

STUDI OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF PADA PROYEK PEMBANGUNAN “UNIT SEKOLAH BARU SMK TANJUNG PINANG”

*Cost And Time Optimization Study Using Time Cost Trade Off Method In The
“Unit Sekolah Baru SMK Tanjung Pinang”*

Firyaal Nabila, Mandiyo Priyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yogyakarta

Abstrak. Pada suatu proyek konstruksi ada beberapa faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan proyek tersebut. Faktor tersebut ialah biaya pembangunan, jadwal pekerjaan dan mutu dari bahan bangunan proyek tersebut. Salah satu kendala yang dapat terjadi pada saat pelaksanaan proyek konstruksi ialah waktu penyelesaian proyek konstruksi tidak sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Untuk mengatasi keterlambatan dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi tersebut, dapat dilakukan dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya. Maka dari itu, pada penelitian ini penulis akan membahas mengenai studi optimasi waktu dan biaya pada proyek pembangunan Unit Sekolah Baru SMK Tanjung Pinang dengan menggunakan salah satu metode yaitu *Time Cost Trade Off* dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Project 2013*. Hasil dari penelitian ini yaitu, setelah melakukan penambahan jam kerja / lembur selama 1 jam, durasi proyek berkurang menjadi 105,15 hari sementara biaya total menurun menjadi Rp2.722.750.086,05. Lalu pada kondisi 2 jam lembur durasi proyek kembali menurun menjadi 78,17 hari dan biaya total menurun menjadi Rp2.624.614.758,43. Dan setelah penambahan jam kerja / lembur sebanyak 3 jam durasi proyek berkurang menjadi 58,08 dan biaya total proyek menurun menjadi Rp2.552.212.214,71. Sementara itu untuk penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 105,15 hari sementara biaya total menurun menjadi Rp2.720.684.806,69. Lalu setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 2 jam durasi proyek kembali menurun menjadi 78,17 hari dan biaya total menurun menjadi Rp2.620.070.585,59. Dan setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 3 jam durasi proyek berkurang menjadi 58,08 hari dan biaya total proyek menurun menjadi Rp2.545.208.046,33. Penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 3 jam lebih efisien dari segi waktu dan biaya.

Kata kunci : Biaya, Lembur, *Microsoft Project 2013*, *TCTO*

Abstract, in a construction project there are some important factors that affect the success of the project. These factors are cost construction, jobs schedule and the quality of the project building materials. One of the problems that happened during the construction project implementation is construction project completion time that not according to a predetermined time. To overcome the delay in the implementation of a construction project, can be done by accelerating in its implementation. In this research, the researcher will discuss about study of optimization time and cost in construction project of “Unit Sekolah Baru SMK Tanjung Pinang” using *Time Cost Trade Off* and supported by *Microsoft Project 2013* software. The result of this research is after adding hours of work / overtime for 1 hour, the duration of the project was reduced to 105.15 days while the total cost decreased to Rp 2,722,750,086.05. Then, in condition 2 hours overtime the duration of the project was reduced to 78, 17 days and the total cost decrease Rp 2.624.614.758, 43. After adding hours of work / overtime for 3 hours, the duration of the project was reduced to 58,08 days while the total cost decreased to Rp 2.552.212.214,71. Meanwhile for the addition of labor which is equivalent to overtime 1 hour, duration of the project was reduced to 150,15 days while the total cost decreased to Rp 2.720.684.806,69. Then, after the addition of labor which is equivalent to overtime 2 hours, duration of the project was reduced again to 78,17 days and the total cost decreased to Rp 2.620.070.585,59. And after the addition of labor which is equivalent to overtime 3 hours, duration of the project was reduced again to 58,08 days and the total cost decreased to Rp 2.545.208.046,33. The addition of labor which is equivalent to overtime 3 hours is more efficient in terms of time and cost

Keywords: Cost, overtime, *Microsoft Project 2013*, *TCTO*

1. Pendahuluan

Pada suatu proyek konstruksi ada beberapa faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan proyek tersebut. Faktor tersebut ialah biaya pembangunan, jadwal pekerjaan dan mutu dari bahan bangunan proyek tersebut. Apabila dalam suatu proyek konstruksi dapat menyelesaikan proyek tersebut lebih cepat dari target yang telah ditentukan, dengan biaya yang optimum, dan menggunakan mutu bahan bangunan yang sesuai dengan yang telah direncanakan, maka proyek konstruksi tersebut dapat dinyatakan berhasil.

Dalam mengatasi keterlambatan dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi tersebut, dapat dilakukan dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya. Akan tetapi tidak bisa kita sembarangan mempercepat suatu proyek konstruksi karena akan mempengaruhi biaya, pekerja dan alat kontruksinya.

Maka untuk itu pada penelitian ini penulis akan membahas mengenai studi optimasi waktu dan biaya pada proyek pembangunan Unit Sekolah Baru SMK Tanjung Pinang dengan menggunakan salah satu metode yaitu *Time Cost Trade Off*. Metode ini akan membantu kita untuk mengetahui hubungan antara percepatan durasi proyek konstruksi dengan kenaikan biaya yang diakibatkan dari percepatan durasi proyek tersebut.

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek Kontruksi

Manajemen ialah suatu kegiatan untuk mengatur jalanya sebuah pekerjaan, yang terdiri dari *Planning, Organizing, Actuating, Controlling*. Sementara menurut Bappenas TA-SRPP (2003) yang dimaksud proyek ialah sebuah kegiatan

yang menggunakan faktor-faktor produksi yang memiliki tujuan untuk memperoleh keuntungan/laba dalam suatu waktu tertentu. Suatu kegiatan yang bertujuan merancang dan membangun sarana ataupun prasana.

Jadi manajemen proyek konstruksi ialah suatu kegiatan yang mengatur jalanya sebuah pekerjaan yang mempunyai waktu *start – finish*. Dilaksanakan untuk mengelola sumber daya dan memiliki spesifikasi khusus dalam pelaksanaannya. Dalam rangka mengwujudkan tujuan dari proyek tersebut yang terdiri dari efisiensi mutu, biaya dan waktu. Sumber daya disini terdiri dari 4M+I yaitu, *Machine, Man power, Material, Metode Kontruksi dan Informasi*.

Network Planning

Untuk menghubungkan suatu pekerjaan yang satu dengan yang lainnya, dan untuk mengetahui pekerjaan mana yang akan dikerjakan dahulu ataupun pekerjaan yang akan dikerjakan setelah pekerjaan yang awal selesai memerlukan sebuah *Network Planning*. Dengan adanya *network planning* ini maka diharapkan dapat mempermudah pekerjaan manajemen proyek konstruksi tersebut.

Dan dapat mengwujudkan tujuan dari manajemen proyek konstruksi yaitu mendapatkan mutu yang sesuai dengan yang direncanakan dan biaya yang seminimalisir mungkin juga dapat selesai tepat waktu sesuai dengan perencanaan. Maka dari itu *network planning* ini memiliki peran sangat penting dalam pelaksanaan.

Biaya Total

Biaya total proyek konstruksi adalah penambahan dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

1. Biaya Langsung (*direct cost*)
Biaya langsung merupakan biaya yang langsung berhubungan dengan pembangunan proyek konstruksi tersebut. Biaya langsung terdiri atas :
 - a. Biaya Upah
 - b. Biaya Material
 - c. Biaya Alat

2. Biaya Tidak Langsung (*indirect cost*)
Biaya tidak langsung merupakan semua biaya yang tidak langsung berhubungan dengan pembangunan proyek konstruksi, namun tidak dapat dipisahkan dari proyek tersebut. Biaya resiko dan biaya kualitas termasuk didalam biaya tidak langsung karena biaya tersebut tidak dapat diprediksi sebelumnya.

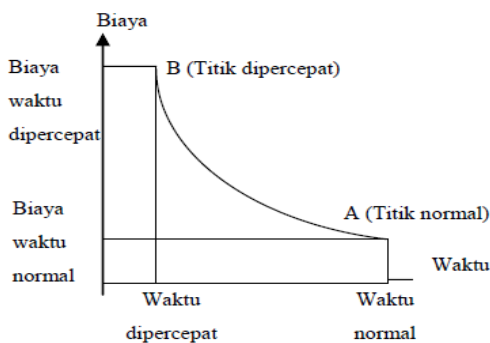
Pada persentase biaya tidak langsung ditentukan berdasarkan hasil penelitian berupa persamaan, sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2)) + \epsilon$$

y = Persentase biaya tidak langsung
 x_1 = nilai total proyek
 x_2 = durasi proyek

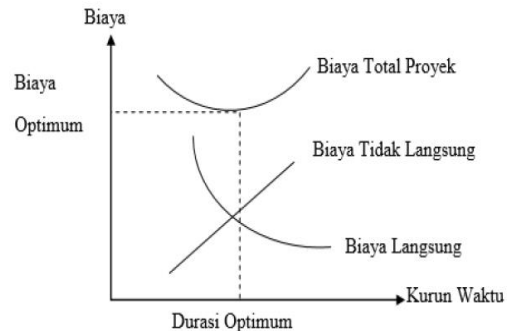
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek konstruksi sangatlah berhubungan dengan waktu penyelesaian proyek konstruksi tersebut. Berikut ini merupakan gambar grafik hubungan antara biaya dan waktu dalam suatu proyek konstruksi:



Gambar 1. Hubungan biaya normal dengan waktu yang dipercepat dalam suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Pada Gambar 1 menjelaskan grafik tersebut dapat diartikan bahwa titik A merupakan titik normal pekerjaan dan apabila waktu dipercepat maka biaya pada pelaksanaan proyek konstruksi tersebut akan mengalami kenaikan seperti pada titik B.



