

# Percepatan Jadwal Menggunakan Sistem Lembur dengan *Precedence Diagramming Method*

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bendungan Pidekso yang Terletak di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah)

*Schedule Velocity Using Overtime System with Precedence Diagramming Method*  
(Case Study : Pidekso Dam Project in Wonogiri, Central Java, Indonesia)

**Febri Ana Dwi Rahayu, Muhammad Heri Zulfiar**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Pada suatu proyek konstruksi, waktu, biaya, dan mutu menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar keterlambatan pada proyek mempunyai presentase yang kecil. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh hasil dari analisa percepatan durasi yang berpengaruh pada percepatan biaya proyek dengan sistem lembur durasi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Penambahan tenaga kerja juga dilakukan untuk menjadi perbandingan dan diperoleh hasil yang efektif dan optimal. Penelitian ini menggunakan metode *Duration Cost Trade Off* dengan *Microsoft Excel* untuk pengolahan datanya. Teknik penjadwalan menggunakan metode PDM pada kondisi normal diperoleh durasi 5280 hari dengan biaya total proyek Rp 64.858.974.293,53. Pada penambahan jam lembur 1 jam diperoleh durasi waktu 4746,1 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 65,380,605,758.77. Penambahan jam lembur 2 jam dengan durasi waktu 4355,6 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 66,264,119,493.23. Penambahan jam lembur 3 jam dengan durasi waktu 4100,8 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 67,107,394,957.29. Penambahan tenaga kerja 1 jam dengan durasi waktu 4746,1 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,159,427.53. Penambahan jam lembur 2 jam dengan durasi waktu 4355,6 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,294,490.03. Penambahan jam lembur 3 jam dengan durasi waktu 4100,8 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,412,983.78. Setelah dilakukan analisa data, diperoleh nilai yang efektif dan optimal yaitu penambahan jam lembur 3 jam dengan durasi 4100,8 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,412,983.78.

Kata kunci : Waktu, Biaya, Sistem lembur, *Microsoft Excel*, Metode PDM.

**Abstract.** In a construction project, time, cost, and quality are important things that must be considered so that delays in the project have a small percentage. The purpose of this study is to obtain the results of the analysis of the acceleration of the duration that affects the acceleration of project costs with an overtime system of 1 hour, 2 hours and 3 hours. The addition of labor is also done to be a comparison and obtain effective and optimal results. This study uses the *Duration Cost Trade Off* method with *Microsoft Excel* for data processing. The scheduling technique uses the PDM method under normal conditions obtained 5280 days duration with a total project cost of Rp 64,858,974,293.53. On the addition of 1 hour overtime hours, the duration time of 4746.1 days requires Rp 65,380,605,758.77. Adding 2 hours overtime with a duration of 4355.6 days requires a fee of Rp 66,264,119,493.23. The addition of 3-hour overtime hours with a duration of 4100.8 days requires a fee of Rp 67,107,394,957.29. The addition of 1 hour labor with a duration of 4746.1 days requires a fee of Rp 64,859,159,427.53. The addition of 2 hours overtime with a duration of 4355.6 days requires a fee of Rp 64,859,294,490.03. The addition of 3-hour overtime hours with a duration of 4100.8 days requires a fee of Rp 64,859,412,983.78. After analyzing the data, an effective and optimal value is obtained, namely the addition of 3 hours overtime with a duration of 4100.8 days requiring a fee of Rp 64,859,412,983.78.

**Keywords:** Time, Cost, Overtime System, *Microsoft Excel*, *Precedence Diagramming Method*

## 1. Pendahuluan

Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan dan kejadian yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu dan membuahkan hasil dalam suatu jangka tertentu dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia (Witjaksana, 2019).

Proyek konstruksi adalah pekerjaan mendirikan suatu bangunan dalam waktu tertentu dengan menggunakan sumber daya proyek yang terbatas. Untuk mendapatkan hasil yang baik maka harus terjalin kerjasama yang baik antar pihak-pihak yang terlibat dalam proyek tersebut, dalam hal ini adalah owner, kontraktor dan konsultan. Sebelum suatu proyek konstruksi dilaksanakan, kontraktor harus membuat perencanaan agar proses konstruksi berjalan sesuai dengan yang diharapkan (Kushono, 2006).

Dalam suatu proyek konstruksi memungkinkan terdapat sebuah kendala selama pengerjaan. Sehingga terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu waktu, biaya, dan mutu. Dengan memperhatikan tiga hal tersebut, diharapkan dapat mengurangi keterlambatan yang mungkin terjadi (Ismael, 2013).

Jika dilihat dari segi waktu, apabila terjadi keterlambatan pada suatu proyek konstruksi maka cara untuk mengatasi dan mengembalikan tingkat kemajuan yaitu dengan melakukan penjadwalan suatu proyek. Penjadwalan dalam proyek merupakan hal yang krusial mengingat dalam penjadwalan tersebut terdapat informasi mengenai jadwal rencana dan kemajuan proyek yang meliputi sumber daya (biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material), durasi dan kemajuan waktu untuk menyelesaikan proyek. Adanya penjadwalan yang tepat diharapkan dapat memaksimalkan seluruh sumber daya dan waktu yang ada dengan hasil yang baik dan secepat mungkin. Oleh sebab itu perlunya analisis optimalisasi durasi proyek dengan berbagai metode penjadwalan yang ada.

Pada Proyek Pembangunan Bendungan Pidekso yang terletak di Desa Pidekso, Wonogiri, Jawa Tengah ini terdapat masalah yang timbul yaitu pada *time schedule*. Masalah keterlambatan proyek ini dipengaruhi oleh ketersediaan material dan kinerja sumber daya. Oleh karena itu perlu dibuat percepatan jadwal

yang lebih realistis dengan mengakomodasi kondisi yang ada dengan menggunakan sistem lembur atau penambahan jam kerja.

## 2. Dasar Teori

### *Manajemen Konstruksi*

Menurut Rani (2016), manajemen konstruksi yaitu usaha yang dilakukan melalui proses manajemen yaitu perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap kegiatan-kegiatan proyek dari awal sampai akhir dengan mengalokasikan sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu hasil yang memuaskan sesuai sasaran yang diinginkan.

Sasaran manajemen konstruksi adalah untuk menata pekerjaan konstruksi supaya pekerjaan dapat berlangsung efektif dan efisien. Apabila diurutkan mengenai penataan suatu proyek maka diperlukan :

- a. Studi kelayakan
- b. Rekayasa desain
- c. Pengadaan
- d. Pelaksanaan konstruksi
- e. Pemanfaatan
- f. Pemeliharaan

### *Network Planning*

Network planning merupakan suatu kondisi dan situasi yang dihadapi seorang manajer dengan menempatkan analisis pada segi waktu dan biaya dalam setiap keputusan yang dibuat, khususnya yang berkaitan dengan jaringan (Fahmi, 2014). Metode menyusun jadwal yaitu analisis jaringan kerja/ *network planning* menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan pada proyek. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitan dengan waktu.

