

ANALISIS PENGARUH JAM LEMBUR DAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA TERHADAP OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU PADA PEMBANGUNAN GEDUNG

(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mall Di Cibinong)

Rafama Dewi dan Wardani Cahya Komara
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jl. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O Box 7715 JKS LA
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta selatan 12620, Telp. 7888275
Email: cahyadani71@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan proyek yang sistematis diperlukan agar waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak pekerjaan atau bahkan selesai lebih cepat. Alternatif percepatan yang digunakan adalah dengan melakukan perbandingan antara penambahan waktu kerja (jam lembur) dengan penambahan tenaga kerja pada proyek pembangunan gedung Mall di Cibinong. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan proyek antara kedua alternatif percepatan tersebut. Analisa dimulai dengan melakukan penyusunan jaringan kerja menggunakan Microsoft Office Project 2016. Kemudian dilakukan perhitungan terhadap kedua alternatif untuk mencari crash cost dan cost slope terhadap kegiatan yang berada di lintasan kritis. Dengan lembur maksimal, pelaksanaan proyek dapat dipercepat 163,48 hari dari durasi awal 570 hari. Untuk pengurangan durasi proyek maksimal menjadi 406,52 hari, biaya proyek mengalami penurunan sebesar Rp.15.704.286.188,26, dimana nilai total proyek awal sebesar Rp Rp.200.354.028.655,00 menjadi Rp.184.649.742.466,74. Dengan penambahan tenaga kerja biaya total proyek mengalami penurunan sebesar Rp.23.148.356.133,46 sehingga menjadi Rp.177.205.672.521,54.

Kata Kunci: Percepatan Durasi, Gedung, Penambahan Jam Kerja, Penambahan Tenaga Kerja

Abstract

Systematic project management is needed so that the project implementation time is in accordance with the work contract or even completed faster. The alternative acceleration used is to make a comparison between the addition of working time (overtime hours) with the addition of labor in the Mall building construction project in Cibinong. This goals to determine the comparison of project implementation costs between the two acceleration alternatives. The analysis begins with the preparation of a network using Microsoft Office Project 2016. Then calculations are carried out using the time cost trade off method against both alternatives to find crash costs and cost slopes for activities that are on a critical trajectory. With maximum overtime, project implementation can be accelerated to 163.48 days from the initial duration of 570 days. For a reduction in the maximum project duration of 406.52 days, the project cost decreased by Rp.15,704,286,188.26, where the total value of the initial project was Rp.200,354,028,655.00 to Rp.184,649,742,466.74. With the addition of labor, the total cost of the project decreased by Rp.23,148,356,133.46 to Rp.177,205,672,521.54.

Keywords: Duration Acceleration, Building, Additional Working Hours, Additional Labor

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan hanya satu kali dan umumnya dengan jangka waktu yang pendek. Perkembangan proyek konstruksi saat ini menjadikan suatu proyek semakin rumit dan kompleks, karena di dalam proyek yang besar dan kompleks membutuhkan sumber daya yang dapat digunakan untuk penyelesaian dari awal hingga akhir suatu proyek.

Semakin besar suatu proyek maka akan semakin banyak masalah yang ada dan harus diselesaikan. Dimulai dari perencanaan sumber daya seperti tenaga kerja, biaya dan waktu. Jika terjadi masalah dan tidak segera ditangani dengan cepat dan benar, akan menimbulkan berbagai masalah lain muncul seperti pembiayaan yang membengkak, pemborosan sumber daya dan lain sebagainya. Masalah-masalah tersebut dapat dicegah dengan memperhatikan jadwal waktu yang menunjukkan kapan berlangsungnya setiap kegiatan proyek sehingga sumber daya manusia dapat disediakan pada waktu yang tepat dan setiap komponen kegiatan dapat dimulai pada waktu yang tepat juga.

Pelaksanaan proyek konstruksi membutuhkan aspek-aspek yang dapat mendukung dalam kesuksesan suatu proyek, antara lain yaitu waktu dan biaya. Waktu dan biaya ini merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolak ukur keberhasilan proyek

biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan pengeluaran biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu dari hasil pekerjaan. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat, sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan.

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimisasi sangat penting untuk diketahui. Dari waktu dan biaya yang optimal maka kontraktor proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*Resources*). Hal itu menuntut untuk menggunakan metode yang tepat dalam mengoptimalkan sumber daya yang ada.

Penelitian ini membahas percepatan pada proyek pembangunan Mall di Cibinong yang berlokasi di jalan Tegar Beriman No.1 Pakansari Cibinong, Bogor - Jawa Barat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah membandingkan antara penambahan waktu kerja (lembur) dengan penambahan tenaga kerja, kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui pengaruh percepatan terhadap biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Percepatan durasi bermaksud untuk memperpendek jadwal penyelesaian pekerjaan proyek dengan kenaikan biaya proyek yang minimal.

Penulisan penelitian ini bertujuan sebagai berikut: (1) Menganalisis perubahan biaya dan waktu akibat penambahan jam kerja atau lembur pada proyek konstruksi. (2) Menganalisis perubahan biaya dan waktu akibat penambahan tenaga kerja pada proyek konstruksi. (3) Menghasilkan biaya dan waktu menggunakan metode penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan penjelasan permasalahan yang ada dalam pengerjaannya, maka rumusan masalah antara lain: (1) Berapa besar perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan jam kerja atau lembur? (2) Berapa besar perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan tenaga kerja? (3) Berapa hasil biaya dan waktu akibat penambahan jam kerja dan tenaga kerja?

Dalam penelitian ini, pembahasan akan dibatasi pada permasalahan dengan ruang lingkup sebagai berikut: (1) Studi kasus yang diambil adalah proyek pembangunan Gedung Mall di Cibinong. (2) Hari kerja proyek: Senin – Sabtu mulai jam kerja 08:00 WIB hingga jam 17:00 WIB dengan durasi istirahat selama 1 jam dimulai pukul 12:00 – 13:00 WIB dan maksimum lembur adalah 3 jam kerja dari pukul 17:00 – 20:00. (3) Resource yang diperhitungkan dalam penelitian adalah mandor, kepala tukang dan pekerja. (4) Penghitungan percepatan waktu proyek menggunakan alternatif variasi penambahan jam kerja atau lembur dan penambahan tenaga kerja. (5) Perhitungan Optimasi biaya dan waktu dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan *software* Microsoft Excel 2016.

Langkah yang bisa dilakukan untuk mempersingkat durasi penyelesaian proyek adalah dengan menambah waktu kerja (lembur). Penambahan waktu kerja (lembur) paling sering dilakukan karena dapat memberdayakan sumber daya yang telah tersedia dalam proyek, hanya dengan mengefisienkan biaya tambahan yang wajib dikeluarkan kontraktor. Normalnya waktu kerja pada proyek konstruksi adalah 7 jam, mulai pukul 08.00 sampai pukul 16.00 dengan waktu istirahat pukul 12.00 sampai 13.00. Kemudian waktu kerja tambahan dilakukan setelah waktu kerja normal habis. Pada umumnya menambahkan waktu kerja (lembur) dapat dilaksanakan dengan menambah 1 sampai 3 jam sesuai waktu yang diperlukan. Semakin tinggi penambahan waktu kerja menyebabkan nilai produktivitas meningkat dan kinerja menurun.

Berdasarkan uraian diatas didapatkan persamaan sebagai berikut:

1. Produktivitas harian = Volume Durasi Normal (1)
2. Produktivitas per jam = Produktivitas harian Waktu kerja per hari..... (2)
3. Produktivitas harian setelah *crashing* = $(c \times d) + (a \times b \times d)$ (3)

Keterangan:

- a = durasi penambahan waktu kerja (lembur)
- b = koefisien penurunan produktivitas
- c = waktu kerja per hari
- d = produktivitas per jam

4. $Crash\ Duration = Volume\ Produktivitas\ harian\ sesudah\ crash..... (4)$

Terdapat cara perhitungan tenaga pekerja, adapun perhitungannya sebagai berikut:

1. Jumlah tenaga kerja normal = Koefisien tenaga kerja x volume Durasi normal..... (5)
2. Jumlah tenaga kerja percepatan = Koefisien tenaga kerja x volume Durasi percepatan..... (6)

Berdasarkan persamaan diatas dapat diketahui jumlah dari tenaga kerja normal dan jumlah tenaga kerja setelah ditambah karena optimasi durasi proyek.

Melaksanakan penambahan waktu kerja tentu akan memberikan tambahan biaya upah pekerja. Berdasarkan pada keputusan Kemnakertrans Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 diperhitungkan bahwa biaya penambahan tenaga pekerja dapat bervariasi. Bayaran untuk waktu kerja tambahan selama satu jam pertama para pekerja mendapatkan tambahan gaji 1,5 gaji per jam pada waktu kerja normal. Untuk penambahan waktu kerja selanjutnya maka pekerja akan mendapat bayaran dua kali gaji per jam pada waktu kerja normal

1. Biaya normal pekerja per hari = Produktivitas harian x Harga satuan upah pekerja..... (7)
2. Biaya normal pekerja per jam = Produktivitas per jam x Harga satuan upah pekerja..... (8)
3. Biaya lembur pekerja = 1,5 x upah per jam normal untuk penambahan waktu kerja pertama + 2 x n x upah per jam normal untuk penambahan waktu kerja berikutnya..... (9)

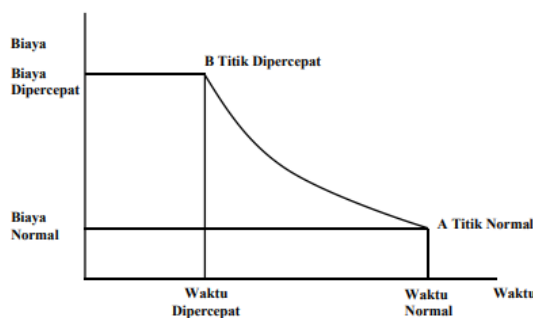
dengan:

n = total penambahan waktu kerja (lembur)

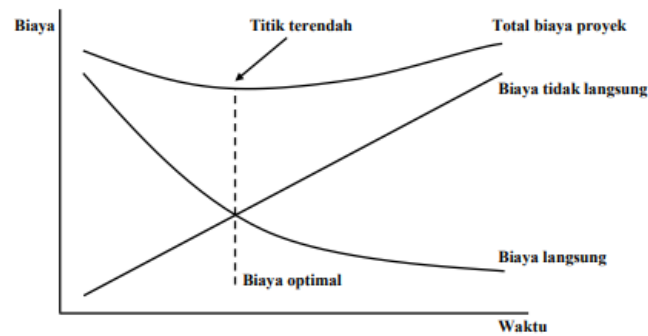
4. $Crash\ cost\ pekerja\ per\ hari = (jam\ kerja\ per\ hari\ x\ biaya\ normal\ pekerja) + (n\ x\ biaya\ lembur\ per\ jam)..... (10)$
5. $Cost\ slope = (Crash\ Cost - Durasi\ normal)/(Durasi\ normal - durasi\ crash)..... (11)$

Jumlah akhir biaya proyek sama dengan penjumlahan dari seluruh biaya langsung maupun biaya tidak langsung. Jumlah akhir ini sendiri sangat tergantung dari proses penyelesaian proyek itu sendiri. Korelasi antara biaya dan waktu terdapat pada gambar (2) Pada titik A dalam gambar menunjukkan kondisi normal proyek, kemudian pada titik B dalam gambar menunjukkan kondisi proyek yang sudah dipercepat. Garis yang menyambungkan antara dua titik tersebut disebut dengan kurva waktu dan biaya.

Gambar 1 memberikan penjelasan bahwa semakin banyak penambahan waktu kerja lembur maka otomatis semakin cepat pula waktu penyelesaian proyek. Akan tetapi dapat memberikan biaya tambahan yang harus dikeluarkan menjadi semakin besar. Pada gambar 2 menjelaskan hubungan biaya langsung, tidak langsung dan total biaya keseluruhan dalam grafik, dapat terlihat untuk biaya yang optimum diperoleh dengan melihat total biaya proyek yang paling rendah.



Gambar 1 Grafik korelasi antara waktu dan biaya normal kemudian dipersingkat untuk sebuah kegiatan



Gambar 2 Grafik korelasi antara waktu dengan total biaya, biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya optimal

METODOLOGI PENELITIAN

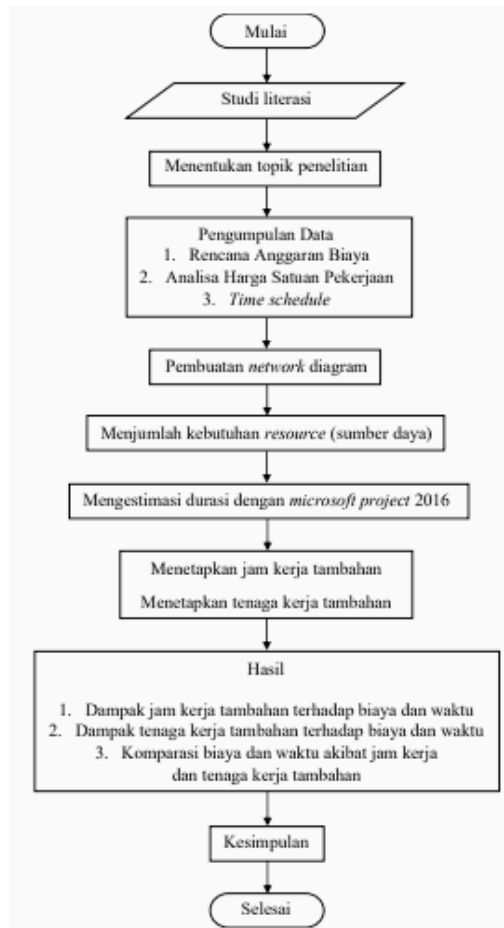
Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan gedung Mall di Cibinong tepatnya di Jl. Tegar Beriman No.1, Pakansari, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16915.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dimana data yang diperoleh berasal dari instansi terkait yang dapat disebut sebagai data sekunder meliputi time schedule dan rencana anggaran biaya dan data primer meliputi hasil wawancara dengan pihak kontraktor dan pekerja. Pada langkah pengumpulan informasi serta data terkait proyek ini merupakan bagian yang sangat penting untuk kelancaran penelitian yang akan dilakukan. Terdapat 2 variabel yang memiliki pengaruh besar dalam penelitian ini, adapun variabel tersebut adalah: (1) Variabel Waktu Dalam variabel waktu, data yang diperlukan sebagai berikut: a. Data kurva-S (*time schedule*) yang memuat: - Daftar setiap item pekerjaan. - Durasi pada setiap item pekerjaan. (2) Variabel Biaya Dalam variabel biaya, data yang diperlukan sebagai berikut: Rencana anggaran biaya (RAB) yang memuat: - Detail biaya pekerjaan. - Data harga material dan upah. - Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP).

Dalam menganalisis data di penelitian ini, peneliti menggunakan aplikasi Microsoft Project 2016 sebagai alat pengolah data berupa jadwal pekerjaan, menentukan harga sesuai dengan harga rencana berdasarkan data yang sudah diterima ke dalam aplikasi yang kemudian akan dilakukan perhitungan dengan otomatis. Dalam penginputan data sebagai tahap menganalisis percepatan durasi proyek yang terdiri dari tahap perencanaan jadwal dan biaya (*baseline*), serta menuliskan durasi dengan menambah jam kerja (lembur).

Dalam sebuah penelitian yang akan dilakukan tentu terdapat rangkaian proses yang tersusun secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur, hal ini dilakukan agar penelitian memberikan hasil yang sesuai dengan harapan. Tahapan yang harus diperhatikan sebagai berikut:

- Tahap 1: Tahap persiapan
Melaksanakan studi literatur sebelum menjalankan penelitian guna memperdalam disiplin ilmu terkait topik penelitian untuk mencapai pemahaman yang baik sehingga hasil penelitian sesuai harapan.
- Tahap 2: Pengumpulan data
Dalam menjalankan penelitian membutuhkan data untuk kelancaran, berikut data yang dibutuhkan: (1) Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). (2) Rencana Anggaran Biaya (RAB). (3) *Time schedule* (Kurva-S)
- Tahap 3: Pemaparan dan Pengkajian
Pemaparan dalam penelitian ini menggunakan aplikasi Microsoft Project 2016 dengan memasukkan data perencanaan proyek. Kemudian fokus utama dalam analisa pada kegiatan kritis untuk mempercepat durasi proyek sehingga mendapatkan *output* berupa durasi dan biaya yang optimal. Setelah *output* didapatkan, dilakukan perbandingan data antara sebelum dan sesudah dilakukan analisa.
- Tahap 4: Kesimpulan
Langkah akhir penelitian ini berupa sebuah kesimpulan yang dapat memberikan keputusan akhir dalam menentukan hasil yang paling efisien.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daftar Kegiatan Kritis

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dari Microsoft Project 2016, terdapat daftar kegiatan - kegiatan kritis yang kemudian akan dipercepat. Adapun daftarnya sebagai berikut:

Tabel 1 Daftar Kegiatan Kritis

Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)	Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)
1.1	Bekisting Pelat Lantai P1	14	3.3	Beton Balok P3	18
1.2	Pembesian Pelat Lantai P1	28	3.4	Bekisting Pelat Lantai P3	14
1.3	Beton Pelat Lantai P1	18	3.5	Pembesian Pelat Lantai P3	28
1.4	Bekisting Kolom P1	14	3.6	Beton Pelat Lantai P3	18
1.5	Pembesian Kolom P1	28	3.7	Bekisting Kolom P3	14
1.6	Beton Kolom P1	18	3.8	Pembesian Kolom P3	28
2.1	Bekisting Balok P2	14	3.9	Beton Kolom P3	18
2.2	Pembesian Balok P2	28	4.1	Bekisting Balok P4	14
2.3	Beton Balok P2	18	4.2	Pembesian Balok P4	28
2.4	Bekisting Pelat Lantai P2	14	4.3	Beton Balok P4	18
2.5	Pembesian Pelat Lantai P2	28	4.4	Bekisting Pelat Lantai P4	14
2.6	Beton Pelat Lantai P2	18	4.5	Pembesian Pelat Lantai P4	28
2.7	Bekisting Kolom P2	14	4.6	Beton Pelat Lantai P4	18
2.8	Pembesian Kolom P2	28	4.7	Bekisting Kolom P4	14
2.9	Beton Kolom P2	18	4.8	Pembesian Kolom P4	28
3.1	Bekisting Balok P3	14	4.9	Beton Kolom P4	18
3.2	Pembesian Balok P3	28	5.1	Bekisting Balok P5	14

Tabel 1 Daftar Kegiatan Kritis (Lanjutan)

Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)	Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)
5.2	Pembesian Balok P5	28	8.2	Pembesian Balok P8	28
5.3	Beton Balok P5	18	8.3	Beton Balok P8	18
5.4	Bekisting Pelat Lantai P5	14	8.4	Bekisting Pelat Lantai P8	14
5.5	Pembesian Pelat Lantai P5	28	8.5	Pembesian Pelat Lantai P8	28
5.6	Beton Pelat Lantai P5	18	8.6	Beton Pelat Lantai P8	18
5.7	Bekisting Kolom P5	14	8.7	Bekisting Kolom P8	14
5.8	Pembesian Kolom P5	28	8.8	Pembesian Kolom P8	28
5.9	Beton Kolom P5	18	8.9	Beton Kolom P8	18
6.1	Bekisting Balok P6	14	9.1	Bekisting Balok LT2	14
6.2	Pembesian Balok P6	28	9.2	Pembesian Balok LT2	28
6.3	Beton Balok P6	18	9.3	Beton Balok LT2	18
6.4	Bekisting Pelat Lantai P6	14	9.4	Bekisting Pelat Lantai LT2	14
6.5	Pembesian Pelat Lantai P6	28	9.5	Pembesian Pelat Lantai LT2	28
6.6	Beton Pelat Lantai P6	18	9.6	Beton Pelat Lantai LT2	18
6.7	Bekisting Kolom P6	14	9.7	Bekisting Kolom LT2	14
6.8	Pembesian Kolom P6	28	9.8	Pembesian Kolom LT2	28
6.9	Beton Kolom P6	18	9.9	Beton Kolom LT2	18
7.1	Bekisting Balok P7	14	10.1	Bekisting Balok LT2	14
7.2	Pembesian Balok P7	28	10.2	Pembesian Balok LT2	28
7.3	Beton Balok P7	18	10.3	Beton Balok LT2	18
7.4	Bekisting Pelat Lantai P7	14	10.4	Bekisting Pelat Lantai LT2	14
7.5	Pembesian Pelat Lantai P7	28	10.5	Pembesian Pelat Lantai LT2	28
7.6	Beton Pelat Lantai P7	18	10.6	Beton Pelat Lantai LT2	18
7.7	Bekisting Kolom P7	14	10.7	Bekisting Kolom LT2	14
7.8	Pembesian Kolom P7	28	10.8	Pembesian Kolom LT2	28
7.9	Beton Kolom P7	18	10.9	Beton Kolom LT2	18
8.1	Bekisting Balok P8	14			

(Sumber: *Time Schedule* PT.C)

Penambahan Jam Kera (Lembur)

Dalam pelaksanaan proyek mall ini durasi kerja normal dalam sehari selama 8 jam (08.00 – 17.00) dan waktu istirahat selama 1 jam (12.00 – 13.00). Durasi lembur maksimal 3 jam (17.00 – 19.00) dengan pertimbangan peraturan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor KEP.102/MEN/VI/2004.

Tabel 2 Upah Tenaga Kerja

No	Pekerja/ Alat	Biaya normal per hari (Rp)	Biaya normal per jam (Rp)
1.	Kepala Tukang	135.000	16.875
2.	Mandor	150.000	18.750
3.	Pekerja	120.000	15.000

(Sumber: Wawancara)

Setelah mengetahui biaya normal per jam, selanjutnya dihitung biaya lembur per jam. Contoh perhitungan upah lembur untuk *resoucre name* mandor:

- Lembur 1 jam
= Koefisien upah jam lembur 1 jam pertama x Biaya normal per jam
= 1,5 x Rp.18.750,00 = Rp.28.125,00
- Lembur 2 jam
= (Koefisien upah jam lembur 1 jam pertama x Biaya normal per jam) + (Koefisien upah jam lembur lebih dari 1 jam x (Durasi lembur setelah 1 jam pertama x Biaya normal per jam))
= (1,5 x Rp.18.750,00) + (2 x (1 x Rp.18.750,00)) = Rp.65.625,00

- Lembur 3 jam
 = (Koefisien upah jam lembur 1 jam pertama x Biaya normal per jam) + (Koefisien upah jam lembur lebih dari 1 jam x (Durasi lembur setelah 1 jam pertama x Biaya normal per jam))
 = (1,5 x Rp.18.750,00) + (2 x (2 x Rp.18.750,00)) = Rp.103.125,00

Tabel 3 Upah Lembur Tenaga Kerja

No	Pekerja/ Alat	Biaya normal per jam (Rp)	Biaya Lembur		
			1	2	3
1.	Kepala Tukang	16.875,00	25.312,50	59.062,50	92.812,00
2.	Mandor	18.750,00	28.125,00	65.625,00	103.125,00
3.	Pekerja	15.000,00	22.500,00	52.500,00	82.500,00

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah menghitung biaya lembur, kemudian masuk ke tahap *crashing*. Tahap *crashing* yaitu tahap percepatan durasi untuk kegiatan kritis. Dalam perhitungan ini terdapat faktor produktivitas kerja untuk setiap jam lembur. Produktivitas jam lebur 1 jam per hari sebesar 90%, 2 jam per hari sebesar 80% dan 3 jam per hari sebesar 70%.

Durasi yang dapat dipercepat berdasarkan lembur 1 jam.

Rumus:

$$\text{Volume} = (\sum pp \times pn \times \text{jam lembur}) + (pn \times \text{jam kerja normal})$$

Keterangan:

pp = penurunan produktivitas kerja

pn = produktivitas normal per jam

Data:

Pekerjaan = Pembesian Pelat Lantai P1

Volume = 195.856,43 kg

Durasi normal = 28 hari

Jam kerja normal = 8 jam

Produktivitas per hari = volume/durasi normal = 195.856,43/28 hari = **6.994,87 kg/hari**

Produktivitas per jam = produktivitas per hari jam kerja normal = 6.994,87/8 jam = **874,36 kg/jam**

Maksimal percepatan = 195.856,43/((0,9 x 874,36 x 1)+(874,36 x 8)) = **25,17 hari**

Durasi yang dapat dipercepat berdasarkan lembur 2 jam.

Rumus

$$\text{Volume} = (\sum pp \times pn \times \text{jam lembur}) + (pn \times \text{jam kerja normal})$$

Keterangan:

pp = penurunan produktivitas kerja

pn = produktivitas normal per jam

Data:

Volume = 195.856,43 kg

Durasi normal = 28 hari

Jam kerja normal = 8 jam

Produktivitas per hari = volume/durasi normal = 195.856,43/28 hari = **6.994,87 kg/hari**

Produktivitas per jam = produktivitas per hari jam kerja normal = 6.994,87/8 jam = **874,36 kg/jam**

Maksimal percepatan = 195.856,43/((0,8 x 874,36 x 1)+(0,9 x 874,36 x 1)+(874,36 x 8)) = **23,09 hari**

Durasi yang dapat dipercepat berdasarkan lembur 3 jam.

Rumus:

$$\text{Volume } (\sum pp \times pn \times \text{jam lembur}) + (pn \times \text{jam kerja normal})$$

Keterangan:

pp = penurunan produktivitas kerja

pn = produktivitas normal per jam

Data:

Volume = 195.856,43 kg

Durasi normal = 28 hari

Jam kerja normal = 8 jam

Produktivitas per hari = volume/durasi normal = 195.856,43/28 hari = **6.994,87 kg/hari**Produktivitas per jam = produktivitas per hari jam kerja normal = 6.994,87/8 jam = **874,36 kg/jam**Maksimal percepatan = 195.856,43/(0,7 x 874,36 x 1)+(0,8 x 874,36 x 1)+(0,9 x 874,36 x 1)+(874,36 x 8) = **21,54 hari****Analisis Biaya Percepatan**

- **Perhitungan Waktu Normal**

Pekerjaan: Pembesian Pelat Lantai P1

Volume: 195.856,43 kg

Durasi Normal: 28 hari

Tabel 4 Kebutuhan Material

Material	Satuan	Koefisien	Harga Satuan
Besi beton (polos/ulir)	kg	10,500	Rp.12.000,00
Kawat beton	kg	0,150	Rp.19.500,00

(Sumber: SNI 7394-2008)

Keperluan material = volume pembesian x koefisien

- Besi beton (polos/ulir)

$$\begin{aligned} \text{Keperluan material} &= 195.856,43 \text{ kg} \times 10,500 \\ &= 205.649,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kawat beton

$$\begin{aligned} \text{Keperluan material} &= 195.856,43 \text{ kg} \times 0,150 \\ &= 2.937,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berikutnya dilakukan perhitungan biaya dengan menggunakan perhitungan berikut:

Harga material = jumlah material x harga satuan

- Besi beton (polos/ulir)

$$\begin{aligned} \text{Harga material} &= 205.649,25 \text{ kg} \times \text{Rp.12.000,00} \\ &= \text{Rp.2.467.791.000,00} \end{aligned}$$

- Kawat beton

$$\begin{aligned} \text{Harga material} &= 2.937,84 \text{ kg} \times \text{Rp.19.500,00} \\ &= \text{Rp.57.287.880,00} \end{aligned}$$

Maka total harga material = Rp.2.467.791.000,00 + Rp.57.287.880,00 = Rp.2.525.078.880,00

Tabel 5 Keperluan Tenaga Kerja

Tenaga kerja	Satuan	Koefisien	Harga Satuan
Kepala Tukang	OH	0,017	Rp.135.000
Mandor	OH	0,017	Rp.150.000
Pekerja	OH	0,353	Rp.120.000

(Sumber: SNI 7394-2008)

Berikut cara menentukan kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan pembesian pelat lantai P1:

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \text{volume} \times \text{koefisien durasi}$$

- Kepala tukang

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = 195.856,43 \text{ kg} \times 0,01728 = 11,89 \text{ orang/hari}$$

- Mandor

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = 195.856,43 \text{ kg} \times 0,01728 = 11,89 \text{ orang/hari}$$

- Pekerja

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = 195.856,43 \text{ kg} \times 0,35428 = 246,92 \text{ orang/hari}$$

Berikutnya dilakukan perhitungan biaya dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{Harga tenaga kerja} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga satuan}$$

- Kepala tukang

$$\text{Harga tenaga kerja} = 11,89 \times \text{Rp}.135.000,00 = \text{Rp}.1.605.150,00$$

- Mandor

$$\text{Harga tenaga kerja} = 11,89 \times \text{Rp}.150.000,00 = \text{Rp}.1.783.500,00$$

- Pekerja

$$\text{Harga tenaga kerja} = 246,92 \times \text{Rp}.120.000,00 = \text{Rp}.29.630.400,00$$

$$\begin{aligned} \text{Maka total harga tenaga kerja} &= \text{Rp}.1.605.150,00 + \text{Rp}.1.783.500,00 + \text{Rp}.29.630.400,00 \\ &= \text{Rp}.33.019.050,00/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{total harga material} + (\text{total harga tenaga kerja} \times \text{durasi}) \\ &= \text{Rp}.3.449.619.325,00 \end{aligned}$$

• Perhitungan Lembur 1 Jam

$$\text{Harga tenaga kerja lembur 1 jam} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga lembur}$$

$$\text{- Kepala tukang} = 11,89 \times \text{Rp}.25.312,50 = \text{Rp}.301.001,29$$

$$\text{- Mandor} = 11,89 \times \text{Rp}.28.125,00 = \text{Rp}.335.476,35$$

$$\text{- Pekerja} = 246,92 \times \text{Rp}.22.500,00 = \text{Rp}.5.555.700,00$$

$$\text{Total upah percepatan 1 jam} = \text{Rp}.6.192.177,64$$

Maka total upah percepatan 1 jam/ hari

$$= \text{total upah percepatan 1 jam} + \text{total upah normal per hari}$$

$$= \text{Rp}.6.192.177,64 + \text{Rp}.33.019.050,00 = \text{Rp}.39.211.227,60/\text{hari}$$

Total upah percepatan 1 jam

$$= \text{total harga material} + (\text{total upah percepatan} \times \text{durasi percepatan})$$

$$= \text{Rp}.2.525.078.880,00 + (\text{Rp}.39.211.227,60 \times 25,17) = \text{Rp}.3.512.025.479,00$$

• Perhitungan Lembur 2 Jam

$$\text{Harga tenaga kerja lembur 2 jam} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga lembur}$$

$$\text{- Kepala tukang} = 11,89 \times \text{Rp}59.062,50 = \text{Rp}.699.890,63$$

$$\text{- Mandor} = 11,89 \times \text{Rp}65.625,00 = \text{Rp}.777.656,25$$

$$\text{- Pekerja} = 246,92 \times \text{Rp}52.500,00 = \text{Rp}.12.963.300,00$$

$$\text{Total upah percepatan 2 jam} = \text{Rp}.14.440.846,90$$

Maka total upah percepatan 2 jam/hari

$$= \text{total upah percepatan 2 jam} + \text{total upah normal per hari}$$

$$= \text{Rp}.14.440.846,90 + \text{Rp}.33.019.050,00 = \text{Rp}.47.459.896,90/\text{hari}$$

Total upah percepatan 2 jam

$$= \text{total harga material} + (\text{total upah percepatan} \times \text{durasi percepatan})$$

$$= \text{Rp}.2.525.078.880,00 + (\text{Rp}.47.459.896,90 \times 23,09) = \text{Rp}.3.620.927.889,42$$

- **Perhitungan Lembur 3 Jam**

Harga tenaga kerja lembur 3 jam = jumlah tenaga kerja x harga lembur

- Kepala tukang = $11,89 \times \text{Rp}92.812,50 = \text{Rp}.1.103.540,63$
- Mandor = $11,89 \times \text{Rp}103.125,00 = \text{Rp}.1.226.156,25$
- Pekerja = $246,92 \times \text{Rp}82.500,00 = \text{Rp}.20.370.900,00$
- Total upah percepatan 3 jam = $\text{Rp}.22.700.596,88$

Maka total upah percepatan 3 jam/hari

- = total upah percepatan 3 jam + total upah normal per hari
- = $\text{Rp}.22.700.596,88 + \text{Rp}.38.531.050,00 = \text{Rp}.55.719.646,88/\text{hari}$

Total upah percepatan 3 jam

- = total harga material + (total upah percepatan x durasi percepatan)
- = $\text{Rp}.2.525.078.880,00 + (\text{Rp}.55.719.646,88 \times 21,54) = \text{Rp}. \text{Rp}3.725.289.171,32$

Analisis Cost Variance, Cost Slope dan Duration Variance

Cost Variance

Kegiatan = Pembesian pelat lantai P1

Biaya normal = $\text{Rp}.3.449.619.325,00$

- Biaya percepatan
 - 1 jam = $\text{Rp}.3.512.005.157,12$
 - 2 jam = $\text{Rp}.3.621.051.381,70$
 - 3 jam = $\text{Rp}.3.725.289.171,32$
- Selisih biaya (*Cost Variance*)
 - 1 jam = $\text{Rp}.3.512.005.157,12 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 = \text{Rp}.62.385.832,12$
 - 2 jam = $\text{Rp}.3.621.051.381,70 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 = \text{Rp}.171.432.056,69$
 - 3 jam = $\text{Rp}.3.725.289.171,32 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 = \text{Rp}.275.669.846,31$

Duration Variance

Duration Variance = Durasi Normal – Durasi Percepatan

Pekerjaan = Pembesian pelat lantai P1

Durasi Normal = 28 hari

- Lembur 1 jam
 - Durasi Percepatan = 25,17 hari
 - Duration Variance* = $28 \text{ hari} - 25,17 \text{ hari} = 2,83 \text{ hari}$
- Lembur 2 jam
 - Durasi Percepatan = 23,09 hari
 - Duration Variance* = $28 \text{ hari} - 23,09 \text{ hari} = 4,91 \text{ hari}$
- Lembur 3 jam
 - Durasi Percepatan = 21,54 hari
 - Duration Variance* = $28 \text{ hari} - 21,54 \text{ hari} = 6,46 \text{ hari}$

Cost Slope

- Lembur 1 jam
 - Slope* = biaya percepatan – biaya normal durasi normal – durasi percepatan
 - Slope* = $\text{Rp}.3.512.005.157,12 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 \text{ } 28 - 25,17 = \text{Rp}.22.044.463,65$
- Lembur 2 jam
 - Slope* = biaya percepatan – biaya normal durasi normal – durasi percepatan
 - Slope* = $\text{Rp}.3.621.051.381,70 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 \text{ } 28 - 23,09 = \text{Rp}.34.914.879,16$
- Lembur 3 jam
 - Slope* = biaya percepatan – biaya normal durasi normal – durasi percepatan
 - Slope* = $\text{Rp}.3.725.289.171,32 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 \text{ } 28 - 21,54 = \text{Rp}. 42.673.350,82$

Biaya Langsung Dan Tidak Langsung

Dalam proyek konstruksi terdapat dua jenis biaya yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung adalah elemen biaya yang memiliki kaitan langsung dengan volume pekerjaan yang sudah ada dalam item pembayaran yang menjadi komponen permanen akhir proyek. Sedangkan biaya tidak langsung adalah elemen biaya yang tidak terkait langsung dengan volume komponen permanen akhir proyek, tapi memiliki kontribusi terhadap penyelesaian proyek. (Laksana dkk - 2014).

Untuk menghitung biaya tidak langsung dapat menggunakan hasil dari pemodelan biaya dengan metode regresi non linier menggunakan algoritma genematika, berikut persamaannya:

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

dengan:

x1 = nilai proyek

x2 = durasi pelaksanaan proyek

maka:

$$y = -0,95 - (4,888(\ln(\text{Rp}.200.354.028.655 - 0,21) - \ln(570))) + \varepsilon \quad y = 0,162 \\ = 16,2\%$$

Biaya tidak langsung

$$= 16,2\% \times \text{Rp}.200.354.028.655 \\ = \text{Rp}.32.457.352.642,11$$

Biaya tidak langsung/hari

$$= \text{biaya tidak langsung/durasi normal proyek} \\ = \text{Rp}.32.457.352.642,11/570 = \text{Rp}.56.942.723,93$$

Biaya langsung

$$= \text{biaya total proyek} - \text{biaya tidak langsung} \\ = \text{Rp}.200.354.028.655 - \text{Rp}.32.457.352.642,11 = \text{Rp}167.896.676.012,89$$

Berikut contoh perhitungan biaya tidak langsung dan biaya langsung terhadap pekerjaan kritis akibat percepatan proyek dengan durasi lembur 1 – 3 jam.

Kegiatan = Pembesian pelat lantai P1

Biaya tidak langsung

- Lembur 1 jam
= $(\text{Rp}32.092.349.781,70 \times 560,76)/563,59 = \text{Rp}31.931.201.872,96$
- Lembur 2 jam
= $(\text{Rp}32.033.129.348,81 \times 557,64) / 562,55 = \text{Rp}31.753.540.574,29$
- Lembur 3 jam
= $(\text{Rp}31.988.714.024,14 \times 555,31) / 561,77 = \text{Rp}31.620.864.027,53$

Biaya langsung

Biaya langsung lembur = biaya langsung sebelumnya + cost variance

- Lembur 1 jam
= $\text{Rp}.167.897.296.055,83 + \text{Rp}.62.385.832,12 = \text{Rp}.167.959.681.887,95$
- Lembur 2 jam
= $\text{Rp}.167.898.373.895,11 + \text{Rp}.171.432.056,69 = \text{Rp}.168.069.805.951,80$
- Lembur 3 jam
= $\text{Rp}.167.899.398.739,26 + \text{Rp}.275.669.846,31 = \text{Rp}.168.175.068.585,57$

Total Biaya

Total biaya merupakan hasil penjumlahan dari biaya tidak langsung dan biaya langsung. Berikut contoh perhitungan biaya total.

Pekerjaan: pembesian pelat lantai P1

Biaya total = biaya tidak langsung lembur + biaya langsung lembur

- Lembur 1 jam
= Biaya tidak langsung lembur 1 jam + biaya langsung lembur 1 jam
= Rp.31.931.201.872,96 + Rp.167.959.681.887,95 = Rp.199.890.883.760,91
- Lembur 2 jam
= Biaya tidak langsung lembur 2 jam + biaya langsung lembur 2 jam
= Rp.31.753.540.574,29 + Rp.168.069.805.951,80 = Rp.199.823.346.526,09
- Lembur 3 jam
= Biaya tidak langsung lembur 3 jam + biaya langsung lembur 3 jam
= Rp.31.620.864.027,53 + Rp.168.175.068.585,57 = Rp.199.795.932.613,10

Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

Efisiensi waktu merupakan perbandingan antara selisih durasi normal dengan durasi kumulatif kegiatan yang dinyatakan dalam bentuk persen (%).

Kegiatan: Pembesian pelat lantai P1

- Lembur 1 jam
Efisiensi waktu
= (masa konstruksi – durasi kumulatif/masa konstruksi) x 100%
= $570 - 560,76 / 570 \times 100\% = 1,62\%$
Efisiensi biaya
= (nilai kontrak – total biaya/nilai kontrak) x 100%
= $(Rp.200.354.028.655 - Rp.199.890.883.760,91 / Rp.200.354.028.655) \times 100\% = 0,23\%$
- Lembur 2 jam
Efisiensi waktu
= (masa konstruksi – durasi kumulatif/masa konstruksi) x 100%
= $570 - 557,64 / 570 \times 100\% = 2,17\%$
Efisiensi biaya
= (nilai kontrak – total biaya/nilai kontrak) x 100%
= $(Rp.200.354.028.655 - Rp.199.823.346.526,09 / Rp.200.354.028.655) \times 100\% = 0,26\%$
- Lembur 3 jam
Efisiensi waktu
= (masa konstruksi – durasi kumulatif/masa konstruksi) x 100%
= $570 - 555,31 / 570 \times 100\% = 2,58\%$
Efisiensi biaya
= (nilai kontrak – total biaya/nilai kontrak) x 100%
= $(Rp.200.354.028.655 - Rp.199.795.932.613,10 / Rp.200.354.028.655) \times 100\% = 0,28\%$

Penambahan Tenaga Kerja

Analisis Biaya Penambahan Tenaga Kerja

Volume = 195.856,43 kg

Durasi normal = 28 hari

Tabel 6 Keperluan Tenaga Kerja

Tenaga kerja	Satuan	Koefisien	Harga Satuan
Kepala Tukang	OH	0,017	Rp.135.000
Mandor	OH	0,017	Rp.150.000
Pekerja	OH	0,353	Rp.120.000

(Sumber: SNI 7394-2008)

Perhitungan jumlah tenaga kerja dan upah tenaga kerja

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = (\text{Koefisien} \times \text{volume}) \text{ durasi}$$

$$\text{Upah tenaga kerja} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga upah}$$

Durasi normal

- Pekerja
Jumlah tenaga kerja = (Koefisien x volume)/durasi = $(0,353 \times 195.856,43) / 28 = 246,92$ orang/hari

Upah tenaga kerja = $246,92 \times \text{Rp}.120.000,00 = \text{Rp}.29.630.400,00/\text{hari}$

- Mandor
Jumlah tenaga kerja = (Koefisien x volume) durasi = $(0,017 \times 195.856,43) 28 = 11,89 \text{ orang/hari}$
Upah tenaga kerja = $11,89 \times \text{Rp}.150.000,00 = \text{Rp}.1.783.500,00/\text{hari}$
- Kepala tukang
Jumlah tenaga kerja = (Koefisien x volume) durasi = $(0,017 \times 195.856,43) 28 = 11,89 \text{ orang/hari}$
Upah tenaga kerja = $11,89 \times \text{Rp}.135.000,00 = \text{Rp}.1.605.150,00/\text{hari}$

Total upah tenaga kerja pada durasi normal
= $\text{Rp}.29.630.400,00 + \text{Rp}.1.783.500,00 + \text{Rp}.1.605.150,00 = \text{Rp}.33.019.050,00/\text{hari}$

Durasi percepatan 25,17 hari

- Pekerja
Jumlah tenaga kerja = (Koefisien x volume) durasi = $(0,353 \times 195.856,43) 25,17 = 274,68 \text{ orang/hari}$
Upah tenaga kerja = $274,68 \times \text{Rp}.120.000,00 = \text{Rp} 32.961.773,66/\text{hari}$
- Mandor
Jumlah tenaga kerja = (Koefisien x volume) durasi = $(0,017 \times 195.856,43) 25,17 = 13,23 \text{ orang/hari}$
Upah tenaga kerja = $13,23 \times \text{Rp}.150.000,00 = \text{Rp}.1.984.500,00/\text{hari}$
- Kepala tukang
Jumlah tenaga kerja = (Koefisien x volume) durasi = $(0,017 \times 195.856,43) 25,17 = 13,23 \text{ orang/hari}$
Upah tenaga kerja = $13,23 \times \text{Rp}.135.000,00 = \text{Rp}.1.786.050,00/\text{hari}$

Total upah tenaga kerja pada durasi percepatan 25,17 hari
= $\text{Rp}.32.961.773,66 + \text{Rp}.1.984.500,00 + \text{Rp}.1.786.050,00 = \text{Rp}.36.732.323,70/\text{hari}$

Selisih biaya upah = upah durasi percepatan – upah durasi normal
= $\text{Rp}.36.732.323,70 - \text{Rp}.33.019.050,00 = \text{Rp}.3.712.273,70$

Analisis Cost Variance, Duration Variance, dan Cost Slope

Cost Variance

Kegiatan = Pembesian pelat lantai P1

Biaya normal = $\text{Rp}.3.449.619.325,00$

Durasi normal = 28 hari

- Biaya percepatan
1 jam = $\text{Rp}.3.449.619.325,00$
2 jam = $\text{Rp}.3.449.619.325,00$
3 jam = $\text{Rp}.3.449.619.325,00$
- Selisih biaya (*Cost Variance*)
1 jam = $\text{Rp}.3.449.619.325,00 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 = \text{Rp}.0,00-$
2 jam = $\text{Rp}.3.449.619.325,00 - \text{Rp}.3.449.619.325,000 = \text{Rp}.0,00-$
3 jam = $\text{Rp}.3.449.619.325,00 - \text{Rp}.3.449.619.325,000 = \text{Rp}.0,00-$

Duration Variance

- Lembur 1 jam
= $28 \text{ hari} - 25,17 \text{ hari} = 2,83 \text{ hari}$
- Lembur 2 jam
= $28 \text{ hari} - 23,09 \text{ hari} = 4,91 \text{ hari}$
- Lembur 3 jam
= $28 \text{ hari} - 21,54 \text{ hari} = 6,46 \text{ hari}$

Cost Slope

- Durasi 25,17 hari
Slope = biaya percepatan – biaya normal durasi normal – durasi percepatan
Slope = $\text{Rp}.3.449.619.325,00 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 28 - 25,17 = \text{Rp}.0,00-$
- Durasi 23,09 hari
Slope = biaya percepatan – biaya normal durasi normal – durasi percepatan
Slope = $\text{Rp}.3.449.619.325,00 - \text{Rp}.3.449.619.325,00 28 - 23,09 = \text{Rp}.0,00-$

- Durasi 21,54 hari
 $Slope = \text{biaya percepatan} - \text{biaya normal durasi normal} - \text{durasi percepatan}$
 $Slope = \text{Rp.3.449.619.325,00} - \text{Rp.3.449.619.325,00} - 28 - 21,54 = \text{Rp.0,00-}$

Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Biaya tidak langsung

$$= 16,2\% \times \text{Rp.200.354.028.655}$$

$$= \text{Rp.32.457.352.642,11}$$

Biaya tidak langsung/hari

$$= \text{biaya tidak langsung/durasi normal proyek} = \text{Rp.32.457.352.642,11}/570$$

$$= \text{Rp.56.942.723,93}$$

Biaya langsung

$$= \text{biaya total proyek} - \text{biaya tidak langsung}$$

$$= \text{Rp.200.354.028.655} - \text{Rp.32.457.352.642,11}$$

$$= \text{Rp.167.896.676.012,89}$$

Total Biaya

Biaya total = biaya tidak langsung lembur + biaya langsung lembur

- Durasi 25,17
 $= \text{Biaya tidak langsung durasi 25,17} + \text{biaya langsung durasi 25,17}$
 $= \text{Rp.31.931.201.872,96} + \text{Rp.167.896.676.012,89}$
 $= \text{Rp. 199.827.877.885,85}$
- Durasi 23,09
 $= \text{Biaya tidak langsung durasi 23,09} + \text{biaya langsung durasi 23,09}$
 $= \text{Rp.31.753.540.574,29} + \text{Rp.167.896.676.012,89}$
 $= \text{Rp. 199.650.216.587,18}$
- Durasi 21,54
 $= \text{Biaya tidak langsung durasi 21,54} + \text{biaya langsung durasi 21,54}$
 $= \text{Rp.31.620.864.027,53} + \text{Rp.167.896.676.012,89}$
 $= \text{Rp. 199.517.540.040,42}$

Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

Kegiatan: Pembesian Pelat Lantai P1

- Durasi Normal: 28 hari
- Durasi 25,17 hari
 Efisiensi waktu
 $= (\text{masa konstruksi} - \text{durasi kumulatif}/\text{masa konstruksi}) \times 100\% = 570 - 560,76 / 570 \times 100\%$
 $= 1,62\%$
 Efisiensi biaya
 $= (\text{nilai kontrak} - \text{total biaya}/\text{nilai kontrak}) \times 100\%$
 $= \text{Rp.200.354.028.655} - \text{Rp.199.827.877.885,85} / \text{Rp.200.354.028.655} \times 100\% = 0,26\%$
- Durasi 23,09 hari
 Efisiensi waktu
 $= \text{masa konstruksi} - \text{durasi kumulatif}/\text{masa konstruksi} \times 100\% = 570 - 557,64 / 570 \times 100\%$
 $= 2,17\%$
 Efisiensi biaya
 $= (\text{nilai kontrak} - \text{total biaya}/\text{nilai kontrak}) \times 100\%$
 $= \text{Rp.200.354.028.655} - \text{Rp.199.650.216.587,18} / \text{Rp.200.354.028.655} \times 100\% = 0,35\%$
- Durasi 21,54 hari
 Efisiensi waktu
 $= (\text{masa konstruksi} - \text{durasi kumulatif}/\text{masa konstruksi}) \times 100\% = 570 - 555,31 / 570 \times 100\%$
 $= 2,58\%$

Efisiensi biaya

$$= (\text{nilai kontrak} - \text{total biaya}/\text{nilai kontrak}) \times 100\%$$

$$= \text{Rp.200.354.028.655} - \text{Rp.199.517.540.040,42} / \text{Rp.200.354.028.655} \times 100\% = 0,42\%$$

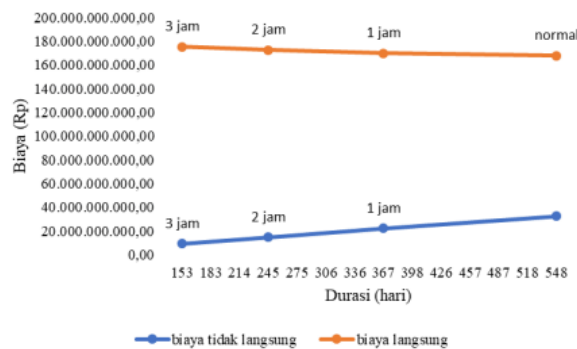
Perbandingan Penambahan Jam Lembur dengan Penambahan Tenaga Kerja

Setelah mendapatkan hasil analisis penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja, selanjutnya dilakukan perbandingan antara penambahan jam lembur dengan waktu lembur 1 – 3 jam dan penambahan tenaga kerja dengan durasi penjadwalan mengikuti perubahan durasi akibat lembur 1 – 3 jam.

Tabel 7 Perbandingan Biaya Langsung Dan Tidak Langsung Penambahan Jam Kerja

No	Penambahan Jam Kerja	Durasi (hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
1	Normal	570	167.896.676.012,89	32.457.352.642,11
2	1 Jam	389,03	169.849.102.074,96	22.152.427.891,86
3	2 Jam	259,95	172.531.116.861,16	14.802.261.086,52
4	3 Jam	163,48	175.340.745.958,09	9.308.996.508,65

Sumber: Hasil Perhitungan

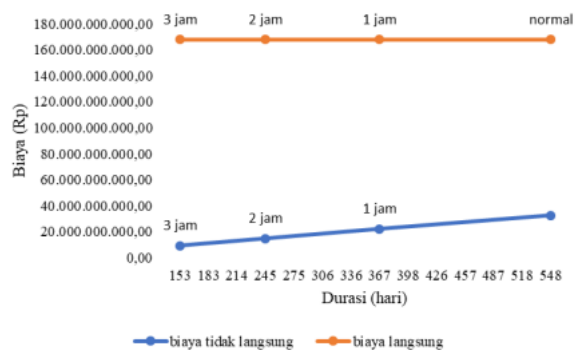


Gambar 4 Grafik Biaya Langsung dan Tidak Langsung Penambahan Jam Kerja

Tabel 8 Perbandingan Biaya Langsung Dan Tidak Langsung Penambahan Tenaga Kerja

No	Penambahan Tenaga Kerja	Durasi (hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
1	Normal	570	167.896.676.012,89	32.457.352.642,11
2	1 Jam	389,03	167.896.676.012,89	22.152.427.891,86
3	2 Jam	259,95	167.896.676.012,89	14.802.261.086,52
4	3 Jam	163,48	167.896.676.012,89	9.308.996.508,65

Sumber: Hasil Perhitungan

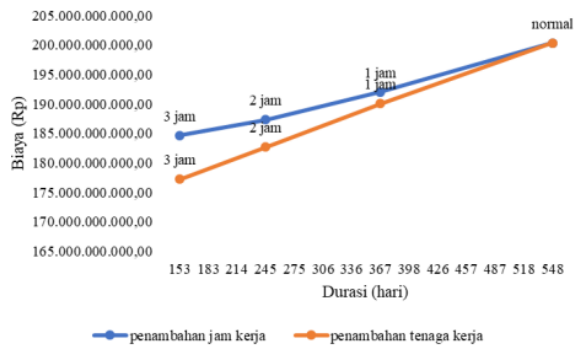


Gambar 5 Grafik Biaya Langsung dan Tidak Langsung Penambahan Tenaga Kerja

Tabel 9 Perbandingan Biaya Normal Dengan Biaya Penambahan Jam Lembur Dan Penambahan Tenaga Kerja Mengikuti Durasi Penjadwalan Akibat Lembur

No	Penambahan tenaga	Durasi (hari)	Biaya penambahan jam lembur (Rp)	Biaya penambahan tenaga kerja (Rp)
1	Normal	570	200.354.028.655,00	200.354.028.655,00
2	1 Jam	389,03	192.001.529.966,82	190.049.103.904,75
3	2 Jam	259,95	187.333.377.947,68	182.698.937.099,41
4	3 Jam	163,48	184.649.742.466,74	177.205.672.521,54

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 6 Grafik perbandingan biaya penambahan jam lembur dan biaya penambahan tenaga kerja

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil pengolahan data, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada proyek pembangunan gedung Mall di Cibinong dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu dan biaya proyek setelah penambahan jam lembur pada kondisi normal adalah 570 hari dengan total biaya Rp.200.354.028.655,00. Pada penambahan jam kerja (lembur) 1 jam, durasi proyek mengalami percepatan menjadi 390 hari dengan total biaya Rp.192.001.529.966,82. Pada kondisi penambahan jam kerja (lembur) 2 jam, durasi proyek mengalami percepatan menjadi 260 hari dengan total biaya Rp.187.333.377.947,68. Pada penambahan jam kerja (lembur) 3 jam, durasi proyek mengalami percepatan menjadi 164 hari dengan total biaya Rp.184.649.742.466,74.
2. Waktu dan biaya proyek setelah penambahan tenaga kerja pada kondisi normal adalah 570 hari dengan total biaya Rp.200.354.028.655,00. Pada penambahan tenaga kerja setara lembur 1 jam, durasi proyek mengalami percepatan menjadi 390 hari dengan total biaya Rp.190.049.103.904,75. Pada kondisi penambahan jam kerja (lembur) 2 jam durasi proyek mengalami percepatan menjadi 260 hari dengan total biaya Rp.182.698.937.099,41. Pada kondisi penambahan tenaga kerja setara lembur 3 jam durasi proyek mengalami percepatan menjadi 164 hari dengan total biaya Rp.177.205.672.521,54.
3. Dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) 3 jam, selisih total biaya adalah Rp.15.704.286.188,26 dan selisih durasi 407 hari. Sedangkan pada penambahan tenaga kerja, dengan menambahkan tenaga kerja setara lembur 3 jam selisih total biaya adalah Rp.23.148.356.133,46 dan selisih durasi 407 hari. maka opsi penambahan tenaga kerja setara lembur 3 jam lebih efektif karena total biaya yang dikeluarkan lebih murah.

SARAN

1. Dalam melakukan penelitian ini sebaiknya mengetahui kondisi lapangan secara langsung agar lebih memahami dalam pembuatan hubungan kerja pada aplikasi Microsoft Project agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
2. Setelah melakukan percepatan pada lintasan kritis, harus melakukan analisa ulang terhadap keseluruhan kegiatan untuk mengetahui perubahan lintasan kritis akibat percepatan lintasan kritis sebelumnya.
3. Data yang digunakan harus lengkap agar mempermudah dalam melakukan penelitian ini.

4. Ketelitian saat melakukan analisa dengan menggunakan Microsoft Project atau Microsoft Excel sangat penting, karena jika dalam melakukan perhitungan terjadi kesalahan akan mempengaruhi hasil akhir secara keseluruhan.
5. Dalam menginput data harus dilakukan pengecekan ulang agar menghindari kesalahan dalam menganalisis.
6. Dalam mempercepat suatu kegiatan harus mempertimbangkan mutu atau bahan khususnya umur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 102 tahun 2004 tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Soeharto, I., 1999, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I Edisi Kedua. Erlangga: Jakarta.
- Laksana, A.W., Prasetyo, H.S., Wibowo, M.A., dan Hidayat, A., 2014, Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa *Crash Program*. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3 (3), 747-759.
- Al Zakina, B.L., 2017, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Radioterapy Center Rumah Sakit Umum Pusat Dr Kariyadi, Jl. Dr. