp 231.956.301
Pelebaran Agregat B	83	Rp 223.330.274

Tabel 5.33 Biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja 2

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung
		99
Aspal Keras	94	Rp 254.342.933
Rambu Jalan Tunggal	93	Rp 251.956.977
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	88	Rp 238.595.622
Putus-Putus Marka Thermoplastik	88	Rp 237.641.240
Patchingan Resap Pengikat	87	Rp 234.300.901
Pohon Jenis Tanjung	86	Rp 231.914.945
Marka Solid	85	Rp 230.483.371
Pelebaran Resap Pengikat	84	Rp 227.143.032
Patok Pengarah	83	Rp 224.757.076
Patchingan Agregat B	81	Rp 218.076.399
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	79	Rp 212.350.104
Pelebaran Agregat B	74	Rp 198.988.749

Tabel 5.34 Biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja 3

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung
		99
Aspal Keras	92	Rp 248.372.966
Rambu Jalan Tunggal	91	Rp 244.920.945
Bahan Pengisi ( <i>Filter</i> ) Tambahan (Semen)	83	Rp 225.589.623
Putus-Putus Marka Thermoplastik	83	Rp 224.208.814
Patchingan Resap Pengikat	81	Rp 219.375.983
Pohon Jenis Tanjung	80	Rp 215.923.962
Marka Solid	79	Rp 213.852.749
Pelebaran Resap Pengikat	77	Rp 209.019.918
Patok Pengarah	76	Rp 205.567.896
Patchingan Agregat B	72	Rp 195.902.235
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	69	Rp 187.617.383

Total biaya proyek adalah jumlah dari biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek seperti ditunjukkan pada Tabel 5.35, Tabel 5.36, dan Tabel 5.37.

Tabel 5.35 Biaya total akibat penambahan tenaga kerja 1

Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung	Biaya Langsung	Biaya Total
99	Rp 267.704.288	Rp 4.347.886.887,79	Rp 4.615.591.176,00
96	Rp 259.078.261	Rp 4.347.889.794,12	Rp 4.606.968.055,26
95	Rp 257.536.933	Rp 4.347.874.824,75	Rp 4.605.411.758,18
92	Rp 248.910.906	Rp 4.347.853.156,65	Rp 4.596.764.063,01
92	Rp 248.288.967	Rp 4.347.830.628,01	Rp 4.596.119.595,12
91	Rp 246.125.700	Rp 4.347.655.375,56	Rp 4.593.781.075,69
90	Rp 244.584.372	Rp 4.347.481.673,75	Rp 4.592.066.046,16
90	Rp 243.664.984	Rp 4.347.312.597,91	Rp 4.590.977.581,85
89	Rp 241.501.717	Rp 4.347.086.301,47	Rp 4.588.588.018,44
89	Rp 239.960.389	Rp 4.346.852.798,45	Rp 4.586.813.187,70
87	Rp 235.660.896	Rp 4.346.595.371,78	Rp 4.582.256.267,91
86	Rp 231.956.301	Rp 4.346.171.170,21	Rp 4.578.127.471,65
83	Rp 223.330.274	Rp 4.345.259.776,08	Rp 4.568.590.050,46

Tabel 5.36 Biaya total akibat penambahan tenaga kerja 2

Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung	Biaya Langsung	Biaya Total
99	Rp 267.704.288	Rp 4.347.886.887,79	Rp 4.615.591.176,00
94	Rp 254.342.933	Rp 4.347.884.543,61	Rp 4.602.227.476,97
93	Rp 251.956.977	Rp 4.347.854.137,56	Rp 4.599.811.114,70
88	Rp 238.595.622	Rp 4.347.815.071,05	Rp 4.586.410.693,34
88	Rp 237.641.240	Rp 4.347.775.250,37	Rp 4.585.416.490,17
87	Rp 234.300.901	Rp 4.345.615.579,36	Rp 4.582.009.500,80
86	Rp 231.914.945	Rp 4.347.708.599,72	Rp 4.579.558.318,34
85	Rp 230.483.371	Rp 4.347.643.373,48	Rp 4.578.065.529,29
84	Rp 227.143.032	Rp 4.347.582.158,16	Rp 4.574.660.970,35
83	Rp 224.757.076	Rp 4.347.517.937,93	Rp 4.572.187.627,85
81	Rp 218.076.399	Rp 4.347.430.551,66	Rp 4.565.033.140,27
79	Rp 212.350.104	Rp 4.346.956.741,50	Rp 4.558.692.808,86
74	Rp 198.988.749	Rp 4.346.342.705,02	Rp 4.544.604.328,35