### *Jaringan Rencana Kerja*

Jaringan rencana kerja dapat disusun berulang-ulang sebelum akhirnya diperoleh perencanaan atau jadwal yang realistis. Jaringan rencana kerja ini dapat mengetahui waktu perkiraan penyelesaian proyek dan dapat mengetahui sifat kegiatan yang kritis atau tidak. Berdasarkan jenisnya, *network diagram* ada tiga macam yaitu :

1. CPM (*Critical Path Method*)  
 CPM merupakan suatu metode yang berfungsi mengoptimalkan biaya proyek yang dapat ditentukan kapan pertukaran biaya dan waktu harus dilakukan untuk memenuhi jadwal penyelesaian proyek dengan biaya yang seminimal mungkin.

2. PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*)

PERT merupakan suatu metode yang membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek yang kompleks dengan menentukan jadwal kegiatan serta anggaran biaya sehingga keduanya tepat dan berkesinambungan.

3. PDM (*Precedence Diagram Method*)

PDM atau AON merupakan suatu metode untuk membuat kegiatan rencana penjadwalan dalam proyek. Metode ini dilakukan dengan membuat diagram jaringan jadwal proyek yang menggunakan kotak untuk mewakili kegiatan dan menghubungkan kegiatan untuk menunjukkan ketergantungan.

Aktivitas atau item pekerjaan yang ditunjukkan oleh metode PDM ini menggunakan nodes dengan bentuk kotak yang berisikan durasi, kode item pekerjaan, hubungan logis kegiatan, serta *float* yang terjadi.

### Biaya Total Proyek

Terdapat dua jenis biaya dalam memperhitungkan estimasi biaya suatu proyek konstruksi yaitu sebagai berikut :

1. Biaya langsung atau *direct cost*

Biaya langsung merupakan biaya yang langsung berhubungan dengan seluruh pekerjaan proyek di lapangan. Biaya langsung ini dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut :

- a. Biaya material
- b. Biaya upah tenaga kerja
- c. Biaya peralatan

2. Biaya tidak langsung atau *indirect cost*

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan seluruh pekerjaan proyek di lapangan, namun harus ada dan tidak dapat terlepas. Biaya yang termasuk ke dalam biaya tidak langsung yaitu sebagai berikut :

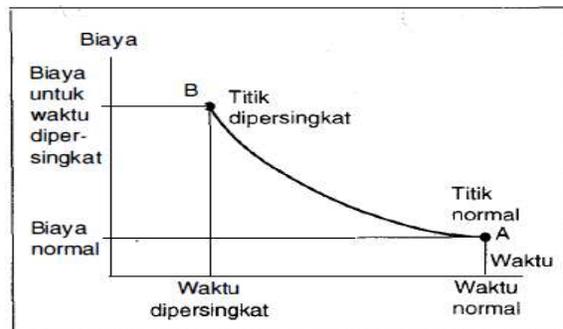
- a. Biaya tak terduga atau *unexpected costs*
- b. Keuntungan atau *profit*
- c. Biaya *overhead*

### Metode Precedence Diagram

Metode *precedence diagram* (PDM) yaitu jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON (*Activity on Node*) dengan noda untuk menuliskan kegiatan dan anak panah untuk menunjukkan kegiatan yang bersangkutan. Dalam PDM, *node* menjadi tanda suatu kegiatan sehingga harus dicantumkan identitas dan durasinya. Ruangan dalam *node* dibagi menjadi bagian-bagian kecil yang berisi keterangan dari kegiatan antara lain kurun waktu (D), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan ES (*Early Start*), LS (*Latest Start*), EF (*Earliest Finish*), dan LF (*Latet Finish*).

### Hubungan Biaya dan Waktu

Menurut Rachman (2013), *crashing project* merupakan suatu metode untuk mempersingkat lamanya waktu proyek dengan mengurangi waktu dari satu atau lebih kegiatan proyek yang penting menjadi kurang dari waktu normal kegiatan. Tujuan dari *crashing project* ini diharapkan muncul penjadwalan proyek yang dapat dipercepat dengan kenaikan biaya yang minimal.



Gambar 1 Hubungan biaya dan waktu normal dan dipersingkat

Dengan dipercepatnya durasi proyek, maka akan muncul pertambahan biaya suatu kegiatan yang disebut *cost slope*. *Cost slope* yaitu perbandingan antara pertambahan biaya dengan percepatan waktu dalam penyelesaian proyek.

### Metode Lembur atau Overtime

*Overtime* merupakan cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat sebuah pekerjaan dengan memberdayakan sumber daya atau tenaga kerja yang ada di lapangan dengan penambahan biaya yang dibebankan pada pihak kontraktor. Waktu kerja lembur adalah waktu kerja yang melebihi 7 jam sehari untuk 6 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau 8 jam sehari untuk 8 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau waktu kerja pada saat istirahat mingguan dan atau pada hari libur resmi yang ditetapkan oleh Pemerintah (Peraturan Menteri No.102/MEN/VI/2004 Pasal 1 ayat 1). Waktu lembur dapat dilakukan maksimal 3 jam/hari dan 14 jam dalam 1 minggu diluar istirahat mingguan atau hari libur resmi.

Jam kerja normal pada proyek Bendungan Pidekso ini berdurasi 8 jam yaitu mulai pukul 08.00 sampai 17.00 WIB. Waktu istirahat yang diberlakukan selama 1 jam yaitu mulai pukul 12.00 sampai 13.00 WIB. Sedangkan jam kerja lembur akan dilaksanakan jika jam kerja normal telah selesai dilakukan. Perhitungan untuk jam lembur dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Produktivitas harian (PH)  
$$PH = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$
2. Produktivitas perjam  
$$PJ = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$
3. Produktivitas harian setelah *crashing*  
= (Jam kerja perhari x Produktivitas tiap jam) + (a x b x Produktivitas perjam)  
Dengan = a = Penambahan jam kerja  
b = Koefisien produktivitas

### Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja adalah menambah jumlah tenaga kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan untuk menghindari keterlambatan suatu proyek. Untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan maka perlu adanya kapasitas kerja per hari yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas kerja} = \frac{1}{\text{Koefisien tenaga kerja}}$$
$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja} \times \text{Durasi pekerjaan}}$$

### Denda

Proyek konstruksi yang mengalami keterlambatan pelaksanaan yang disebabkan oleh berbagai faktor dapat dikenakan hukuman berupa denda dengan besaran 1/1000 (satu perseribu/satu permil) dari nilai total sebuah proyek. Rumus untuk menghitung denda yang dibebankan jika mengalami keterlambatan yaitu :

$$\text{Total denda} = \text{Total waktu keterlambatan} \times \text{denda perhari}$$