Gambar 2. Grafik Hubungan biaya total dengan waktu, biaya langsung dan biaya tak langsung (Soeharto, 1997)

Sedangkan pada Gambar 2 menjelaskan grafik hubungan antar biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total proyek. Dan dapat disimpulkan bahwa biaya optimum pelaksanaan proyek konstruksi didapat dari hasil total biaya total proyek yang paling minimum.

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya / Time Cost Trade Off

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi akan mengalami 3 fase, yaitu *behind of schedule*, *on of schedule*, dan *upper of schedule*. Apabila waktu pelaksanaan proyek konstruksi mengalami *behind of schedule*/keterlambatan maka biaya akan membengkak, maka dari itu haruslah dilakukan percepatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi tersebut.

Percepatan dalam proyek tersebut dapat menggunakan metode *Time Cost Trade Off/TCTO*. Metode *TCTO* ini merupakan metode yang berhubungan dengan waktu dan biaya, salah satu caranya dengan menambahkan jam

kerja/lembur, menambah tenaga kerja, maupun kombinasi antara menambah jam kerja/lembur dengan menambah tenaga kerja.

Apabila waktu pekerjaan pembangunan proyek konstruksi tersebut mengalami percepatan maka biaya proyek akan bertambah namun biaya tidak langsung akan berkurang, maupun denda karena keterlambatan proyek tidak terjadi.

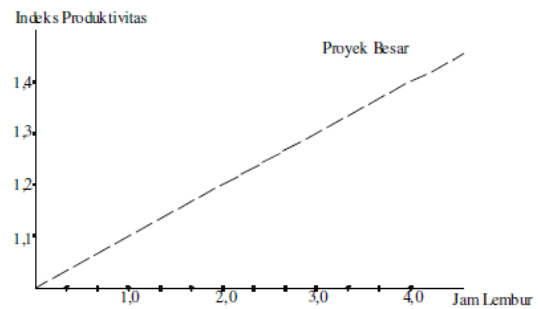
Produktifitas Pekerja

Produktifitas didefinisikan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Didalam proyek konstruksi rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat (Priyo dan Sartika, 2014).

Penambahan Jam Kerja / Lembur

Pada proyek pembangunan ini jam kerja normal yang digunakan ialah 8 jam dari 08.00 WIB sampai dengan 17.00 WIB dengna jam istirahat 1 jam dari 12.00 Wib sampai dengan 13.00 WIB. Kemudian untuk pelaksanaan penambahan jam kerja/lembur dilakukan setelah jam kerja normal dilakukan.

Penambahan jam kerja/lembur dilakukan sesuai dengan kebutuhan proyek konstruksi tersebut, namun pada umumnya dilakukan penambahan jam kerja/lembur sebanyak 1-3 jam kerja. Apabila lembur semakin lama maka kemampuan pekerja akan mengalami penurunan karena telah lelah bekerja seharian, dan indeks produktivitas akan bertambah. Berikut ini merupakan grafik hubungan antar jam lembur dengan indeks produktivitas.



Gambar 3. Grafik indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1997)

- Produktifitas harian = $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$
- Produktifitas tiap jam
= $\frac{\text{Produktifitas Harian}}{\text{Jam Kerja per Hari}}$
- Produktifitas harian setelah dilakukan *crash* = $(c \times d) + (a \times b \times d)$

Dengan keterangan :

- a : lama penambahan jam kerja/lembur
- b: koefisien penurunan produktivitas
- c : jam kerja per hari
- d: produktivitas tiap jam
- d. *Crash Duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian setelah } crash}$$

Tabel 1. Koefisien penurunan produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1	0,1	90
2	0,2	80
3	0,3	70

Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Berat

Ketika akan dilakukannya penambahan tenaga kerja seharusnya perencana maupun pelaksana telah memperhitungkan dampak yang akan terjadi, salah satunya adalah ketersediaan ruang kerja. Karena apabila pekerja bertambah namun ruang kerja yang dibutuhkan juga tidak mencukupi maka para pekerja akan mengganggu pekerjaan yang lainnya. Maka dari itu terdapat perhitungan untuk penambahan tenaga kerja tersebut, sebagai berikut ini :

a. Jumlah tenaga kerja normal

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$$

b. Jumlah tenaga kerja percepatan

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Durasi Percepatan}}$$

Biaya Tambahan Kerja/Crash Cost

Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 ketika menambahkan jam kerja 1 jam pertama pekerja akan mendapatkan tambahan upah sebesar 1,5 kali upah perjam waktu normal, dan jam berikutnya tambahan upah sebesar 2 kali upah kerja perjam waktu normal.

a. Upah normal pekerja per hari

Onph = produktivitas harian x Harga satuan upah pekerja

b. Upah normal pekerja per jam

Onpj = produktivitas perjam x harga satuan upah pekerja

c. Biaya lembur pekerja

Blk = 1,5 x Upah 1 jam normal untuk penambahan jam kerja/lembur pertama + (2 x n x upah 1 jam normal untuk penambahan jam kerja/lembur)

Dengan, n merupakan jumlah penambahan jam kerja/lembur

d. *Crash cost* perhari

Cch= (jam kerja perhari x biaya normal pekerja) + (n x blk)

e. *Cost Slope*

$$Cs = \frac{\text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Percepatan}}$$

Denda

Ketika proyek konstruksi mengalami kemunduran penyelesaian proyek maka kontraktor pelaksana akan dikenai sanksi/denda. Denda tersebut telah tercantum dan disetujui dalam kontrak pelaksanaan proyek tersebut. Besar denda perhari atas keterlambatan penyelesaian proyek tersebut sebesar 1/1000 dari biaya total proyek.

Jumlah denda = jumlah waktu

keterlambatan x Besar denda perhari

Program Microsoft Project

Dalam mempermudah dan membantu perencana maupun pelaksana dalam pekerjaan mengembangkan rencana proyek konstruksi, menetapkan sumber daya, mengelola anggaran dan lain lain salah satu *software* yang digunakan ialah *Microsoft Project*. Banyak informasi yang didapatkan di *software Microsoft Project* ini yaitu, dapat mengatur proyek secara efisien dan efektif, jadwal, laporan keuangan, mempercepat proyek, alokasi sumber daya, hingga proses evaluasi terhadap proyek konstruksi tersebut.

Pada manajemen konstruksi ada beberapa metode yang digunakan, dan di *Microsoft Project* ini menggabungkan dari beberapa metode tersebut. Metode yang digunakan ialah *Critical Path Method/CPM*, *Program Evaluation*

Review Technique/PERT, dan *Gantt Chart*. Untuk mendukung pelaksanaan proyek konstruksi ini salah satunya *Microsoft Project* akan membantu dalam penjadwalan proyek konstruksi tersebut.

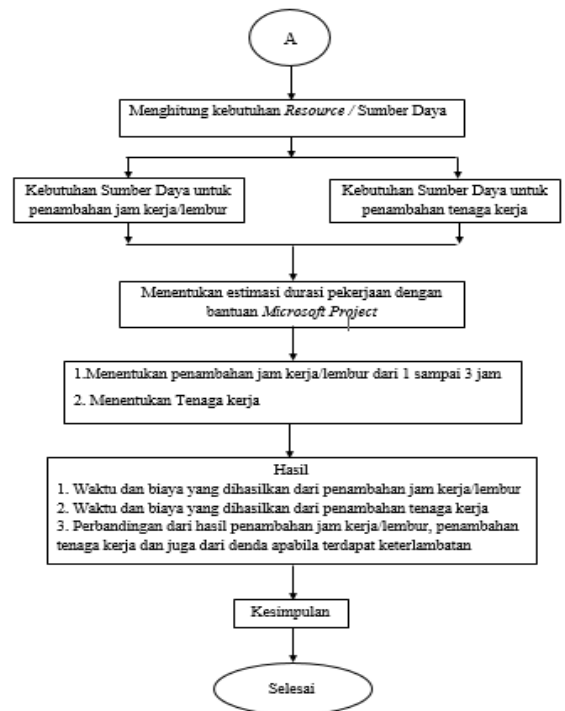
3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

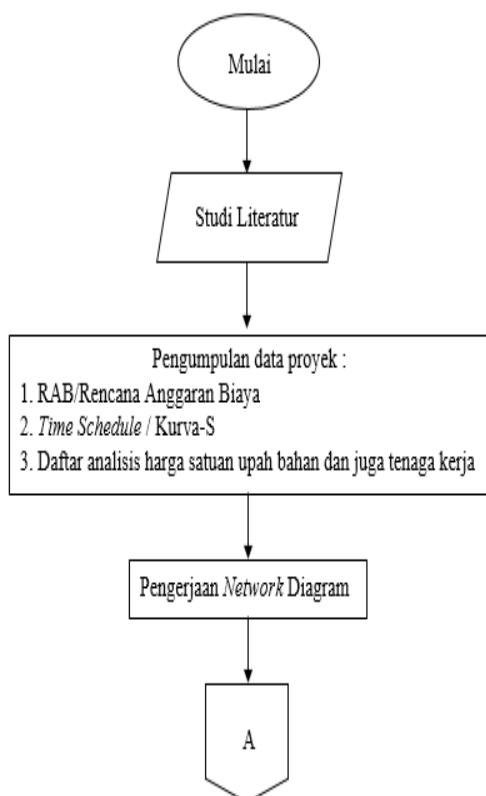
Pada penelitian ini dilakukan disalah satu proyek pembangunan Unit Sekolah Baru SMKN Tanjung Pinang Provinsi Riau.