Tabel 5.37 Biaya total akibat penambahan tenaga kerja 3

Durasi (Hari)	Biaya Tidak Langsung	Biaya Langsung	Biaya Total
99	Rp 267.704.288	Rp 4.347.886.887,79	Rp 4.615.591.176,00
92	Rp 248.372.966	Rp 4.347.879.500,56	Rp 4.596.252.466,86
91	Rp 244.920.945	Rp 4.347.833.416,73	Rp 4.592.754.361,26
83	Rp 225.589.623	Rp 4.347.776.490,35	Rp 4.573.366.112,97
83	Rp 224.208.814	Rp 4.347.718.231,12	Rp 4.571.927.045,04
81	Rp 219.375.983	Rp 4.347.605.463,59	Rp 4.566.981.447,03
80	Rp 215.923.962	Rp 4.347.493.781,06	Rp 4.563.417.742,73
79	Rp 213.852.749	Rp 4.347.387.602,87	Rp 4.561.240.351,48
77	Rp 209.019.918	Rp 4.347.260.672,14	Rp 4.556.280.590,27
76	Rp 205.567.896	Rp 4.347.101.018,85	Rp 4.552.668.915,21
72	Rp 195.902.235	Rp 4.346.611.646,06	Rp 4.542.513.881,47
69	Rp 187.617.383	Rp 4.345.903.477,76	Rp 4.533.520.860,92
62	Rp 168.286.061	Rp 4.345.041.925,84	Rp 4.513.327.987,09

Dengan persentase efisiensi waktu dan biaya adalah sebagai berikut :

Untuk Tenaga Kerja 1 :

1. Efisiensi waktu proyek

$$\frac{99-96}{99} \times 100\% = 3,22 \%$$

2. Efisiensi biaya proyek

$$\frac{\text{Rp } 4.615.591.176,00 - \text{Rp } 4.606.968.055,26}{\text{Rp } 4.615.591.176,00} = 0,16 \%$$

Untuk Tenaga Kerja 2 :

1. Efisiensi waktu proyek

$$\frac{99 - 94}{99} \times 100\% = 5,26 \%$$

2. Efisiensi biaya proyek

$$\frac{\text{Rp } 4.615.591.176,00 - \text{Rp } 4.602.227.476,97}{\text{Rp } 4.615.591.176,00} = 0,26 \%$$

Untuk Tenaga Kerja 3 :

1. Efisiensi waktu proyek

$$\frac{99 - 92}{99} \times 100\% = 6,53 \%$$

2. Efisiensi biaya proyek

$$\frac{\text{Rp } 4,615,591,176.00 - \text{Rp } 4,596,252,466.86}{\text{Rp } 4,615,591,176.00} = 0,33 \%$$

Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada setiap durasi *crashing* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.38, Tabel 5.39 dan Tabel 5.40.

Tabel 5.38 Efisiensi biaya dan waktu akibat penambahan tenaga kerja 1

Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
99		
96	3.22	0.16
95	3.80	0.19
92	7.02	0.35
92	7.25	0.36
91	8.06	0.41
<b>90</b>	<b>8.64</b>	<b>0.44</b>
90	8.98	0.45
89	9.79	0.49
89	10.36	0.52
87	11.97	0.60
86	13.35	0.68
83	16.58	0.85

Tabel 5.39 Efisiensi biaya dan waktu akibat penambahan tenaga kerja 2

Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
99		
94	5.26	0.26
93	6.20	0.31
88	11.46	0.57
88	11.84	0.59
87	13.15	0.66
86	14.09	0.71

Lanjutan tabel 5.39

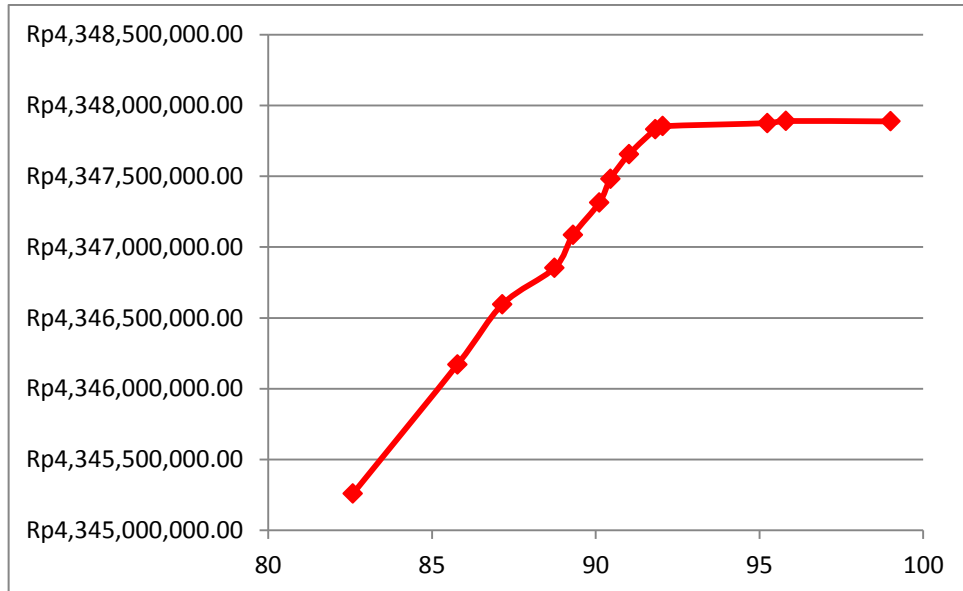
85	14.66	0.73
<b>84</b>	<b>15.97</b>	<b>0.80</b>
83	16.91	0.85
81	19.54	0.99
79	21.79	1.10
74	27.05	1.37