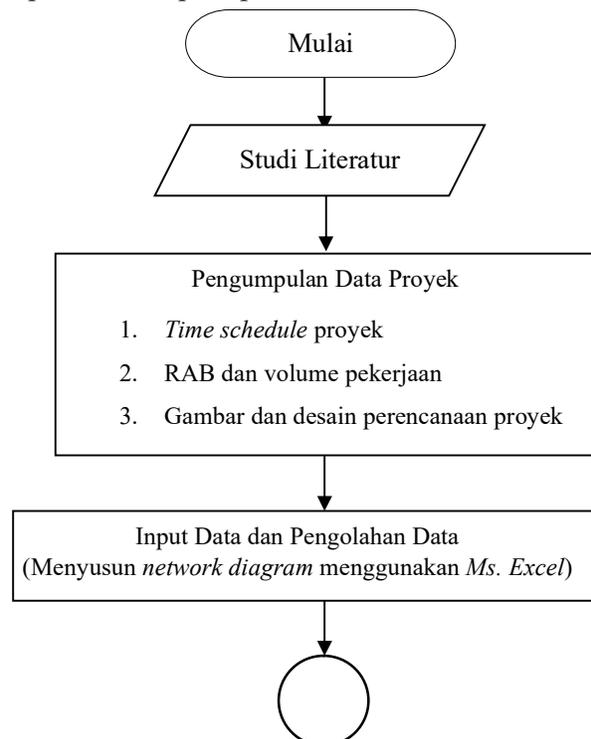
## 3. Metode Penelitian

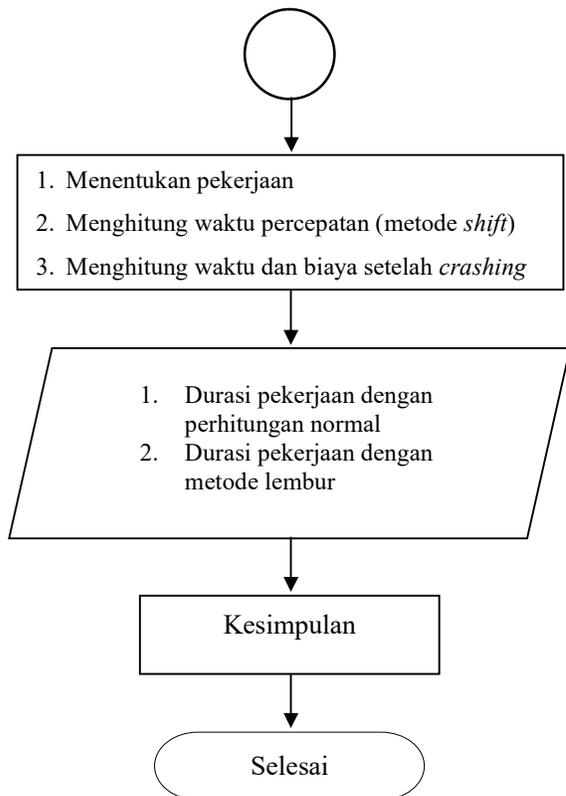
### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Bangunan *Chuteway* atau pelimpah pada Proyek Pembangunan Bendungan Pidekso Wonogiri, Jawa Tengah.

### Tahapan Penelitian

Tahap penelitian ini harus dilaksanakan secara sistematis dengan menggunakan metode *precedence diagram* (PDM) sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Penelitian ini dilakukan untuk analisis percepatan durasi proyek dengan memperlakukan penambahan jam kerja dengan sistem lembur. Bagan alir untuk tahapan penelitian seperti pada Gambar 2 berikut.





Gambar 2 Bagan alir (*flow chart*) tahapan penelitian

a. Tahap Persiapan

Penulis melakukan studi literatur terlebih dahulu untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian rumusan masalah dapat ditentukan dari penelitian tersebut.

b. Tahap Pengumpulan Data

- 1) Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data oleh perorangan atau suatu organisasi yang langsung dari objek yang dilakukan penelitian dapat berupa interview maupun observasi. Data primer pada penelitian ini yaitu urutan pekerjaan dalam proyek, upah tenaga kerja, serta hubungan dari setiap pekerjaan.
- 2) Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data yang sebelumnya sudah dilakukan atau diterbitkan oleh penulis lain atau instansi lain. Data sekunder pada penelitian ini yaitu *time schedule* proyek, rencana anggaran biaya, dan gambar desain perencanaan proyek.

**Analisa Data**

Analisis data pada penelitian ini menggunakan *software Microsoft Excel* dengan menginput data yang akan digunakan. Dalam melakukan percepatan jadwal pada proyek ini dilakukan dengan menggunakan metode lembur agar volume pekerjaan yang dihasilkan lebih besar. Metode PDM dengan *software Microsoft Excel* ini diharapkan dapat mengetahui lintasan kritis pada Proyek Pembangunan Bendungan Pidekso yang selanjutnya dapat dilakukan *crashing* pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis tersebut.

**Instrumen Penelitian**

Menurut Notoatmodjo (2010), instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan data selama berada di lokasi penelitian. Berdasarkan pengertian tersebut, maka dalam penelitian ini instrumen dapat berupa sebagai berikut :

1. Wawancara yang dilakukan untuk mendapatkan informasi yang tidak tertulis pada informasi proyek.
2. Observasi yang dilakukan selama penulis berada di lokasi penelitian dan tercantum dalam form.
3. Dokumentasi untuk mendukung data proyek yang diperoleh dan tercantum dalam form.

**4. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

**Data Penelitian**

Data proyek pembangunan Bendungan Pidekso sebagai berikut :

- a. Nama proyek = Pembangunan Bendungan Pidekso
- b. Lokasi pelaksanaan = Desa Pidekso, Wonogiri, Jawa Tengah
- c. Nomor kontrak = HK.02.03-AN/PK.PB II/PIDEKSO/14
- d. Tanggal kontrak = 26 November 2014
- e. Waktu pelaksanaan = 2.549 hari kalender (2 Januari 2015 - 25 Desember 2021)
- f. Waktu pemeliharaan = 365 hari kalender (25 Desember 2021 – 25 Desember 2022)

- g. Nilai kontrak awal =  
Rp 397.242.000.000,-
- h. Nilai kontrak amd. XI =  
Rp 436.925.864.000,-
- i. Sumber dana =  
APBN tahun anggaran 2014 s/d 2021
- j. Pemilik proyek =  
BBWS Bengawan Solo
- k. Nama kontraktor =  
PT. PP Persero Tbk.
- l. Konsultan perencanaan =  
PT. Mettana
- m. Konsultan supervisi =  
PT. Viratama Karya – PT. Tata Guna Patria, KSO

### Lintasan Kritis

Sebelum data dilakukan *crashing*, langkah awal yang perlu dilakukan yaitu membuat *network planning* menggunakan metode PDM (*Precedence Diagramming Method*). *Network planning* yang telah dibuat akan menunjukkan lintasan kritis dari seluruh item pekerjaan. Item yang berada pada lintasan kritis Tabel 1 ini akan dianalisa menggunakan *Microsoft Excel* untuk *crashing*.