Tahapan Penelitian

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan benar maka harus lah dibuat tahapan pengerjaan penelitian ini, yang dapat dilihat pada dalam bentuk diagram alir/flowchart pada gambar dibawah ini:



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian



1. Tahapan Persiapan

Ketika akan melakukan penelitian ini sebelumnya dilakukan studi literatur terlebih dahulu yang bertujuan agar lebih mengetahui mengenai ilmu yang berhubungan dan berkaitan dengan subjek penelitian. Supaya tidak melenceng dari tujuan penelitian ini

2. Tahapan Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian kali ini didapatkan dari instansi terkait pada pembangunan Unit Sekolah Baru SMK Tanjung Pinang. Data yang didapatkan yaitu:

- a. *Time Schedule / Kurva S* rencana
- b. Rencana Anggaran Biaya
- c. Analisis harga satuan bahan dan tenaga kerja

3. Analisis Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah menggunakan metode *Time Cost Trade Off (TCTO)*. Dan menggunakan salah satu *Software* manajemen konstruksi yaitu *Microsoft*

Project 2013. Selain itu untuk menganalisis datanya menggunakan *Microsoft Excel* 2013. Data yang telah didapatkan kemudian di *input* kedalam *Microsoft Project* 2013 kemudian data tersebut akan dianalisis pada *Microsoft Project* 2013 tersebut.

Hasil yang didapatkan ialah lintasan kritis pada pelaksanaan proyek kontruksi tersebut. Lintasan kritis tersebut harus dianalisis kembali dengan menggunakan metode *Time Cost Trade off* agar proyek tersebut tidak mengalami keterlambatan dan menyebabkan proyek mendapatkan denda. Metode *Time Cost Trade off* ini dilakukan dengan cara menambahkan jam kerja/lembur sebanyak 3 varian yaitu, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Dan juga penambahan tenaga kerja. Pada saat menganalisis metode tersebut dibantu menggunakan *Microsoft Excel* 2013.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data Penelitian

Data umum yang didapatkan dari proyek pembangunan Unit Sekolah Baru SMK Tanjung Pinang ialah sebagai berikut:

Pemilik proyek : X
 Konsultan Pelaksana : Y
 Kontraktor : Z
 Tanggal dimulai : 28 Juli 2016
 Tanggal Selesai : 16 Desember 2016
 Durasi Proyek : 142 Hari
 Nilai Proyek : Rp.2.857.596.198

Daftar Kegiatan Kritis

Setelah di *input* di *Microsoft Project* maka didapat hasil daftar kegiatan – kegiatan yang kritis dalam kondisi normal, dibawah ini merupakan daftar kegiatan kritis :

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis kondisi normal

Kode	Pekerjaan	Waktu
PP	Pengadaan Tiang Pancang Pracetak 25 x 25 cm	28
BPIL1	Bekisting Pilecap2 L1	21
PK1L1	Pembesian Kolom K1 L1	21
BK1L1	Bekisting Kolom K1 L1	21
KBL1	Pek. Beton Mutu K250 (Kolom yang dicor bersamaan balok) lantai 1	7
PK1AL1	Pembesian Kolom K1A L1	21
BK1AL1	Bekisting Kolom K1A L1	21
BPL1	Beton Mutu K250 (Balok Praktis 12/15 cm) BP	7
BPL L2	Bekisting Plat Lantai 2	21
GK1L2	Pengecoran K1 L 2	7
BK1L2	Bekisting Kolom K1 L2	14
BTL2	Bekisting Tangga L2	7
KBL2	Pek. Beton Mutu K250 (Kolom yang dicor bersamaan balok)	7
BB3L3	Bekisting Balok B3 L3	14
GK1L3	Pengecoran kolom K1 L 3	7
BK1L3	Bekisting Kolom K1 L3	14
BK2L3	Bekisting Kolom K2 L3	7
BTL3	Bekisting Tangga L3	7
KPL3	Beton Mutu K250 (Kolom 12/12 cm) KP	7
BPL3	Beton Mutu K250 (Balok Praktis 12/15 cm) BP	7
BB2L4	Bekisting Balok B2 L4	14
GB3L4	Pengecoran Balok B3 L4	7
GPLL4	Pengecoran Plat Lantai 4	7
BPLL4	Bekisting Plat Lantai 4	14
BKL4	Bekisting kanopi lantai 4 Pek. Beton Mutu K250	7
KBL4	(Kolom yang dicor bersamaan balok)	7
BBANL4	Bekisting Ban beton L 4	7
BB3L4	Bekisting Balok B3 L4	7
PAS	Pekerjaan Atap Spandek Motif Genteng	14
PPA	Pekerjaan Perabung Atap Spandek	7
LPGRC	Lisplank Papan GRC	7

Analisis Biaya Lembur

Tujuan menganalisis biaya lembur ialah untuk mengetahui besar upah tenaga kerja yang akan dibayarkan bila akan dilakukan pelemburan pada proyek tersebut. Contoh perhitungan upah tenaga kerja lembur ialah sebagai berikut ini :

Resouce Name : Pekerja

Biaya normal pekerja perjam (bn) = Rp11.875,00

Biaya lembur per jam

Lembur 1 jam (L1) = $1,5 \times bn$

= $1,5 \times Rp11.875,00$

= Rp 17.812,50

Lembur 2 jam (L2) = $L1 + (2 \times bn)$

= $Rp 17.812,50 + (2 \times Rp11.875,00)$

= Rp 41.562,50

Lembur 3 jam (L3) = $L2 + (2 \times bn)$

= $Rp 41.562,50 + (2 \times Rp11.875,00)$

= Rp 65.312,50

Tabel 3 Upah Lembur Tenaga Kerja

Jenis Pekerja	Biaya Normal/Jam	Biaya Lembur		
		Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
Pekerja	Rp11.875,00	Rp17.812,50	Rp41.562,50	Rp65.312,50
Kepala Tukang Batu	Rp15.000,00	Rp22.500,00	Rp52.500,00	Rp82.500,00
Kepala Tukang Besi	Rp15.000,00	Rp22.500,00	Rp52.500,00	Rp82.500,00
Kepala Tukang Kayu	Rp15.000,00	Rp22.500,00	Rp52.500,00	Rp82.500,00
Tukang Batu	Rp13.750,00	Rp20.625,00	Rp48.125,00	Rp75.625,00
Tukang Besi	Rp13.750,00	Rp20.625,00	Rp48.125,00	Rp75.625,00
Tukang Kayu	Rp13.750,00	Rp20.625,00	Rp48.125,00	Rp75.625,00
Mandor	Rp15.625,00	Rp23.437,50	Rp54.687,50	Rp85.937,50

Analisis Durasi Percepatan

Pada saat pelemburan produktivitas pekerjaan mengalami penurunan hal ini disebabkan karena berbagai sebab yaitu karena, faktor kelelahan pekerja, faktor penerangan karena dilakukan di malam hari, dan faktor cuaca yang kurang

mendukung. Penurunan produktivitas kerja lembur 1 jam diperhitungkan menurun menjadi 90%, 2 jam menurun menjadi 80% dan 3 jam menurun menjadi 70% dari produktivitas normalnya. Sebagai contoh perhitungan dibawah ini pada kegiatan kritis Pembesian Kolom K1 Lantai 1 (PK1L1) :

Volume Pekerjaan : 2615,03 kg

Durasi Normal : 21 hari

Produktivitas perhari : $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$
 $= \frac{2615,03}{21}$
 : 124,525 kg/hari

Produktivitas Normal: $\frac{\text{Produktivitas per hari}}{\text{jam kerja perhari}}$
 $= \frac{124,525}{9}$
 : 15,566 kg/jam

Durasi Percepatan (Dp) :

$\frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(\sum Pp \times Pn \times jl) + (Pn \times jk)}$

Keterangan :

Pp = Penurunan Produktivitas

Pn = Produktivitas normal per jam

Jk = Jam kerja

Jl = Jam lembur

Durasi Percepatan (Dp) lembur 1 jam

Dp 1 Jam : $\frac{2615,03}{(0,9 \times 15,566 \times 1) + (15,566 \times 8)}$
 : 18,88 hari

Maksimal Crashing :

Durasi Normal – Durasi Percepatan :

21 hari – 18,88 hari : 2,12 hari

Durasi Percepatan (Dp) lembur 2 jam

Dp 2 Jam : $\frac{2615,03}{(0,9 \times 15,566 \times 1) + (0,8 \times 15,566 \times 1) + (15,566 \times 8)}$
 : 17,32 hari

Maksimal Crashing :

Durasi Normal – Durasi Percepatan :

21 hari – 17,32 hari : 3,68 hari

Berikut ini hasil dari durasi percepatan pada semua kegiatan kritis :

Tabel 4 Hasil Perhitungan Percepatan Durasi Proyek

Kegiatan	Durasi			
	Normal	Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
Pengadaan Tiang Pancang Pracetak 25 x 25 cm	28	25,17	23,09	21,54
Bekisting Pilecap2 L1	21	18,88	17,32	16,15
Pembesian Kolom K1 L1	21	18,88	17,32	16,15
Bekisting Kolom K1 L1	21	18,88	17,32	16,15
Pek. Beton Mutu K250 (Kolom yang dicor bersamaan balok) lantai 1	7	6,29	5,77	5,39
Pembesian Kolom K1A L1	21	18,88	17,32	16,15
Bekisting Kolom K1A L1	21	18,88	17,32	16,15
Beton Mutu K250 (Balok Praktis 12/15 cm) BP	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Plat Lantai 2	21	18,88	17,32	16,15
Pengecoran K1 L 2	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Kolom K1 L2	14	12,58	11,55	10,77
Bekisting Tangga L2	7	6,29	5,77	5,39
Pek. Beton Mutu K250 (Kolom yang dicor bersamaan balok)	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Balok B3 L3	14	12,58	11,55	10,77
Pengecoran kolom K1 L 3	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Kolom K1 L3	14	12,58	11,55	10,77
Bekisting Kolom K2 L3	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Tangga L3	7	6,29	5,77	5,39
Beton Mutu K250 (KP 12/12 cm)	7	6,29	5,77	5,39
Beton Mutu K250 (BP 12/15 cm)	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Balok B2 L4	14	12,58	11,55	10,77
Pengecoran Balok B3 L4	7	6,29	5,77	5,39
Pengecoran Plat Lantai 4	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Plat Lantai 4	14	12,58	11,55	10,77
Bekisting kanopi lantai 4	7	6,29	5,77	5,39
Pek. Beton Mutu K250 (Kolom yang dicor bersamaan balok)	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Ban beton L 4	7	6,29	5,77	5,39
Bekisting Balok B3 L4	7	6,29	5,77	5,39
Pek. Atap Spandek Motif Genteng	14	12,58	11,55	10,77
Pek. Perabung Atap Spandek	7	6,29	5,77	5,39
Lisplank Papan GRC	7	6,29	5,77	5,39