Tabel 5.40 Efisiensi biaya dan waktu akibat penambahan tenaga kerja 3

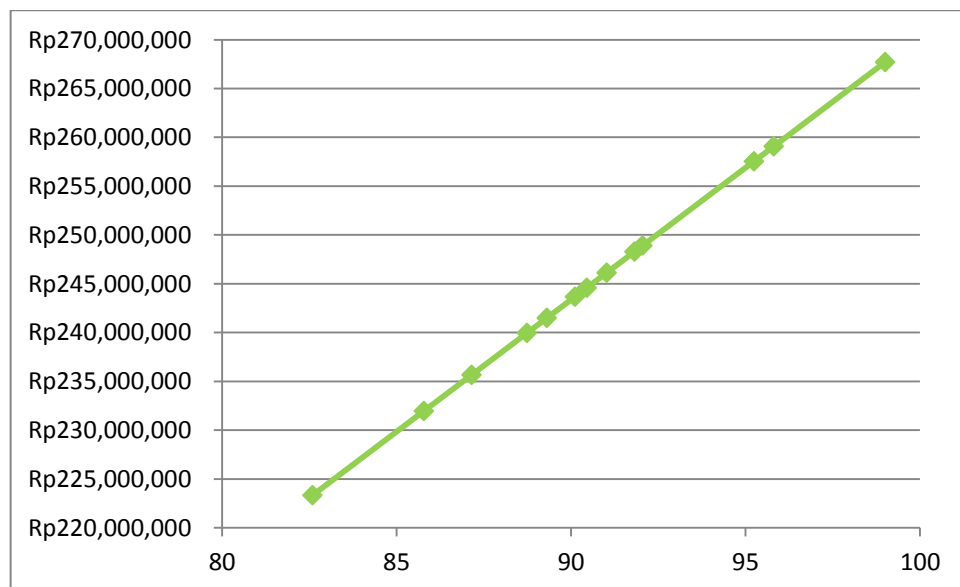
Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
99		
92	6.53	0.33
91	7.69	0.39
83	14.21	0.71
83	14.68	0.73
81	16.31	0.82
80	17.47	0.88
79	18.17	0.91
<b>77</b>	<b>19.81</b>	<b>0.99</b>
76	20.97	1.05
72	24.23	1.22
69	27.03	1.37
62	33.56	1.70

Hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung dan total biaya proyek terhadap waktu dan biaya optimal dapat dilihat dari gambar grafik dibawah ini.

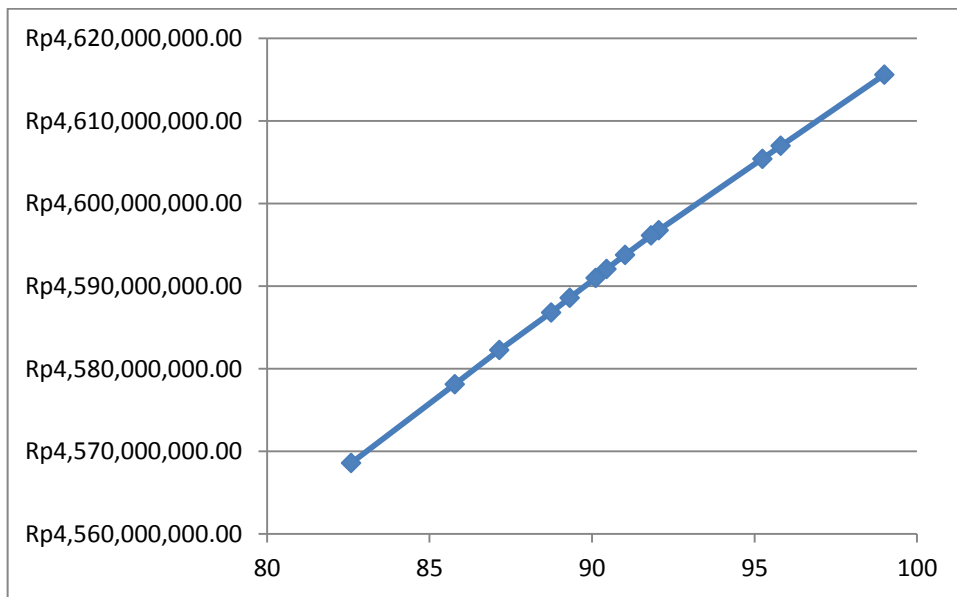
Gambar grafik untuk penambahan tenaga kerja 1 :