Tabel 1 Durasi normal pekerjaan kritis

Pekerjaan	Durasi (Hari)
Mobilisasi dan demobilisasi	365
Penyediaan sarana listrik	365
Pembuatan gudang material	180
Pengadaan alat laboratorium untuk kontrol	120
Pembuatan laporan pelaksanaan pekerjaan	2520
Pengamanan lokasi dan pelaksanaan K3	200
Monitoring lingkungan	30
Penyelidikan geoteknik dan mekanika tanah	120
Uji large scale	570
Uji modeling tes bangunan pelimpah	30
Land clearing and grubbing	240
Galian batu mekanis diangkat maks. 2km	570
Timbunan material lurus air (free drain)	60
Beton mutu K-125	690
Anker batuan (rock anchor) diameter 25 mm	690
Beton mutu K-175	690
Beton mutu K-225	690
Baja tulangan ulir	690
Baja tulangan polos	690
Bekisting tipe expose permukaan lurus	690
Bekisting tipe non expose	690
Water stop dengan lebar 250 mm	690
Pasangan batu 1Pc : 4Psr	690
Plesteran 1Pc : 3Psr	690
Siaran 1Pc : 3Psr	690
Pipa PVC diameter 150 mm termasuk geotekstil dan gravel	690
Pasangan batu kosong	690
Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman ( <i>handrail</i> )	690

### Analisa Biaya Lembur

Analisa biaya lembur dilakukan untuk mengetahui besaran upah tenaga kerja yang melaksanakan sistem lembur. Sehingga total biaya untuk setiap item pekerjaan yang lembur dapat diketahui. Berikut adalah contoh perhitungan upah lembur.

- a. *Resource name* = Pekerja
- b. Biaya normal per hari = Rp 90,000.00
- c. Jam kerja normal per hari = 8 jam / hari
- d. 1 jam =  $1,5 \times$  biaya normal perjam  
=  $1,5 \times$  Rp 11,250.00  
= Rp 16,875.00
- e. 2 jam =  $(1,5 \times \text{Rp } 11,250) + (2 \times (1 \times \text{Rp } 11,250)) \times 2 \text{ jam}$   
= Rp 78,750.00
- f. 3 jam =  $(1,5 \times \text{Rp } 11,250) + (2 \times (2 \times \text{Rp } 11,250)) \times 3 \text{ jam}$   
= Rp 185,625.00

Tabel 2 Biaya pekerja

Jenis Pekerja	Biaya Normal Perjam (Rp)	Biaya Lembur (Rp)		
		1 Jam	2 Jam	3 Jam
Pekerja	Rp 11,250.00	Rp 16,875.00	Rp 39,375.00	Rp 61,875.00
Mandor	Rp 15,625.00	Rp 23,437.50	Rp 54,687.50	Rp 85,937.50
Tukang Batu	Rp 12,500.00	Rp 18,750.00	Rp 43,750.00	Rp 68,750.00
Tukang Besi	Rp 12,500.00	Rp 18,750.00	Rp 43,750.00	Rp 68,750.00
Tukang Kayu	Rp 12,500.00	Rp 18,750.00	Rp 43,750.00	Rp 68,750.00
Kepala Tukang Batu	Rp 14,375.00	Rp 21,562.50	Rp 50,312.50	Rp 79,062.50
Kepala Tukang Besi	Rp 14,375.00	Rp 21,562.50	Rp 50,312.50	Rp 79,062.50
Kepala Tukang Kayu	Rp 14,375.00	Rp 21,562.50	Rp 50,312.50	Rp 79,062.50
Operator	Rp 12,500.00	Rp 18,750.00	Rp 43,750.00	Rp 68,750.00

### Analisa Durasi Percepatan

Faktor yang mempengaruhi dalam analisa durasi percepatan yaitu produktivitas kerja lembur. Kerja lembur 1 jam perhari memiliki produktivitas sebesar 0,9 atau 90%. 2 jam perhari sebesar 0,8 atau 80% dan 3 jam perhari sebesar 0,7 atau 70%. Semakin bertambahnya durasi lembur, maka akan terjadi penurunan produktivitas.

#### 1) Data

- 1. Volume = 590 m<sup>3</sup>
- 2. Durasi = 690 hari
- 3. Jam kerja = 8 jam

#### 2) Perhitungan

a) Produktivitas perhari =  $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi}}$   
 $= \frac{590 \text{ m}^3}{690 \text{ hari}}$   
 $= 0,8551 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Produktivitas perjam} &= \frac{\text{Produktivitas perhari}}{\text{Jam kerja perhari}} \\
 &= \frac{0,8551 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\
 &= 0,1069 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Durasi percepatan} &= \frac{\text{Volume}}{(\sum \text{PP} \times \text{PN} \times \text{jam lembur}) + (\text{PN} \times \text{jam kerja normal})} \\
 &= \frac{590}{(0,9 \times 0,1069 \times 1) + (0,1069 \times 8)} \\
 &= 620,22 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) Selisih percepatan} &= 690 \text{ hari} - 620,22 \text{ hari} \\
 &= 69,78 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Hasil percepatan durasi proyek

Kode	Durasi Normal (Hari)	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
Mobilisasi	365	328.09	301.03	280.77
A4	365	328.09	301.03	280.77
A8	180	161.80	148.45	138.46
A9	120	107.87	98.97	92.31
A12	2520	2265.17	2078.35	1938.46
A14	200	179.78	164.95	153.85
A16	30	26.97	24.74	23.08
A17	120	107.87	98.97	92.31
A21	570	512.36	470.10	438.46
A23	30	26.97	24.74	23.08
B1	240	215.73	197.94	184.62
B4	570	512.36	470.10	438.46
B7	60	53.93	49.48	46.15
C4	690	620.22	569.07	530.77
C1	690	620.22	569.07	530.77
C5	690	620.22	569.07	530.77
C6	690	620.22	569.07	530.77
C7	690	620.22	569.07	530.77
C8	690	620.22	569.07	530.77
C9	690	620.22	569.07	530.77
C10	690	620.22	569.07	530.77
C11	690	620.22	569.07	530.77
C12	690	620.22	569.07	530.77
C13	690	620.22	569.07	530.77
C14	690	620.22	569.07	530.77
C16	690	620.22	569.07	530.77
C17	690	620.22	569.07	530.77
C18	690	620.22	569.07	530.77

### Analisa Biaya Percepatan

Berikut adalah contoh perhitungan analisa biaya percepatan dengan penambahan jam lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

#### 1) Data

- a) Volume = 590 m<sup>3</sup>
- b) Durasi normal = 690 hari
- c) Material = Rp 550,000.00

#### 2) Perhitungan

- a) Total *resource* material  
= Volume x Koefisien x Harga satuan  
= 590 m<sup>3</sup> x 1,00 x Rp 550,000.00  
= Rp 324,500,000.00

b) Tenaga kerja yang akan ditampilkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Kebutuhan tenaga kerja

Komponen	Satuan	Koefisien	Harga (Rp)
Pekerja	O/H	0,09	Rp 11,250.00
Mandor	O/H	0,01	Rp 15,625.00