Analisis Biaya Percepatan

Biaya yang didapatkan dari hasil percepatan durasi yang diakibatkan dari pelemburan tenaga kerja 1 jam, 2 jam, 3 jam disebut dengan biaya percepatan. Contoh perhitungan biaya percepatan seperti dibawah ini :

Nama pekerjaan : Pembesian Kolom K1 Lantai 1 (PK1L1)

Volume pekerjaan: 2615,03 kg

Durasi pekerjaan : 21 hari kerja dengan 8 jam kerja normal

Tabel 5 Harga Kebutuhan tenaga kerja pembesian kolom K1 lantai 1 lembur 1 jam

Komponen	Satuan	Harga Lembur 1 Jam
Pekerja	OH	Rp17.812,50
Tukang Besi	OH	Rp20.625,00
Kepala Tukang Besi	OH	Rp22.500,00
Mandor	OH	Rp23.437,50

Pekerja

$$: 0,11 \times \text{Rp}17.812,50 = \text{Rp. } 1.940,84$$

Mandor

$$: 0,01 \times \text{Rp}23.437,50 = \text{Rp. } 145,93$$

Tukang besi

$$: 0,11 \times \text{Rp}20.625,00 = \text{Rp. } 2.247,29$$

Kepala tukang besi

$$: 0,02 \times \text{Rp}22.500,00 = \text{Rp. } 350,23$$

Maka total harga tenaga kerja ialah = Rp. 4.684,29 / hari

Total biaya *resource* percepatan 1 jam/hari

Tbrp = Biaya normal total/hari + total harga tenaga kerja 1 jam

$$= \text{Rp. } 24.982,88 + \text{Rp. } 4.684,29$$

$$= \text{Rp. } 29.667,17$$

Total biaya percepatan 1 Jam

Tbp = Total harga material+(Total biaya *resource* percepatan 1 jam × durasi)

$$= \text{Rp.}33.608.365,56+(\text{Rp.}29.667,17 \times 18,8)$$

$$= \text{Rp.}34.168.374,97$$

Hasil perhitungan diatas adalah salah satu kegiatan kritis sesuai dari *Microsoft Project 2013*. Secara keseluruhan biaya percepatan pada proyek pembangunan USB SMK Tanjung Pinang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 6 Hasil perhitungan biaya percepatan pelemburan 1 jam

No	Kegiatan	Biaya	
		Normal	Lembur 1 jam
1	PP	Rp449.372.400	Rp450.671.757
2	BPIL1	Rp2.539.380	Rp2.553.108
3	PK1L1	Rp34.158.688	Rp34.195.966
4	BK1L1	Rp25.425.822	Rp25.505.529
5	KBL1	Rp1.939.058	Rp1.945.590
6	PK1AL1	Rp7.457.412	Rp7.465.359
7	BK1AL1	Rp9.241.019	Rp9.271.166
8	BPL1	Rp3.207.697	Rp3.265.194
9	BPL L2	Rp114.992.213	Rp115.209.153
10	GK1L2	Rp12.985.149	Rp13.026.725
11	BK1L2	Rp23.102.434	Rp23.175.065
12	BTL2	Rp7.091.378	Rp7.113.409
13	KBL2	Rp1.939.058	Rp1.945.590
14	BB3L3	Rp121.799.922	Rp121.852.766
15	GK1L3	Rp13.176.401	Rp13.218.286
16	BK1L3	Rp23.102.434	Rp23.175.065
17	BK2L3	Rp6.159.122	Rp6.178.275
18	BTL3	Rp10.286.958	Rp10.318.664
19	KPL3	Rp6.126.587	Rp6.133.039
20	BPL3	Rp3.187.035	Rp3.199.491
21	BB2L4	Rp46.465.642	Rp46.483.488
22	GB3L4	Rp9.926.279	Rp9.958.776
23	GPLL4	Rp15.747.332	Rp15.798.361
24	BPLL4	Rp29.582.504	Rp29.638.511
25	BKL4	Rp3.629.706	Rp3.640.699
26	KBL4	Rp423.640	Rp425.712
27	BBANL4	Rp9.789.945	Rp9.794.351
28	BB3L4	Rp5.452.699	Rp5.455.323
29	PAS	Rp55.495.845	Rp55.605.955
30	PPA	Rp3.843.135	Rp3.856.010
31	LPGRC	Rp3.917.650	Rp3.942.100

Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance untuk Penambahan Jam Kerja/Lembur

Nama Pekerjaan : Pembesian Kolom K1 Lantai 1 (PK1L1)

Biaya Normal : Rp34.158.688

Biaya Percepatan :

1 jam = Rp34.195.966,00

2 jam = Rp34.232.301,00

3 jam = Rp34.269.835,00

Selisih biaya (*cost variance*)

= Biaya percepatan – Biaya normal 1 jam

= Rp34.195.966,00 - Rp34.158.688

= Rp37.278

Hasil perhitungan *cost variance* dapat dilihat ditabel dibawah ini:

Tabel 7 Hasil perhitungan *Cost Variance* dengan waktu lembur 1 jam

No	Kegiatan	Cost Variance
1	PP	Rp1.299.357
2	BPIL1	Rp13.728
3	PK1L1	Rp37.278
4	BK1L1	Rp79.707
5	KBL1	Rp6.532
6	PK1AL1	Rp7.947
7	BK1AL1	Rp30.147
8	BPL1	Rp57.497
9	BPL L2	Rp216.940
10	GK1L2	Rp41.576
11	BK1L2	Rp72.631
12	BTL2	Rp22.031
13	KBL2	Rp6.532
14	BB3L3	Rp52.844
15	GK1L3	Rp41.885
16	BK1L3	Rp72.631
17	BK2L3	Rp19.153
18	BTL3	Rp31.706
19	KPL3	Rp6.452
20	BPL3	Rp12.456
21	BB2L4	Rp17.846
22	GB3L4	Rp32.497
23	GPLL4	Rp51.029
24	BPLL4	Rp56.007
25	BKL4	Rp10.993
26	KBL4	Rp2.072
27	BBANL4	Rp4.406
28	BB3L4	Rp2.624
29	PAS	Rp110.110
30	PPA	Rp12.875
31	LPGRC	Rp24.450

Selisih antara durasi percepatan akibat dari dilakukannya waktu lembur pada pekerjaan dengan durasi normal disebut dengan *duration variance*. Hasil dari *duration variance* untuk seluruh pekerjaan adalah sebagai berikut :

Tabel 8 Hasil perhitungan *Duration Variance* dengan waktu lembur 1 jam

No	Kegiatan	Durasi (Hari)	Durasi Percepatan (Hari)	<i>Duration Variance</i> (Hari)
1	PP	28	25,17	2,83
2	BPIL1	21	18,88	2,12
3	PK1L1	21	18,88	2,12
4	BK1L1	21	18,88	2,12
5	KBL1	7	6,29	0,71
6	PK1AL1	21	18,88	2,12
7	BK1AL1	21	18,88	2,12
8	BPL1	7	6,29	0,71
9	BPL L2	21	18,88	1,42
10	GK1L2	7	6,29	0,71
11	BK1L2	14	12,58	1,42
12	BTL2	7	6,29	0,71
13	KBL2	7	6,29	0,71
14	BB3L3	14	12,58	1,42
15	GK1L3	7	6,29	0,71
16	BK1L3	14	12,58	1,42
17	BK2L3	7	6,29	0,71
18	BTL3	7	6,29	0,71
19	KPL3	7	6,29	0,71
20	BPL3	7	6,29	0,71
21	BB2L4	14	12,58	1,42
22	GB3L4	7	6,29	0,71
23	GPLL4	7	6,29	0,71
24	BPLL4	14	12,58	1,42
25	BKL4	7	6,29	0,71
26	KBL4	7	6,29	0,71
27	BBANL4	7	6,29	0,71
28	BB3L4	7	6,29	0,71
29	PAS	14	12,58	1,42
30	PPA	7	6,29	0,71
31	LPGRC	7	6,29	0,71

Perbandingan antara *cost variance* dengan *duration variance* disebut dengan *cost slope*. Hasil perhitungan *cost slope* dari seluruh kegiatan pembangunan USB SMK Tanjung Pinang sebagai berikut :

Tabel 9 Hasil perhitungan *Cost Variance* dengan waktu lembur 1 jam

No	Kegiatan	<i>Duration Variance</i> (Hari)	<i>Cost Variance</i> (Rp.)	<i>Cost Slope</i> (Rp./Hari)
1	PP	2,83	Rp1.299.357	Rp459.136,75
2	BPIL1	2,12	Rp13.728	Rp6.475,47
3	PK1L1	2,12	Rp37.278	Rp17.583,96
4	BK1L1	2,12	Rp79.707	Rp37.597,64
5	KBL1	0,71	Rp6.532	Rp9.200,00
6	PK1AL1	2,12	Rp7.947	Rp3.748,58
7	BK1AL1	2,12	Rp30.147	Rp14.220,28
8	BPL1	0,71	Rp57.497	Rp80.981,69
9	BPL L2	2,12	Rp216.940	Rp102.330,19
10	GK1L2	0,71	Rp41.576	Rp58.557,75
11	BK1L2	1,42	Rp72.631	Rp51.148,59
12	BTL2	0,71	Rp22.031	Rp31.029,58
13	KBL2	0,71	Rp6.532	Rp9.200,00
14	BB3L3	1,42	Rp52.844	Rp37.214,08
15	GK1L3	0,71	Rp41.885	Rp58.992,96
16	BK1L3	1,42	Rp72.631	Rp51.148,59
17	BK2L3	0,71	Rp19.153	Rp26.976,06
18	BTL3	0,71	Rp31.706	Rp44.656,34
19	KPL3	0,71	Rp6.452	Rp9.087,32
20	BPL3	0,71	Rp12.456	Rp17.543,66
21	BB2L4	1,42	Rp17.846	Rp12.567,61
22	GB3L4	0,71	Rp32.497	Rp45.770,42
23	GPLL4	0,71	Rp51.029	Rp71.871,83
24	BPLL4	1,42	Rp56.007	Rp39.441,55
25	BKL4	0,71	Rp10.993	Rp15.483,10
26	KBL4	0,71	Rp2.072	Rp2.918,31
27	BBANL4	0,71	Rp4.406	Rp6.205,63
28	BB3L4	0,71	Rp2.624	Rp3.695,77
29	PAS	1,42	Rp110.110	Rp77.542,25
30	PPA	0,71	Rp12.875	Rp18.133,80
31	LPGRC	0,71	Rp24.450	Rp34.436,62

Analisis Biaya Total Proyek Akibat Penambahan Jam Kerja

a. Biaya Tidak Langsung

Salah satu cara untuk menghitung biaya tidak langsung menggunakan rumus Regresi Non Linier persamaanya sebagai berikut:

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \epsilon$$

x1 = biaya total proyek

x2 = durasi total proyek

ϵ = Random Error

y = persentase biaya tidak langsung

Perhitungan dari biaya tidak langsung ialah :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \epsilon$$

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(\frac{2.857.596.198}{1.000.000.000} - 0,21) - \ln(142))$$

$$y = 18,515\% = 0,18515$$

maka biaya tidak langsung :

$$= 0,18515 \times \text{Rp } 2.857.596.198$$

$$= \text{Rp. } 529.080.251,63$$

Contoh perhitungan biaya tidak langsung pada setiap waktu percepatan didapatkan dengan cara dengan cara :

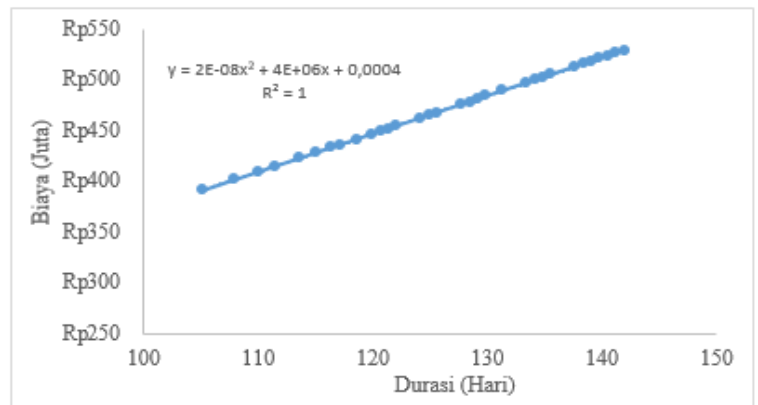
Nama Kegiatan = Pembesian Kolom K1 Lantai 1 (PK1L1)

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 jam} &= \left(\frac{\text{Rp. } 463.056.996,81 \times 122,16}{124,28} \right) \\ &= \text{Rp. } 455.158.052,23 \end{aligned}$$

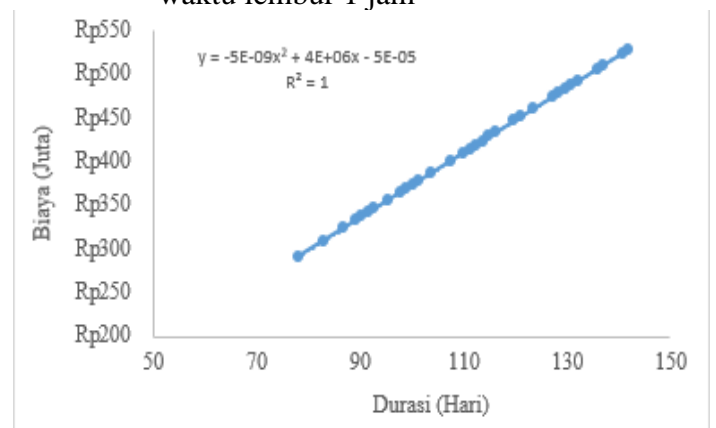
$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 jam} &= \left(\frac{\text{Rp. } 446.737.479,23 \times 116,22}{119,9} \right) \\ &= \text{Rp. } 433.026.103,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 3 jam} &= \left(\frac{\text{Rp. } 420.842.354,28 \times 108,10}{112,95} \right) \\ &= \text{Rp. } 402.771.655,58 \end{aligned}$$

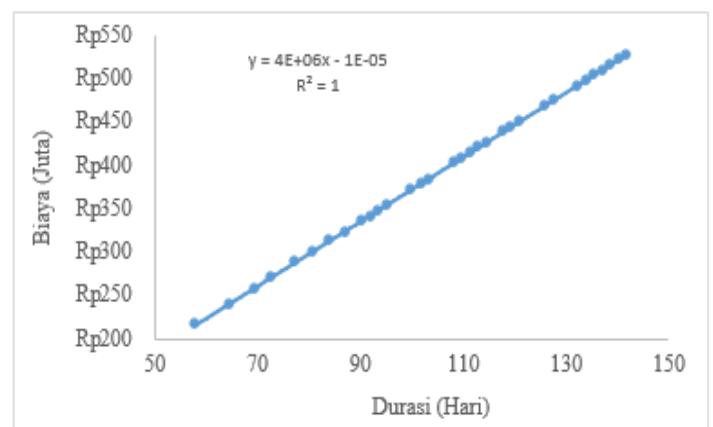
Berdasarkan perhitungan analisis biaya tidak langsung pada proyek pembangunan USB SMK Tanjung Pinang akibat penambahan jam lembur dari 1 sampai 3 jam dapat dilihat secara grafik seperti dibawah ini :



Gambar 1. Hubungan antara biaya tidak langsung dan durasi pada waktu lembur 1 jam



Gambar 2. Hubungan antara biaya tidak langsung dan durasi pada waktu lembur 2 jam



Gambar 3. Hubungan antara biaya tidak langsung dan durasi pada waktu lembur 3 jam

b. Biaya Langsung

Biaya langsung didapatkan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung

= Biaya total Proyek – biaya tidak langsung proyek

$$= \text{Rp. } 2.857.596.198 - \text{Rp. } 529.080.251,63$$

$$= \text{Rp. } 2.328.515.947,37$$

Biaya langsung pada setiap waktu percepatan pelemburan didapatkan dengan cara sebagai berikut :

Nama Kegiatan : (PK1L1)

Lembur 1 jam =

$$\text{Biaya langsung proyek} + \text{cost variance}$$

$$= \text{Rp } 2.328.780.394,37 + \text{Rp}32.497,00$$

$$= \text{Rp } 2.328.817.672,37$$

Lembur 2 jam =

$$= \text{Rp } 2.328.735.830 + \text{Rp}73.613$$

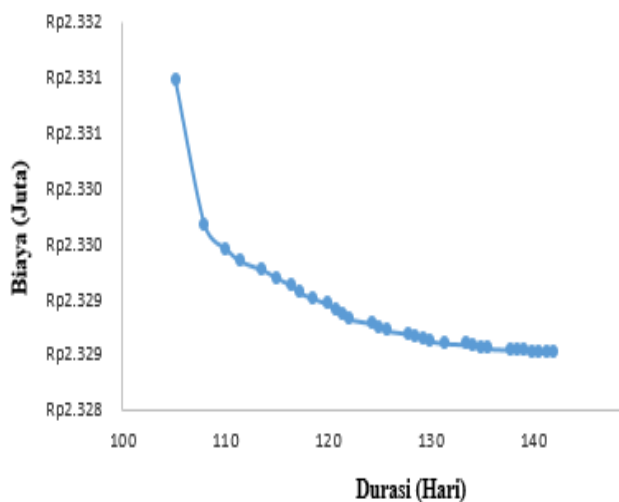
$$= \text{Rp } 2.328.809.443$$

Lembur 3 jam =

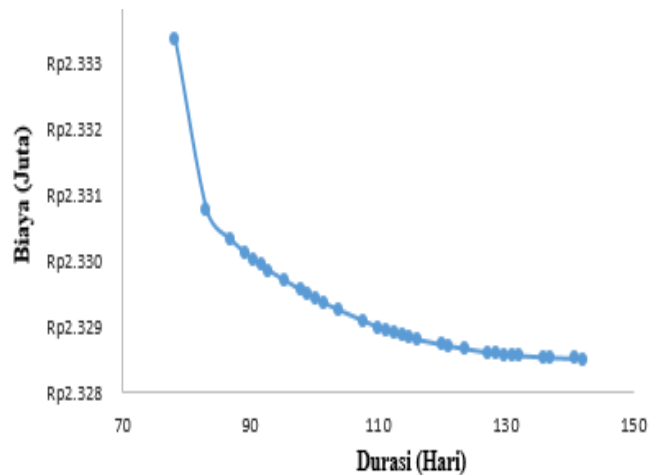
$$= \text{Rp } 2.328.855.711 + \text{Rp}111.147,00$$

$$= \text{Rp } 2.328.966.858$$

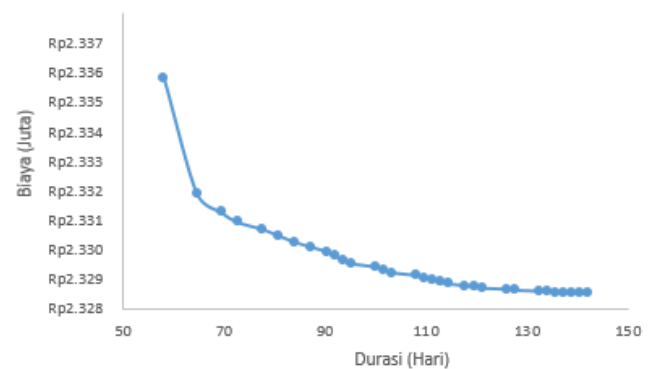
Berdasarkan hasil analisis perhitungan biaya langsung proyek yang diakibatkan dari penambahan jam kerja / lembur jika dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4. Hubungan antara biaya langsung dan durasi pada waktu lembur 1 jam