Gambar 5.15 Grafik biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja 1

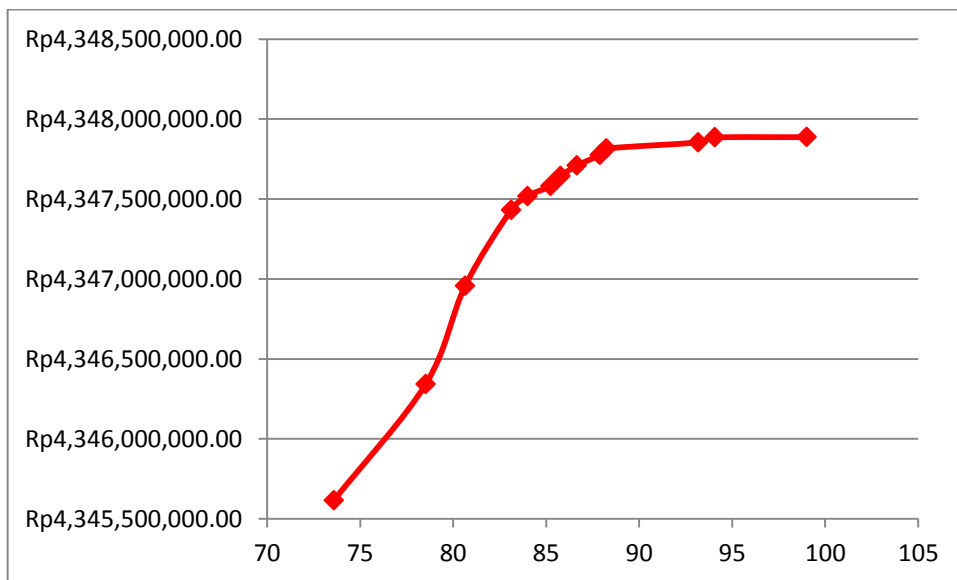


Gambar 5.16 Grafik biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja 1

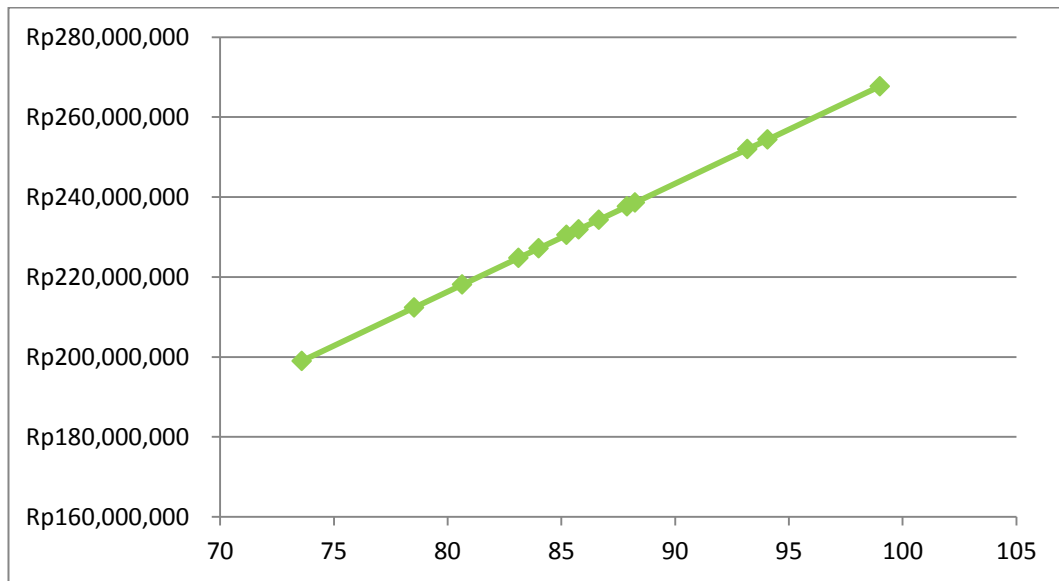


Gambar 5.17 Grafik biaya total akibat penambahan tenaga kerja

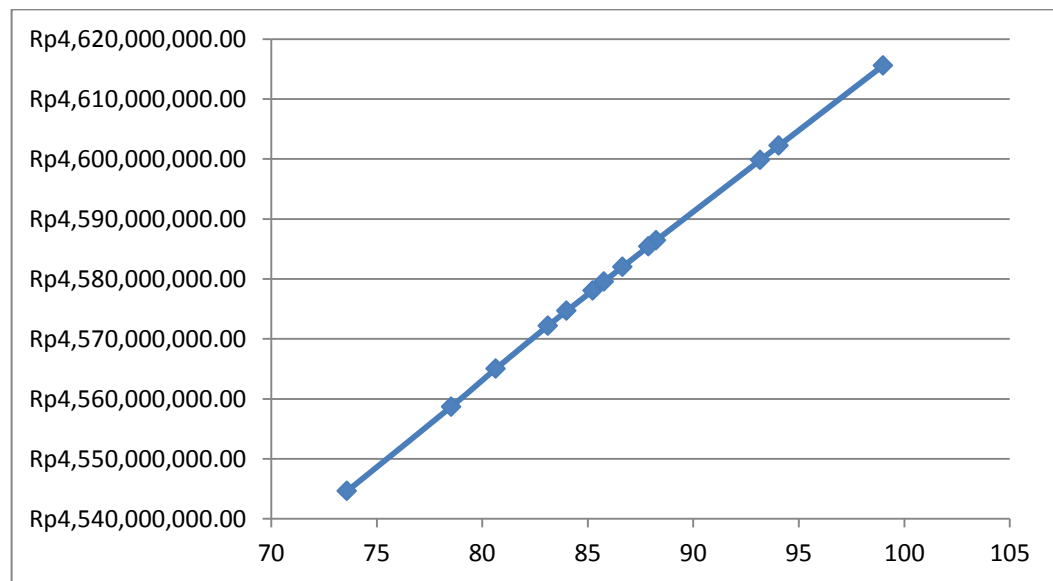
Gambar grafik untuk penambahan tenaga kerja 2 :



Gambar 5.18 Grafik biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja 2

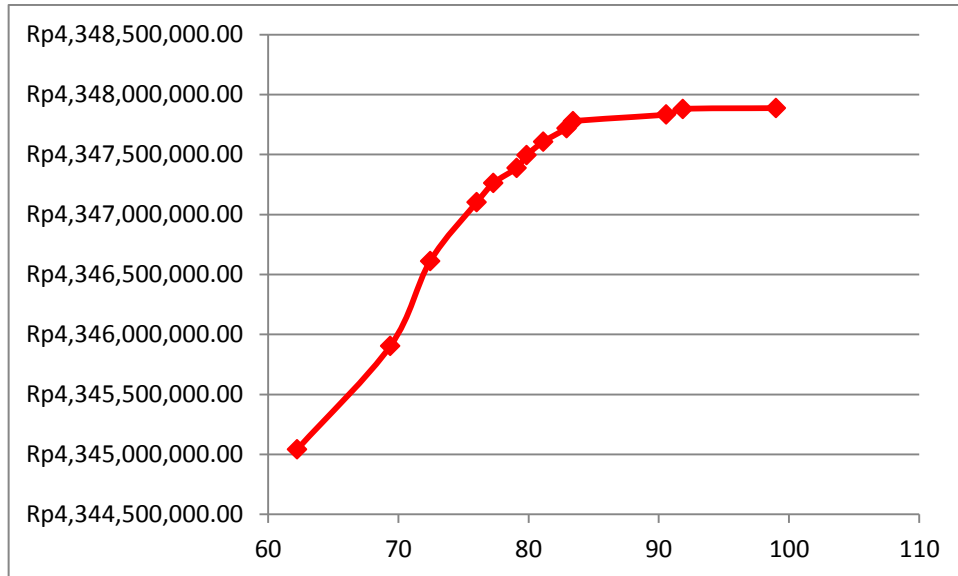


Gambar 5.19 Grafik biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja 2

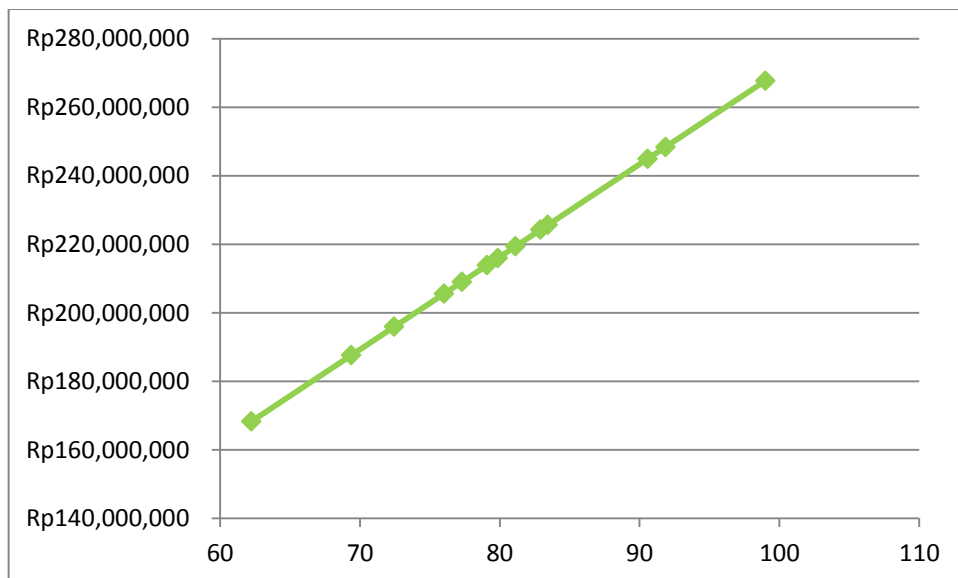


Gambar 5.20 Grafik biaya total akibat penambahan tenaga kerja 2

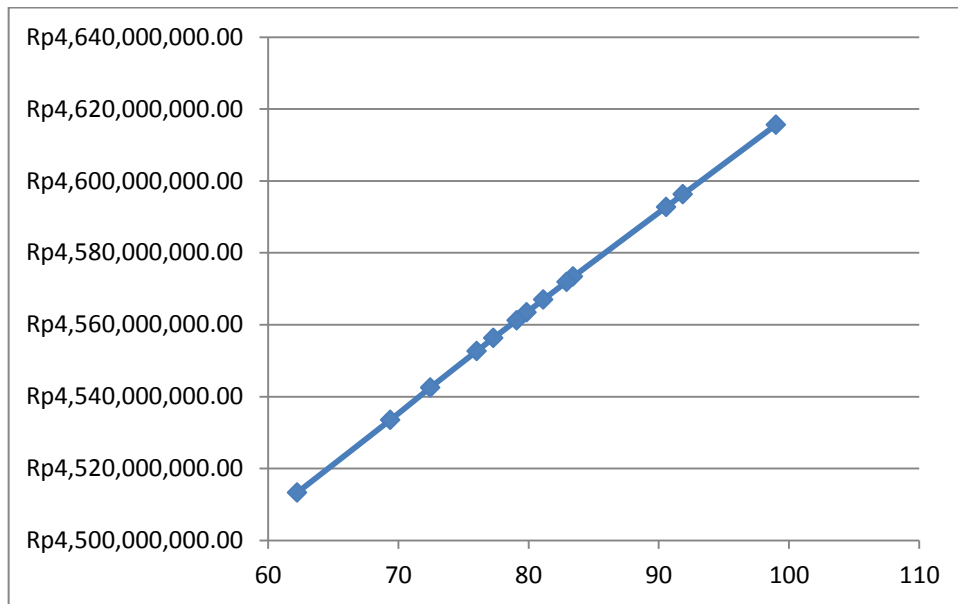
Gambar grafik untuk penambahan tenaga kerja 3 :