#### c) Harga tenaga kerja

= Jam kerja x Koefisien x Harga Pekerja

$$= 8 \times 0,09 \times \text{Rp } 11,250.00$$

$$= \text{Rp } 8,100.00$$

Mandor

$$= 8 \times 0,01 \times \text{Rp } 15,625.00$$

$$= \text{Rp } 1,250.00$$

Total tenaga kerja

$$= \text{Rp } 8,100.00 + \text{Rp } 1,250.00$$

$$= \text{Rp } 9,350.00$$

#### d) Total biaya

$$= \text{Rp } 324,500,000.00 +$$

$$\text{Rp } 9,350.00$$

$$= \text{Rp } 325,206,894.00$$

Tabel 5 Biaya lembur 1 jam

Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Normal	Lembur 1 Jam
Mobilisasi dan demobilisasi	365	Rp 1,607,000,000.00	Rp 1,625,056,179.78
Penyediaan sarana listrik	365	Rp 132,000,000.00	Rp 133,483,146.07
Pembuatan gudang material	180	Rp 240,000,000.00	Rp 242,696,629.21
Pengadaan alat laboratorium untuk kontrol	120	Rp 380,000,000.00	Rp 384,269,662.92
Pembuatan laporan pelaksanaan pekerjaan	2520	Rp 200,000,000.00	Rp 202,247,191.01
Pengamanan lokasi dan pelaksanaan K3	200	Rp 360,000,000.00	Rp 364,044,943.82
Monitoring lingkungan	30	Rp 375,000,000.00	Rp 379,213,483.15
Penyelidikan geoteknik dan mekanika tanah	120	Rp 812,100.00	Rp 821,224.72
Uji large scale	570	Rp 20,592,000.00	Rp 20,823,370.79
Uji modeling tes bangunan pelimpah	30	Rp 313,500,000.00	Rp 317,022,471.91
Land clearing and grubbing	240	Rp 655,971,474.72	Rp 657,603,364.97
Calian batu mekanis diangkut maks. 2km	570	Rp 16,766,154,405.43	Rp 16,839,296,681.48
Timbunan material lulus air (free drain)	60	Rp 34,830,692.50	Rp 35,280,989.97
Beton mutu K-125	690	Rp 1,446,762,999.58	Rp 1,447,585,309.96
Anker batuan (rock anchor) diameter 25 mm	690	Rp 62,376,150.00	Rp 63,182,560.11
Beton mutu K-175	690	Rp 2,757,302,929.50	Rp 2,758,870,123.87
Beton mutu K-225	690	Rp 10,739,780,728.90	Rp 10,745,884,999.75
Baja tulangan ulir	690	Rp 27,139,105,851.55	Rp 27,526,394,001.98
Baja tulangan polos	690	Rp 85,625,000.00	Rp 86,846,910.11
Bekisting tipe expose permukaan lurus	690	Rp 265,101,832.60	Rp 266,945,795.92
Bekisting tipe non expose	690	Rp 481,906,100.00	Rp 485,258,084.27
Water stop dengan lebar 250 mm	690	Rp 126,257,040.00	Rp 126,397,011.24
Pasangan batu 1Pc : 4Psr	690	Rp 205,738,697.50	Rp 207,309,361.83
Plesteran 1Pc : 3Psr	690	Rp 1,178,297.25	Rp 1,209,502.73
Siaran 1Pc : 3Psr	690	Rp 16,157,900.25	Rp 16,633,308.82
Pipa PVC diameter 150 mm termasuk geotekstil dan gravel	690	Rp 114,496,950.00	Rp 114,591,935.39
Pasangan batu kosong	690	Rp 6,116,250.00	Rp 6,382,963.48
Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman (handrail)	690	Rp 325,206,893.75	Rp 325,254,549.51

**Analisa cost variance, cost slope, dan duration variance**

Analisa *cost variance*, *cost slope*, dan *duration variance* dilakukan untuk mengetahui besaran biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total pada proyek pembangunan Bendungan Pidekso ini. Perhitungan *cost variance* atau selisih biaya normal dan percepatan akan dilakukan seperti berikut ini.

- a. Nama kegiatan = Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman
- b. Biaya normal = Rp 325,206,893.75
- c. Biaya percepatan
  - 1) 1 jam = Rp 325,254,549.51
  - 2) 2 jam = Rp 325,338,069.91
  - 3) 3 jam = Rp 325,417,602.46
- d. Selisih biaya = Biaya percepatan – Biaya normal ..... (4.9)
  - 1) 1 jam = Rp 325,254,549.51 - Rp 325,206,893.75 = Rp 47,655.76
  - 2) 2 jam = Rp 325,338,069.91 - Rp 325,206,893.75 = Rp 131,176.16
  - 3) 3 jam = Rp 325,417,602.46 - Rp 325,206,893.75 = Rp 210,708.71

**Tabel 6 Cost variance pekerjaan**

Item Pekerjaan	Cost Variance
Mobilisasi dan demobilisasi	Rp 18,056,179.78
Penyediaan sarana listrik	Rp 1,483,146.07
Pembuatan gudang material	Rp 2,696,629.21
Pengadaan alat laboratorium untuk kontrol	Rp 4,269,662.92
Pembuatan laporan pelaksanaan pekerjaan	Rp 2,247,191.01
Pengamanan lokasi dan pelaksanaan K3	Rp 4,044,943.82
Monitoring lingkungan	Rp 4,213,483.15
Penyelidikan geoteknik dan mekanika tanah	Rp 9,124.72
Uji large scale	Rp 231,370.79
Uji modeling tes bangunan pelimpah	Rp 3,522,471.91
Land clearing and grubbing	Rp 1,631,890.25
Galian batu mekanis diangkut maks. 2km	Rp 73,142,276.05
Timbunan material lulus air (free drain)	Rp 450,297.47
Beton mutu K-125	Rp 822,310.38
Anker batuan (rock anchor) diameter 25 mm	Rp 806,410.11
Beton mutu K-175	Rp 1,567,194.37
Beton mutu K-225	Rp 6,104,270.85
Baja tulangan ulir	Rp 387,288,150.43
Baja tulangan polos	Rp 1,221,910.11
Bekisting tipe expose permukaan lurus	Rp 1,843,963.32
Bekisting tipe non expose	Rp 3,351,984.27
Water stop dengan lebar 250 mm	Rp 139,971.24
Pasangan batu 1Pc : 4Psr	Rp 1,570,664.33
Plesteran 1Pc : 3Psr	Rp 31,205.48
Siaran 1Pc : 3Psr	Rp 475,408.57
Pipa PVC diameter 150 mm termasuk geotekstil dan gravel	Rp 94,985.39
Pasangan batu kosong	Rp 266,713.48
Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman (handrail)	Rp 47,655.76

*Duration variance* adalah selisih antara durasi normal suatu item pekerjaan dengan durasi yang sudah dilakukan percepatan dengan sistem lembur.