Gambar 5. Hubungan antara biaya langsung dan durasi pada waktu lembur 2 jam

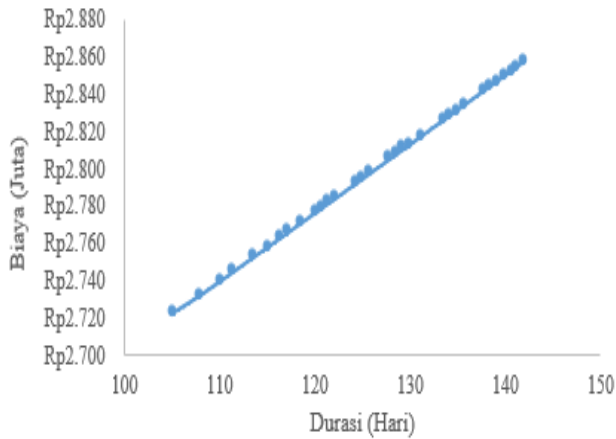


Gambar 6. Hubungan antara biaya langsung dan durasi pada waktu lembur 3 jam

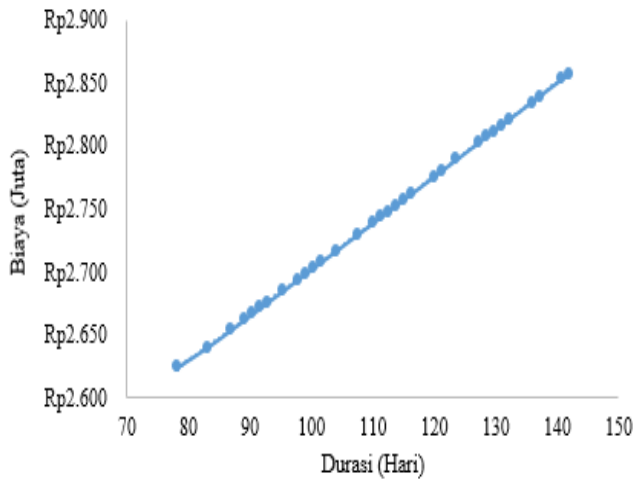
c. Total Biaya

Total biaya didapatkan dari penjumlahan antara biaya langsung dan biaya tidak langsung akibat dari penambahan jam kerja/lembur 1 jam, 2 jam, 3 jam.

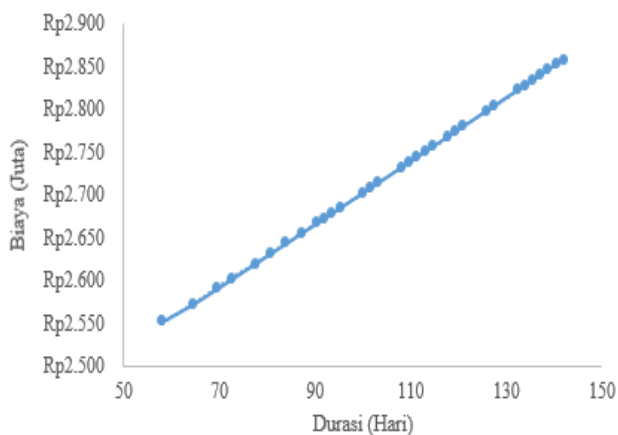
Berdasarkan hasil perhitungan analisa dari biaya total proyek akibat penambahan jam kerja/lembur didapatkan grafik seperti dibawah ini :



Gambar 7. Hubungan antara Total biaya dan durasi pada waktu lembur 1 jam



Gambar 8. Hubungan antara Total biaya dan durasi pada waktu lembur 2 jam



Gambar 9. Hubungan antara Total biaya dan durasi pada waktu lembur 3 jam

Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan tanpa mengurangi maupun menambahkan jam kerja yang telah ada. Tapi dengan menghitung kembali kebutuhan tenaga kerja yang didasari pada durasi kegiatan yang telah dilakukan percepatan.

Nama pekerjaan : (PK1L1)
 Volume pekerjaan : 2615,03 kg
 Durasi pekerjaan : 21 hari kerja
 Durasi *Crashing* : 18,88 hari

- Pekerja

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \left(\frac{0,007 \times 2615,03}{18,88} \right) \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga} \\ &= 1,04 \times \text{Rp}95.000 \\ &= \text{Rp}98.800,00 \end{aligned}$$

- Mandor

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \left(\frac{0,0004 \times 2615,03}{18,88} \right) \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= 0,08 \times \text{Rp}125.000 \\ &= \text{Rp}10.000,00 \end{aligned}$$

- Tukang Besi

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \left(\frac{0,007 \times 2615,03}{18,88} \right) \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= 1,04 \times \text{Rp}110.000 \\ &= \text{Rp}114.400,00 \end{aligned}$$

- Kepala Tukang Besi

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \left(\frac{0,001 \times 2615,03}{18,88} \right) \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= 0,16 \times \text{Rp}150.000 \\ &= \text{Rp}19.200,00 \end{aligned}$$

Maka total upah tenaga kerja dengan durasi normal 18,88 hari pada kegiatan (PK1L1) yaitu :
 $= (\text{Rp}98.800 + \text{Rp}10.000 + \text{Rp}114.400 + \text{Rp}19.200) \times 8$
 $= \text{Rp}1.939.200,00$

Berikut ini hasil analisa perhitungan biaya untuk penambahan tenaga kerja pada setiap waktu lembur :

Tabel 10 Biaya hasil penambahan tenaga kerja waktu lembur 1 jam

Kode	Durasi (Hari)		Biaya	
	Normal	Lembur 1 Jam	Normal	Lembur 1 Jam
PP	28	25,17	Rp449.372.400	Rp449.423.146,07
BPIL1	21	18,88	Rp2.539.380	Rp 2.616.215,66
PK1L1	21	18,88	Rp34.158.688	Rp 34.180.320,62
BK1L1	21	18,88	Rp25.425.822	Rp25.448.602,81
KBL1	7	6,29	Rp1.939.058	Rp1.949.779,38
PK1AL1	21	18,88	Rp7.457.412	Rp7.533.730,20
BK1AL1	21	18,88	Rp9.241.019	Rp9.271.665,84
BPL1	7	6,29	Rp3.207.697	Rp3.021.859,27
BPL L2	21	18,88	Rp114.992.213	Rp115.013.403,41
GK1L2	7	6,29	Rp12.985.149	Rp12.998.140,46
BK1L2	14	12,58	Rp23.102.434	Rp23.141.385,60
BTL2	7	6,29	Rp7.091.378	Rp7.115.173,06
KBL2	7	6,29	Rp1.939.058	Rp1.949.779,38
BB3L3	14	12,58	Rp121.799.922	Rp121.831.928,04
GK1L3	7	6,29	Rp13.176.401	Rp13.200.524,87
BK1L3	14	12,58	Rp23.102.434	Rp23.141.385,60
BK2L3	7	6,29	Rp6.159.122	Rp6.179.740,28
BTL3	7	6,29	Rp10.286.958	Rp10.289.169,76
KPL3	7	6,29	Rp6.126.587	Rp6.171.341,95
BPL3	7	6,29	Rp3.187.035	Rp3.021.859,27
BB2L4	14	12,58	Rp46.465.642	Rp46.513.532,61
GB3L4	7	6,29	Rp9.926.279	Rp9.927.249,53
GPLL4	7	6,29	Rp15.747.332	Rp15.746.324,59
BPLL4	14	12,58	Rp29.582.504	Rp29.619.570,06
BKL4	7	6,29	Rp3.629.706	Rp3.656.951,06
KBL4	7	6,29	Rp423.640	Rp444.287,62
BBANL4	7	6,29	Rp9.789.945	Rp9.799.111,54
BB3L4	7	6,29	Rp5.452.699	Rp5.482.099,67
PAS	14	12,58	Rp55.495.845	Rp55.493.700,00
PPA	7	6,29	Rp3.843.135	Rp3.850.022,65
LPGRC	7	6,29	Rp3.917.650	Rp3.921.202,79

Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance untuk Penambahan Jam Kerja/Lembur

Hasil keseluruhan perhitungan *cost variance, duration variance, cost slope* dapat dilihat ditabel dibawah ini:

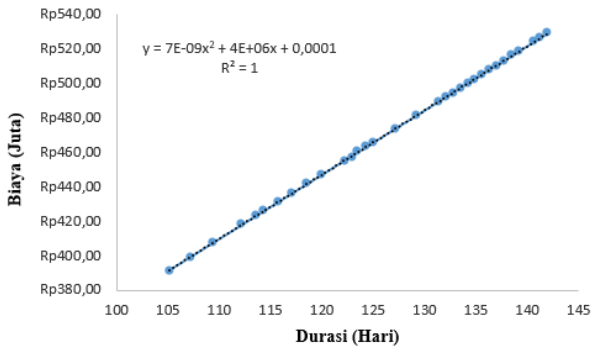
Tabel 11 Hasil *Cost variance, Duration variance, Cost slope* dengan waktu lembur 1 jam

Kode	<i>Cost Variance</i> (Rp)	<i>Duration Variance</i> (hari)	<i>Cost slope</i> (Rp/hari)
PP	Rp50.746,07	2,83	Rp17.931,47
BPIL1	Rp76.835,66	2,12	Rp36.243,23
PK1L1	Rp21.632,62	2,12	Rp10.204,06
BK1L1	Rp22.780,81	2,12	Rp10.745,66
KBL1	Rp10.721,38	0,71	Rp15.100,53
PK1AL1	Rp76.318,20	2,12	Rp35.999,15
BK1AL1	Rp30.646,84	2,12	Rp14.456,06
BPL1	-Rp185.837,73	0,71	-Rp261.743,28
BPL L2	Rp21.190,41	2,12	Rp9.995,48
GK1L2	Rp12.991,46	0,71	Rp18.297,84
BK1L2	Rp38.951,60	1,42	Rp27.430,70
BTL2	Rp23.795,06	0,71	Rp33.514,17
KBL2	Rp10.721,38	0,71	Rp15.100,53
BB3L3	Rp32.006,04	1,42	Rp22.539,47
GK1L3	Rp24.123,87	0,71	Rp33.977,29
BK1L3	Rp38.951,60	1,42	Rp27.430,70
BK2L3	Rp20.618,28	0,71	Rp29.039,83
BTL3	Rp2.211,76	0,71	Rp3.115,15
KPL3	Rp44.754,95	0,71	Rp63.035,14
BPL3	-Rp165.175,73	0,71	-Rp232.641,87
BB2L4	Rp47.890,61	1,42	Rp33.725,78
GB3L4	Rp970,53	0,71	Rp1.366,95
GPLL4	-Rp1.007,41	0,71	-Rp1.418,88
BPLL4	Rp37.066,06	1,42	Rp26.102,86
BKL4	Rp27.245,06	0,71	Rp38.373,32
KBL4	Rp20.647,62	0,71	Rp29.081,15
BBANL4	Rp9.166,54	0,71	Rp12.910,62
BB3L4	Rp29.400,67	0,71	Rp41.409,40
PAS	-Rp2.145,00	1,42	-Rp1.510,56
PPA	Rp6.887,65	0,71	Rp9.700,92
LPGRC	Rp3.552,79	0,71	Rp5.003,93

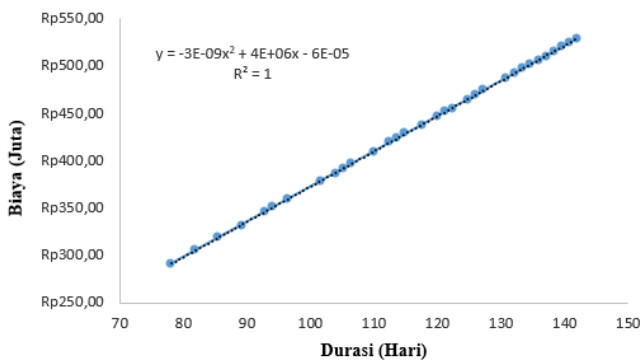
Analisis Biaya Total Proyek Akibat Penambahan Tenaga Kerja

a. Biaya Tidak Langsung

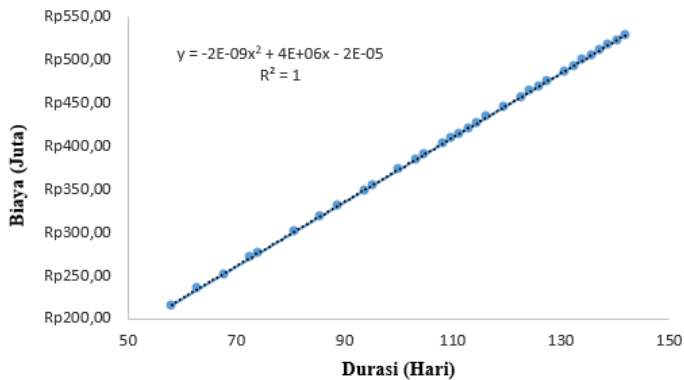
Berdasarkan hasil perhitungan jika ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi:



Gambar 10. Hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi pada waktu lembur 1 jam



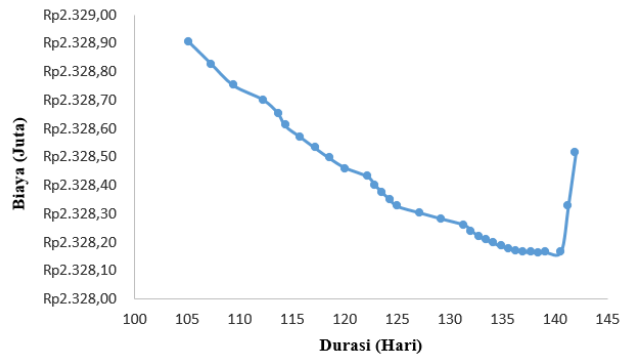
Gambar 11. Hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi pada waktu lembur 2 jam



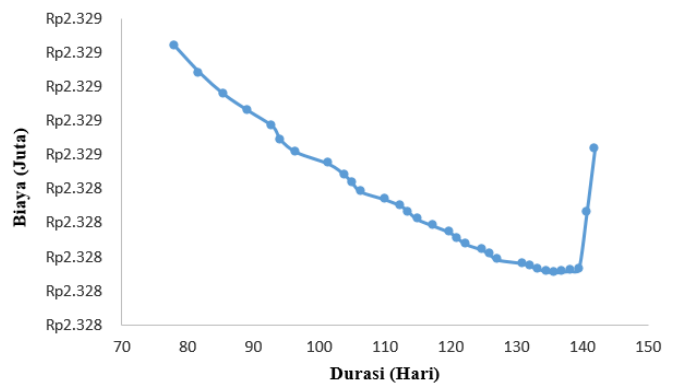
Gambar 12. Hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi pada waktu lembur 3 jam

b. Biaya Langsung

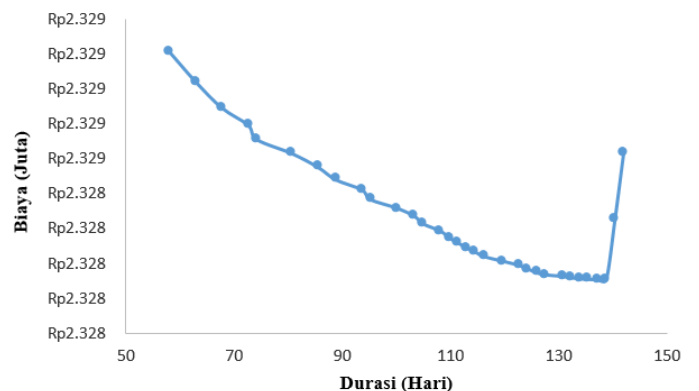
Berdasarkan hasil perhitungan jika ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi:



Gambar 13. Hubungan antara biaya langsung dengan durasi pada waktu lembur 1 jam



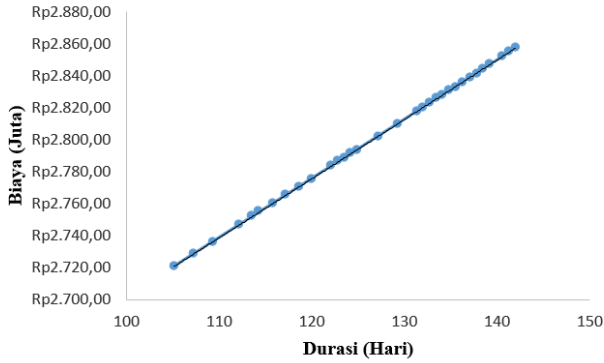
Gambar 14. Hubungan antara biaya langsung dengan durasi pada waktu lembur 2 jam



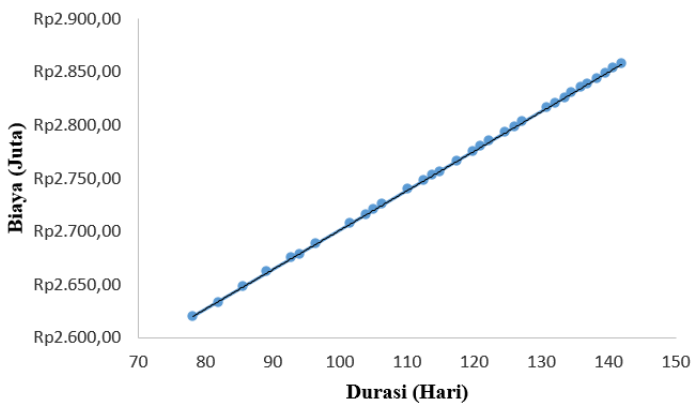
Gambar 15. Hubungan antara biaya langsung dengan durasi pada waktu lembur 3 jam

c. Total Biaya

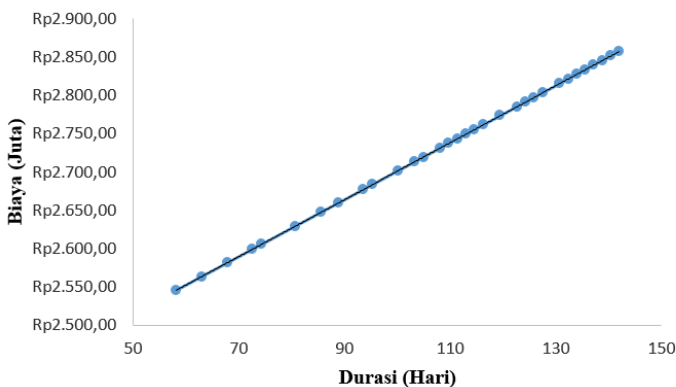
Berdasarkan hasil perhitungan jika ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara total biaya dengan durasi:



Gambar 16. Hubungan antara total biaya dengan durasi pada waktu lembur 1 jam



Gambar 17. Hubungan antara total biaya dengan durasi pada waktu lembur 2 jam



Gambar 18. Hubungan antara total biaya dengan durasi pada waktu lembur 3 jam

Perhitungan Biaya Denda Keterlambatan

Biaya denda keterlambatan didapatkan dari total hari keterlambatan dari proyek tersebut dikalikan dengan denda perharinya. Denda perhari dari suatu proyek yaitu sebesar satu permil dari biaya total keseluruhan proyek tersebut.

Jadi perhitungan untuk biaya denda keterlambatan proyek tersebut ialah :

Nama Kegiatan : (PK1L1)

Total hari keterlambatan : 2,12 hari

Biaya total proyek: Rp. 2.857.596.198,00

Total denda

$$= 2,12 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp. } 2.857.596.198,00$$

$$= \text{Rp. } 6.058.103,94$$

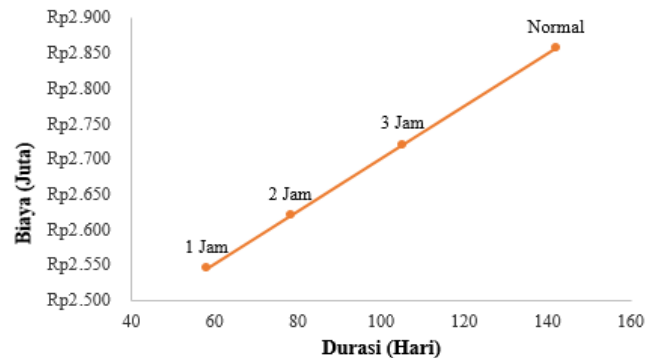
Perbandingan antara Penambahan Jam Kerja Lembur dengan Penambahan Tenaga Kerja

Berikut ini merupakan data analisis perbedaan dari total biaya proyek :

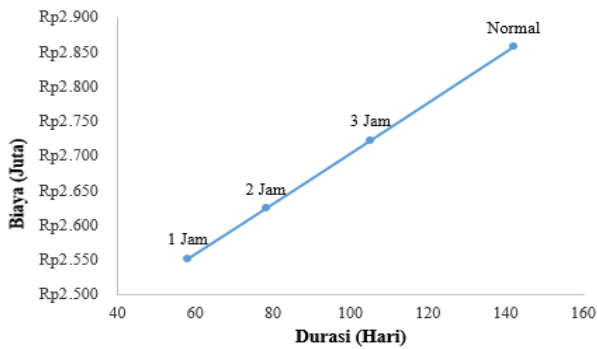
Tabel 22 Hasil perbandingan antara biaya penambahan jam kerja/lembur dengan penambahan tenaga kerja

Penambahan Tenaga	Durasi	Biaya Penambahan Jam Lembur (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
Normal	142	Rp2.857.596.198,00	Rp2.857.596.198,00
1 Jam	105,15	Rp2.722.750.086,05	Rp2.720.684.806,69
2 Jam	78,17	Rp2.624.614.758,43	Rp2.620.070.585,59
3 Jam	58,08	Rp2.552.212.214,71	Rp2.545.208.046,33

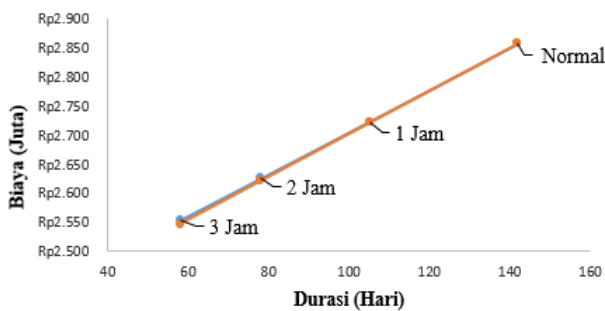
Berikut ini hasil dalam grafik perbandingan antara penambahan jam kerja/lembur dengan penambahan tenaga kerja :



Gambar 19. Grafik Hubungan antara biaya dan durasi terhadap penambahan tenaga kerja



Gambar 20. Grafik Hubungan antara biaya dan durasi terhadap penambahan jam kerja atau lembur



Grafik 21. Hubungan antara biaya dan durasi terhadap penambahan jam kerja atau lembur dengan penambahan tenaga kerja

Jika suatu proyek mengalami keterlambatan maka akan dikenakan denda, berikut ini total biaya proyek apabila mengalami keterlambatan

Tabel 12 Total biaya proyek apabila terjadi keterlambatan

NO	Penambahan Tenaga	Biaya Denda
1	Normal	Rp2.857.596.198,00
2	1 Jam	Rp2.962.898.617,90
3	2 Jam	Rp3.039.996.563,32
4	3 Jam	Rp3.097.405.670,94

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan kemudian dianalisis dan dibahas maka kesimpulan yang didapat pada proyek pembangunan USB SMK Tanjung Pinang ini ialah :

- Pada kondisi normal proyek tersebut dapat selesai selama 142 hari dengan biaya total sebesar Rp2.857.596.198,00.

Kemudian setelah penambahan 1 jam kerja / lembur durasi proyek berkurang menjadi 105,15 hari sementara biaya total menurun menjadi Rp2.722.750.086,05. Lalu pada kondisi 2 jam lembur durasi proyek kembali menurun menjadi 78,17 hari dan biaya total menurun menjadi Rp2.624.614.758,43. Dan setelah penambahan jam kerja / lembur sebanyak 3 jam durasi proyek berkurang menjadi 58,08 dan biaya total proyek menurun menjadi Rp2.552.212.214,71.

- Kemudian setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 105,15 hari sementara biaya total menurun menjadi Rp2.720.684.806,69. Lalu setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 2 jam durasi proyek kembali menurun menjadi 78,17 hari dan biaya total menurun menjadi Rp2.620.070.585,59. Dan setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 3 jam durasi proyek berkurang menjadi 58,08 dan biaya total proyek menurun menjadi Rp2.545.208.046,33.

- Kemudian setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 105,15 hari sementara biaya total menurun menjadi Rp2.720.684.806,69. Lalu setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 2 jam durasi proyek kembali menurun menjadi 78,17 hari dan biaya total menurun menjadi Rp2.620.070.585,59. Dan setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 3 jam durasi proyek berkurang menjadi 58,08 dan biaya total proyek menurun menjadi Rp2.545.208.046,33.

- d. Ketika biaya denda, dibandingkan dengan biaya total proyek dari hasil penambahan jam kerja / lembur dan penambahan tenaga kerja didapatkan hasil bahwa biaya denda lebih besar.

6. Daftar Pustaka

- Bappenas, 2003. *Perencanaan Pembangunan Nasional*, Bappenas TA-SRPP, Jakarta.
- Chusairi, M., dan Suryanto, M. 2015. Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2 (2), 09 – 15.
- Choongwan, K., Taehoon, H., Sangbum., K., 2015. *An Integrated Multi – Objective Optimization Model for Solving thr Contruction Time – Cost Trade Off Problem*. *Jurnal Of Civil Engineering and Management* , 21 (3), 323-333
- Eirgash, Mohammad., A, Togan., Vegan, Dede., Tayfun., 2019. A multi-objective decision making model based on TLBO for the time – cost trade-off problems. *Structural Engineering and Mechanics*, 71 (2), 139 – 151.
- Irfan, Gilang., Zainul, 2019. Studi Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Gedung Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik, 19 (1), 1 – 18
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. 2014. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur*. KEPMEN No. 102 Tahun 2004.
- Muhammad, A., A., dan Indriyani, R. 2015. Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang. *Jurnal Teknik ITS*, 4 (1), 2301 – 9271
- Ningrum, F., G., A, Hartono., W, dan Sugiyarto. 2017. Penerapan Metode Crashing dalam Percepatan Durasi Proyek dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta). *e-jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5(20), 583 – 591
- Nugraha, Paulus., Natan, Ishak., dan Sutjipto, R. 1985, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Kartika Yudho, Bandung.
- Nurdiana, Asri., 2015. Analisis Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Pembangunan Best Western Star Hotel & Star Apartement Semarang. *Jurnal Teknik*, 36 (2), 105-109
- Priyo, M., dan Aulia, M., A. 2015. Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 18 (1), 30 – 43.
- Priyo, M., dan Sartika. 2014. Analisis Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 17 (2). 98 – 105.
- Priyo, M., dan Sumanto, A. 2016. Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Kontruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 19 (1). 1 – 15.
- Rahmada, Septia., 2018. Studi Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Gedung, 18 (1), 1 – 16
- Simatupang, J., S, dan Sibi, M. 2015. Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Waktu Pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus : Pembangunan Persekolahan Eben Haezar Manado), *Jurnal Sipil Statik*, 3 (2), 281 – 280.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional Jilid II*. Erlangga, Jakarta.
- Sompie, B., F, Walangitan., D., R., O, Malingkas, G.,Y. 2013. Aplikasi Microsoft Project dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek. *Jurnal Sipil Statik*, 1 (8), 543 – 548.
- Wei Feng, C., Liu, L., Burns, S,C., 2009. *Stochastic Contruction Time - Cost Trade Off Analysis*. *Jurnal of Computing in Civil Engineering*, 117