Gambar 5.21 Grafik biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja 3



Gambar 5.22 Grafik biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja 3



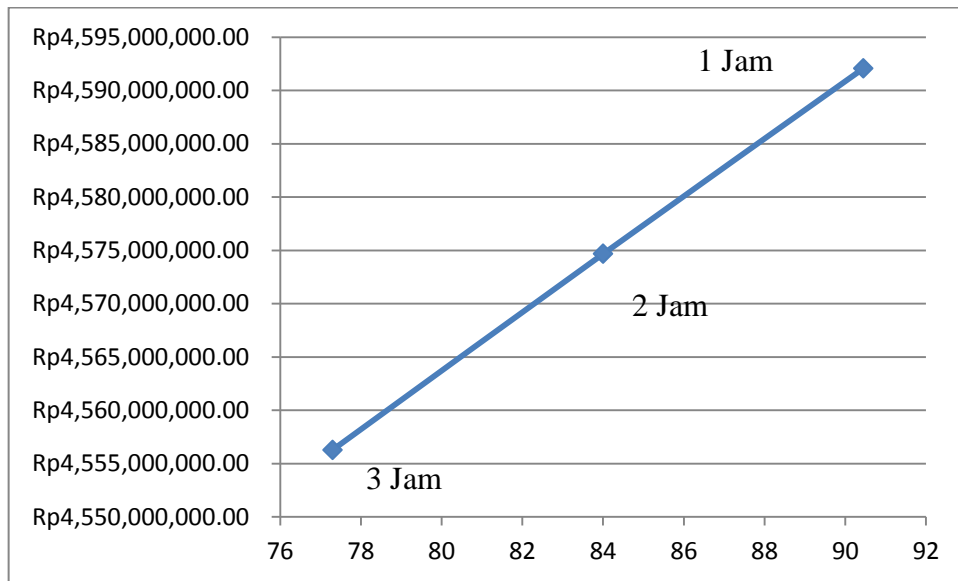
Gambar 5.23 Grafik biaya total akibat penambahan tenaga kerja 3

Dari gambar grafik diatas (gambar 5.17, gambar 5.20, dan gambar 5.23) dapat kita ketahui biaya dari setiap penambahan tenaga kerja yang terdapat pada :

Tabel 5.41 Durasi dan biaya tenaga kerja

No	Penambahan Tenaga Kerja	Durasi	Biaya
1	1	90	Rp 4.592.066.046,16
2	2	84	Rp 4.574.660.970,35
3	3	77	Rp 4.556.280.590,27





Gambar 5.24 Grafik perbandingan total biaya tenaga kerja 1, tenaga kerja 2 dan tenaga kerja 3

Dari perbandingan biaya total diatas dapat kita ketahui bahwa biaya termurah terdapat pada penambahan lembur 3 jam dengan durasi percepatan 77 hari dan dengan biaya total Rp 4.556.280.590,27

### 5.5. Biaya Total Jam Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja

Dari perhitungan didapat perbedaan antara biaya total akibat penambahan jam lembur dan biaya total akibat penambahan tenaga kerja, seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.42, Tabel 5.43 dan Tabel 5.44.

Tabel 5.42 Biaya akibat penambahan 1 jam lembur dan penambahan tenaga kerja 1

Durasi (Hari)	Penambahan Jam Lembur	Penambahan Tenaga Kerja
99	Rp 4.615.591.176,00	Rp 4.615.591.176,00
96	Rp 4.606.969.605,94	Rp 4.606.968.055,26
95	Rp 4.605.443.183,22	Rp 4.605.411.758,18
92	Rp 4.597.153.689,15	Rp 4.596.764.063,01
92	Rp 4.596.913.246,90	Rp 4.596.119.595,12
91	Rp 4.595.321.264,92	Rp 4.593.781.075,69
<b>90</b>	<b>Rp 4.594.550.597,20</b>	<b>Rp 4.592.066.046,16</b>

Lanjutan tabel 5.42

90	Rp 4.594.641.111,74	Rp 4.590.977.581,85
89	Rp 4.594.248.409,76	Rp 4.588.588.018,44
89	Rp 4.595.406.680,04	Rp 4.586.813.187,70
87	Rp 4.597.570.117,93	Rp 4.582.256.267,91
86	Rp 4.603.973.276,23	Rp 4.578.127.471,65
83	Rp 4.623.511.651,17	Rp 4.568.590.050,46

Tabel 5.43 Biaya akibat penambahan 2 jam lembur dan penambahan tenaga kerja 2

Durasi (Hari)	Penambahan Jam Lembur	Penambahan Tenaga Kerja
99	Rp 4.615.591.176,00	Rp 4.615.591.176,00
94	Rp 4.602.242.718,15	Rp 4.602.227.476,97
93	Rp 4.599.901.611,93	Rp 4.599.811.114,70
88	Rp 4.587.202.606,08	Rp 4.586.410.693,34
88	Rp 4.587.040.991,59	Rp 4.585.416.490,17
87	Rp 4.585.049.070,88	Rp 4.582.009.500,80
86	Rp 4.584.591.464,66	Rp 4.579.558.318,34
85	Rp 4.585.784.460,92	Rp 4.578.065.529,29
<b>84</b>	<b>Rp 4.587.286.304,21</b>	<b>Rp 4.574.660.970,35</b>
83	Rp 4.592.444.763,99	Rp 4.572.187.627,85
81	Rp 4.604.253.385,56	Rp 4.565.033.140,27
79	Rp 4.627.623.781,63	Rp 4.558.692.808,86
74	Rp 4.695.869.101,78	Rp 4.544.604.328,35

Tabel 5.44 Biaya akibat penambahan 3 jam lembur dan penambahan tenaga kerja 3

Durasi (Hari)	Penambahan Jam Lembur	Penambahan Tenaga Kerja
99	Rp 4.598.573.251,00	Rp 4.615.591.176,00
92	Rp 4.583.591.677,14	Rp 4.596.252.466,86
91	Rp 4.580.976.185,64	Rp 4.592.754.361,26
83	Rp 4.567.017.039,78	Rp 4.573.366.112,97
83	Rp 4.566.169.306,38	Rp 4.571.927.045,04
81	Rp 4.563.343.849,35	Rp 4.566.981.447,03
80	Rp 4.561.653.719,85	Rp 4.563.417.742,73
79	Rp 4.561.228.360,74	Rp 4.561.240.351,48

Lanjutan tabel 5.44

<b>77</b>	<b>Rp 4.561.217.171,72</b>	<b>Rp 4.556.280.590,27</b>
76	Rp 4.563.114.900,22	Rp 4.552.668.915,21
72	Rp 4.574.111.497,29	Rp 4.542.513.881,47
69	Rp 4.585.615.332,76	Rp 4.533.520.860,92
62	Rp 4.659.418.114,90	Rp 4.513.327.987,09

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dengan penambahan tenaga kerja, biaya diatas adalah biaya yang langsung dibebankan kepada proyek. Pada penambahan lembur 1 jam dan penambahan tenaga kerja 1 pada durasi ke 90 dapat diketahui bahwa biaya yang efisien terdapat pada penambahan tenaga kerja 1 yaitu sebesar Rp 4.592.066.046,16. Pada penambahan lembur 2 jam dan penambahan tenaga kerja 2 pada durasi ke 84 dapat diketahui bahwa biaya yang efisien terdapat pada penambahan tenaga kerja 2 yaitu sebesar Rp 4.574.660.970,35. Sedangkan pada penambahan lembur 3 jam dan penambahan tenaga kerja 3 pada durasi ke 77 dapat diketahui bahwa biaya yang efisien terdapat pada penambahan tenaga kerja 3 yaitu sebesar Rp 4.556.280.590,27. Dan dari ke tiga perbandingan diatas didapat durasi tercepat dan biaya termurah yaitu pada penambahan tenaga kerja 3 dengan durasi sebesar 77 hari dan dengan penggunaan biaya sebesar Rp Rp 4.556.280.590,27.

Selanjutnya untuk mengetahui penambahan biaya akibat lembur, tenaga kerja, dan biaya denda dapat dilihat di Tabel 5.45, Tabel 5.46, dan Tabel 5.47 berikut ini:

Tabel 5.45 Perbandingan penambahan biaya akibat 1 jam lembur, tenaga kerja 1 dan biaya denda 1

Durasi (Hari)	Penambahan Lembur	Penambahan Tenaga Kerja	Denda
99			
96	Rp 4.457,00	Rp 2.906,33	Rp 14.669.448,67
95	Rp 14.905,00	Rp (14.969,37)	Rp 17.290.635,42
92	Rp 336.533,00	Rp (21.668,10)	Rp 31.960.084,09
92	Rp 381.497,00	Rp (22.528,64)	Rp 33.017.755,94

Lanjutan tabel 5.45

91	Rp 571.285,00	Rp (175.252,45)	Rp 36.696.614,54
90	Rp 770.660,00	Rp (173.701,81)	Rp 39.317.801,30
90	Rp 1.009.903,00	Rp (169.075,84)	Rp 40.881.316,20
89	Rp 1.770.565,00	Rp (226.296,44)	Rp 44.560.174,80
89	Rp 2.699.598,00	Rp (233.503,02)	Rp 47.181.361,56
87	Rp 6.462.931,00	Rp (257.426,68)	Rp 54.493.093,02
86	Rp 10.107.753,00	Rp (424.201,57)	Rp 60.793.138,38
83	Rp 28.164.402,00	Rp (911.394,13)	Rp 75.462.587,05

Tabel 5.46 Perbandingan penambahan biaya akibat 1 jam lembur, tenaga kerja 1 dan biaya denda 2

Durasi (Hari)	Penambahan Lembur	Penambahan Tenaga Kerja	Denda
99			
94	Rp 12.897,00	Rp (2.344,19)	Rp 23.958.566,64
93	Rp 44.850,00	Rp (30.406,05)	Rp 28.235.239,76
88	Rp 662.349,00	Rp (39.066,51)	Rp 52.193.806,40
88	Rp 792.768,00	Rp (39.820,67)	Rp 53.895.278,50
87	Rp 1.348.418,00	Rp (66.650,66)	Rp 59.873.423,73
86	Rp 1.928.350,00	Rp (65.226,24)	Rp 64.150.096,85
85	Rp 2.624.570,00	Rp (61.215,32)	Rp 66.725.297,87
84	Rp 4.842.182,00	Rp (64.220,23)	Rp 72.703.443,10
83	Rp 7.544.416,00	Rp (87.386,27)	Rp 76.980.116,22
81	Rp 18.489.299,00	Rp (473.810,16)	Rp 88.936.406,67
79	Rp 29.096.691,00	Rp (614.036,48)	Rp 99.191.225,02
74	Rp 81.606.675,00	Rp (727.125,66)	Rp 123.149.79,66

Tabel 5.47 Perbandingan penambahan biaya akibat 3 jam lembur, tenaga kerja 3 dan biaya denda 3

Durasi (Hari)	Penambahan Lembur	Penambahan Tenaga Kerja	Denda
99			
92	Rp 21.852,00	Rp (5.600,00)	Rp 29.706.783,20
91	Rp 77.249,00	Rp (39.373,85)	Rp 34.995.142,44
83	Rp 1.121.529,00	Rp (42.173,85)	Rp 64.701.925,64
83	Rp 1.342.151,00	Rp (43.301,60)	Rp 66.817.269,34
81	Rp 2.279.163,00	Rp (202.961,73)	Rp 74.266.958,00

Lanjutan tabel 5.47

80	Rp 3.259.922,00	Rp (201.876,73)	Rp 79.555.317,24
79	Rp 4.437.096,00	Rp (198.452,65)	Rp 82.728.332,79
77	Rp 8.188.376,00	Rp (201.895,11)	Rp 90.178.021,45
76	Rp 12.756.993,00	Rp (252.267,42)	Rp 95.466.380,69
72	Rp 31.255.303,00	Rp (562.254,53)	Rp110.319.772,29
69	Rp 49.192.496,00	Rp (738.395,24)	Rp123.057.820,20
62	Rp 137.998.704,00	Rp (868.623,34)	Rp152.764.603,40

Dari Tabel diatas dapat dilihat bahwa penambahan biaya akibat penambahan tenaga kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya penambahan jam lembur pada durasi percepatan proyek yang sama. Biaya mempercepat durasi proyek (penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja) lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

### 5.5. Analisis Teknik

Dalam merencanakan suatu pekerjaan konstruksi jalan selain memperhitungkan penambahan jam kerja (lembur) ataupun penambahan tenaga kerja, perlu untuk diketahui kebutuhan alat untuk setiap *item-item* pekerjaan yang akan dikerjakan.

Pada Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Ponjong di kabupaten Gunung kidul Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) ini, adapun contoh asumsi perhitungan penggunaan alat berat dari tiap divisi pekerjaan yang direncanakan adalah dengan perhitungan sebagai berikut :

#### 1. Divisi 4

Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan

Volume pekerjaan = 330 m<sup>3</sup>

Waktu pelaksanaan = 12 hari kalender

Target/Hari =  $\frac{(\text{Volume Pekerjaan})}{(\text{Waktu Pelaksanaan})}$

=  $\frac{(330)}{(12)}$

= 27,5 m<sup>3</sup>

Asumsi kebutuhan peralatan untuk pekerjaan dengan target volume/hari sebesar 27,5 m<sup>3</sup> sebagai berikut :

Tabel 5.48 Asumsi kebutuhan alat pekerjaan lapis pondasi agregat kelas s bahu jalan

<b>Jenis Peralatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Volume/Hari</b>	<b>Jumlah Alat ( Hari)</b>	<b>Jumlah Alat (Unit)</b>	<b>Pembulatan (unit)</b>
1	2	3	$4 = 2 \times 3$	$5 = 4/7$	
<i>Wheel Loader</i>	0.032	27,5	0,88	0,12	1,00
<i>Dump Truck</i>	0.52	27,5	14,3	2,04	2,00
<i>Vibra Roller</i>	0.015	27,5	0,41	0,06	1,00
<i>Motor Grader</i>	0.013	27,5	0,35	0,05	1,00
<i>Water Tank</i>	0.045	27,5	1,24	0,17	1,00

Berdasarkan tabel 5.41 sampai dengan tabel 5.47 asumsi perhitungan alat berat bisa diketahui kebutuhan alat berat tiap *item-item* pekerjaan yang akan dikerjakan.