**Tabel 7 Duration variance pekerjaan**

Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Percepatan Lembur 1 Jam (Hari)	Duration Variance (Hari)
Mobilisasi dan demobilisasi	365	328.09	36.91
Penyediaan sarana listrik	365	328.09	36.91
Pembuatan gudang material	180	161.80	18.20
Pengadaan alat laboratorium untuk kontrol	120	107.87	12.13
Pembuatan laporan pelaksanaan pekerjaan	2520	2265.17	254.83
Pengamanan lokasi dan pelaksanaan K3	200	179.78	20.22
Monitoring lingkungan	30	26.97	3.03
Penyelidikan geoteknik dan mekanika tanah	120	107.87	12.13
Uji large scale	570	512.36	57.64
Uji modeling tes bangunan pelimpah	30	26.97	3.03
Land clearing and grubbing	240	215.73	24.27
Galian batu mekanis diangkut maks. 2km	570	512.36	57.64
Timbunan material lulus air (free drain)	60	53.93	6.07
Beton mutu K-125	690	620.22	69.78
Anker batuan (rock anchor) diameter 25 mm	690	620.22	69.78
Beton mutu K-175	690	620.22	69.78
Beton mutu K-225	690	620.22	69.78
Baja tulangan ulir	690	620.22	69.78
Baja tulangan polos	690	620.22	69.78

*Cost slope* adalah selisih antara biaya normal suatu item pekerjaan dengan biaya yang sudah dilakukan percepatan dengan sistem lembur dan terpengaruh oleh durasi.

**Tabel 8 Cost slope dari nilai terkecil ke terbesar dengan lembur 1 jam**

Kode	Cost Slope
C13	Rp 447.23
C18	Rp 682.99
A17	Rp 751.94
C16	Rp 1,361.30
C11	Rp 2,006.03
C17	Rp 3,822.46
A21	Rp 4,014.04
C14	Rp 6,813.42
A12	Rp 8,818.34
C1	Rp 11,557.25
C4	Rp 11,785.12
C8	Rp 17,512.08
C5	Rp 22,460.60
C12	Rp 22,510.33
C9	Rp 26,427.17
A4	Rp 40,182.65
C10	Rp 48,039.71
B1	Rp 67,239.92
B7	Rp 74,215.69
C6	Rp 87,484.72
A8	Rp 148,148.15
A14	Rp 200,000.00
A9	Rp 351,851.85
Mobilisasi	Rp 489,193.30
A23	Rp 1,161,111.11
B4	Rp 1,268,940.07
A16	Rp 1,388,888.89
C7	Rp 5,550,506.50

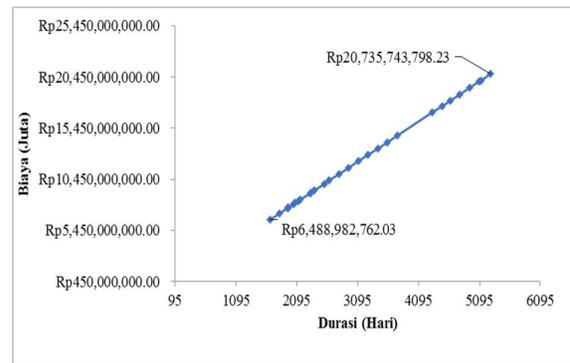
## Analisa Biaya Total Akibat Penambahan Jam Kerja

a. Biaya tidak langsung

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Persentase} &= -0,95 - 4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2)) + \varepsilon \\
 &= -0,95 - 4,888(\ln(\text{Rp } 64,858,974,293.53 - 0,21) - \ln(5280)) \\
 &= 31,97\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Biaya} &= y \times x_1 \\
 &= 30,23\% \times \text{Rp } 64,858,974,293.53 \\
 &= \text{Rp } 19,608,404,059.29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Kegiatan} &= \text{Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman (C18)} \\
 1 \text{ jam} &= \frac{\text{Rp } 20,461,720,626.23 \times 5140.45}{5210.22} \\
 &= \text{Rp } 20,187,697,454.23 \\
 2 \text{ jam} &= \frac{\text{Rp } 20,178,239,908.62 \times 5017.11}{5138.04} \\
 &= \text{Rp } 19,703,329,187.85 \\
 3 \text{ jam} &= \frac{\text{Rp } 20,001,654,966.21 \times 4933.85}{5093.08} \\
 &= \text{Rp } 19,376,320,035.24
 \end{aligned}$$

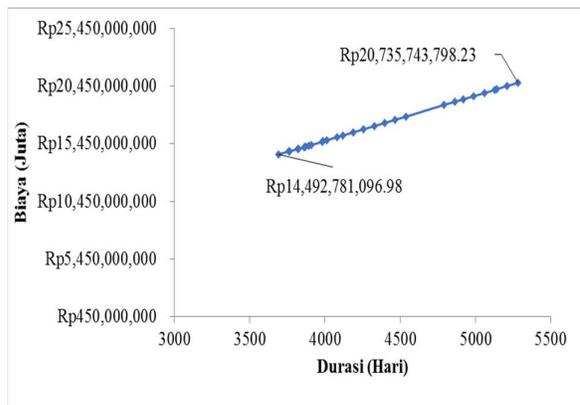


Gambar 5 Hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi lembur 3 jam

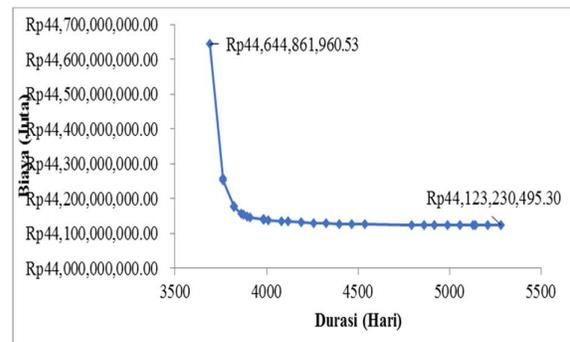
b. Biaya langsung

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya total proyek} - \text{Biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp } 64,858,974,293.53 - \text{Rp } 20,735,743,798.23 \\
 &= \text{Rp } 44,123,230,495.30
 \end{aligned}$$

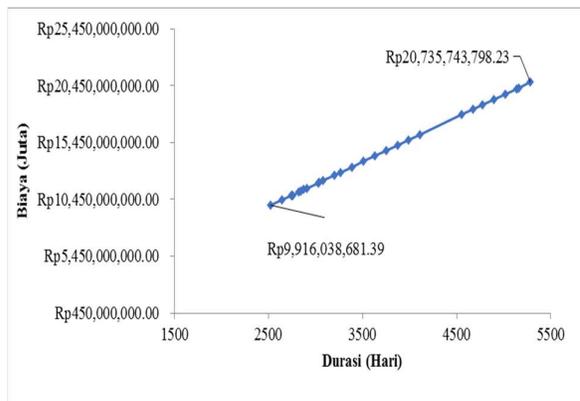
$$\begin{aligned}
 1) \text{ Kegiatan} &= \text{Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman (C18)} \\
 1 \text{ jam} &= \text{Rp } 44,123,261,700.78 + \text{Rp } 47,655.76 \\
 &= \text{Rp } 44,123,309,356.54 \\
 2 \text{ jam} &= \text{Rp } 44,123,334,640.23 + \text{Rp } 131,176.16 \\
 &= \text{Rp } 44,123,465,816.39 \\
 3 \text{ jam} &= \text{Rp } 44,123,395,843.68 + \text{Rp } 210,708.71 \\
 &= \text{Rp } 44,123,606,552.39
 \end{aligned}$$



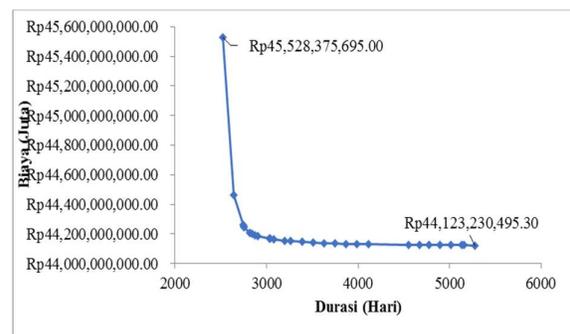
Gambar 3 Hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi lembur 1 jam



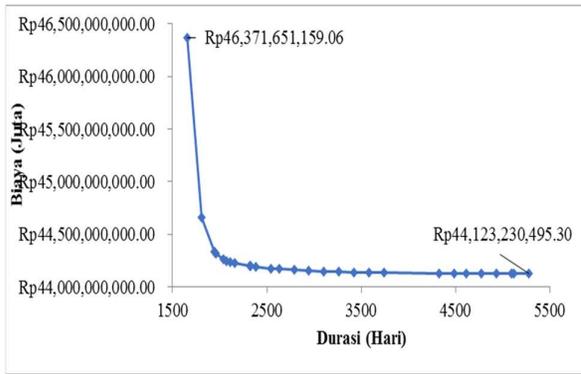
Gambar 6 Hubungan antara biaya langsung dengan durasi lembur 1 jam



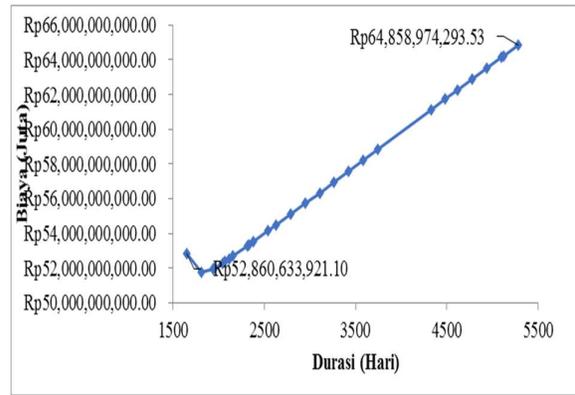
Gambar 4 Hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi lembur 2 jam



Gambar 7 Hubungan antara biaya langsung dengan durasi lembur 2 jam



Gambar 8 Hubungan antara biaya langsung dengan durasi lembur 3 jam



Gambar 11 Hubungan antara biaya total dengan durasi lembur 3 jam

- c. Total biaya  
 = Biaya tidak langsung + Biaya langsung
- 1 jam = Rp 20,187,697,454.23 +  
 Rp 44,123,309,356.54  
 = Rp 64,311,006,810.77
- 2 jam = Rp 19,703,329,187.85 +  
 Rp 44,123,465,816.39  
 = Rp 63,826,795,004.24
- 3 jam = Rp 19,376,320,035.24 +  
 Rp 44,123,606,552.39  
 = Rp 63,499,926,587.63

**Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek**

- 1) Efisiensi waktu  

$$Et = \frac{\text{Waktu kumulatif} - \text{Waktu kumulatif C18}}{\text{Waktu kumulatif}} \times 100$$

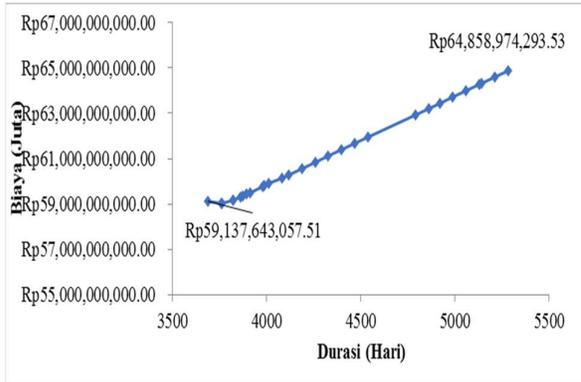
$$= \frac{5280 - 5140,45}{5280} \times 100$$

$$= 2.64 \%$$
- 2) Efisiensi biaya  

$$Ec = \frac{\text{Biaya total} - \text{Biaya total C18}}{\text{Biaya total}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Rp } 64,858,974,293.53 - \text{Rp } 64,311,006,810.77}{\text{Rp } 64,858,974,293.53} \times 100$$

$$= 0,84 \%$$



Gambar 9 Hubungan antara biaya total dengan durasi lembur 1 jam

**Analisa Biaya Penambahan Tenaga Kerja**

- 1) Pekerja
- a) Jumlah tenaga kerja  

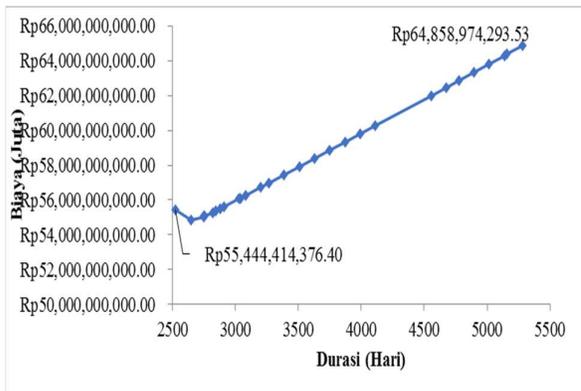
$$= \frac{\text{Koeffisien} \times \text{Volume}}{\text{Durasi percepatan} \times \text{Durasi normal}}$$

$$= \frac{0,09 \times 590}{620,22 \times 690}$$

$$= 0,00013$$
- b) Upah tenaga kerja  
 = Jumlah tenaga kerja × Harga  
 = 0,00013 × Rp 11,250.00  
 = Rp 1.463
- 2) Mandor
- a) Jumlah tenaga kerja  

$$= \frac{0,01 \times 590}{620,22 \times 690}$$

$$= 0,00001$$
- b) Upah tenaga kerja  
 = 0,00001 × Rp 15,625  
 = Rp 0.156



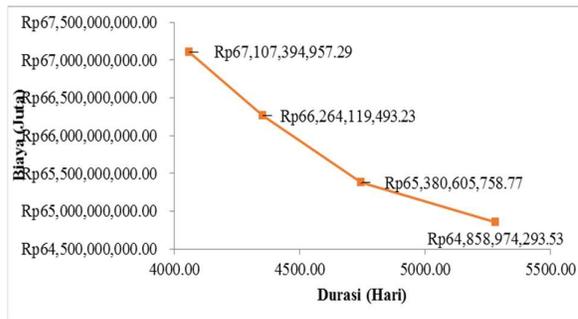
Gambar 10 Hubungan antara biaya total dengan durasi lembur 2 jam

### Analisa Biaya Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja

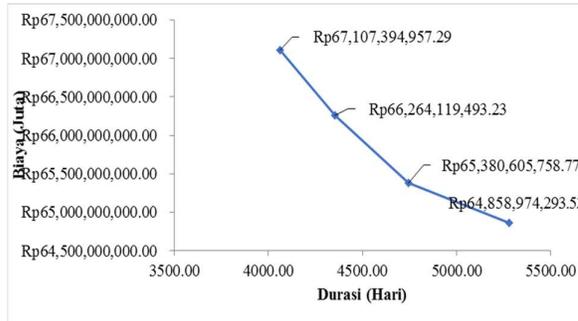
Berdasarkan analisa penambahan tenaga kerja dengan penambahan jam lembur, diperoleh tampilan grafik seperti berikut ini.

Tabel 9 Perbandingan penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja

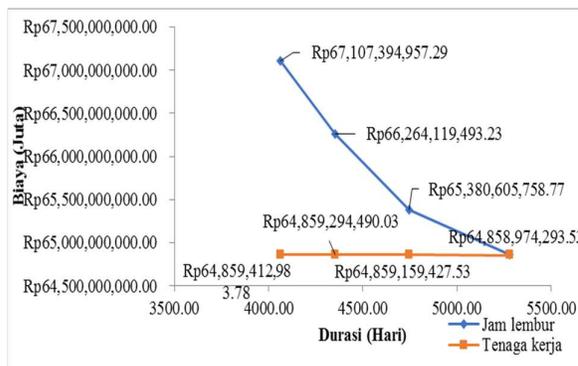
No	Penambahan	Durasi	Biaya penambahan jam lembur (Rp)	Biaya penambahan tenaga kerja (Rp)
1	Normal	5280.00	Rp 64,858,974,293.53	Rp 64,858,974,293.53
2	1 jam	4746.07	Rp 65,380,605,758.77	Rp 64,859,159,427.53
3	2 jam	4354.64	Rp 66,264,119,493.23	Rp 64,859,294,490.03
4	3 jam	4061.54	Rp 67,107,394,957.29	Rp 64,859,412,983.78



Gambar 12 Hubungan biaya dan durasi terhadap penambahan jam lembur



Gambar 13 Hubungan biaya dan durasi terhadap penambahan tenaga kerja



Gambar 14 Hubungan biaya dan durasi terhadap penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja

### Analisa Biaya dengan Keterlambatan

Perhitungan biaya denda untuk proyek yang mengalami keterlambatan dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut ini.

- Pekerjaan = Pipa GS diameter 75 mm untuk pagar pengaman
- Keterlambatan = 36,91 hari
- Biaya total = Rp 64,858,974,293.53
- Total denda = Total hari keterlambatan x Denda perhari = 36,91 x (1/1000) x Rp 64,858,974,293.53 = Rp 4,525,553,150.14

### Kesimpulan

Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Bendungan Pidekso, diperoleh kesimpulan untuk menjawab tujuan pada penelitian ini. Adapun kesimpulannya sebagai berikut.

- Penambahan jam lembur 1 jam dengan durasi waktu 4746,1 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 65,380,605,758.77. Penambahan jam lembur 2 jam dengan durasi waktu 4355,6 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 66,264,119,493.23. Penambahan jam lembur 3 jam dengan durasi waktu 4100,8 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 67,107,394,957.29.
- Penambahan tenaga kerja 1 jam dengan durasi waktu 4746,1 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,159,427.53. Penambahan jam lembur 2 jam dengan durasi waktu 4355,6 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,294,490.03. Penambahan jam lembur 3 jam dengan durasi waktu 4100,8 hari membutuhkan biaya sebesar Rp 64,859,412,983.78.
- Penambahan tenaga kerja lebih efisien dibandingkan penambahan jam kerja drasi 1-3 jam dengan percepatan durasi yang sama.
- Biaya denda proyek nilainya lebih besar daripada penambahan tenaga kerja maupun penambahan jam lembur.

### Saran

- Pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* harus dilakukan dengan teliti untuk menghindari kesalahan yang menyebabkan tidak valid data yang dihasilkan dan berpengaruh pada hasil akhir.
- Pengelompokan item pekerjaan yang menggunakan metode PDM harus dilakukan

- dengan teliti untuk menghindari penumpukan dari setiap item pekerjaan.
- c. Penelitian selanjutnya perlu menghitung indeks produktivitas pekerja yang bekerja pada jam normal dengan lembur apakah dapat dianggap sama yang nantinya akan berpengaruh pada biaya total suatu proyek.

### Daftar Pustaka

- Baroq, M. I. (2019). Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Kolom Antara Metode Beton Konvensional Dengan Precast (Analysis Of Cost And Time Comparison Of Column Work Implementation By Conventional Concrete And Precast Methods) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Rumah Susun Gowok Poldadiy Sleman).
- Fahmi, I. 2014. *Pengantar Manajemen Keuangan*. Bandung: Alfabeta.
- Handoko, H. (2010). *Personnel Management and Human Resources (Manajemen Personalia dan Sumberdaya Manusia)*. Yogyakarta : BPF UGM.
- Handoko, H. 2010. *Manajemen Personalia & Sumber daya Manusia*. Yogyakarta: BPF UGM.
- Ismael, I. (2013). Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya. Institut Teknologi Padang : Vol 14 (1).
- Kuswadi, S. (1997). Pengaturan tidur pekerja shift. *Ikatan Dokter Kesehatan Kerja Indonesia*. Jakarta : 116, 42-48.
- Maulana, A., & Kurniawan, F. (2019). Time Optimization Using CPM, PERT and PDM Methods In The Social and Department of Kelautan Building Development Project Gresik District. 2(2), 58-67.
- Notoatmodjo, S. (2010). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Priyo, M., & Sumanto, A. (2016). Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. 19(1), 1-15.
- Rahman, T. (2013). *Manajemen Proyek (Crashing Project)*. Jakarta Barat: Fakultas Teknik Universitas Esa Unggul.
- Rani, H.A. (2016). *Manajemen proyek konstruksi / Dr. Hafnidar A.Rani, S.T.,M.M.*. Yogyakarta ;: Copyrigt ©2016 by Deepublish Publisher All Right Reserved: Deepublish,.
- Rian Aprilyanti, R. A. (2019). Analisa Kinerja Waktu Pada Proyek Pembangunan Pasar Kedungmaling Kabupaten Mojokerto Dengan Menggunakan Metode Critical Path Method (Cpm) dan Precedence Diagram Method (Pdm). Universitas Islam Majapahit Mojokerto.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- Suherman. (2016). Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan Pert Serta Crash Project (Studi kasus: Pembangunan Gedung Main Power House PT. Adhi Karya). 2(1), 31-43.
- Suputra, I.G.N.O. (2011). Penjadwalan Proyek dengan Precedence Diagram Method (PDM) dan Ranked Position Weight Method (RPWM).15(1),18-28.
- Witjaksana, B. (2019). Activity Based Management Change Order Model-Based Economic Value Added Through The Effectiveness And Efficiency To Improve The Financial Performance Of Building Construction Projects In Surabaya City. 7(2).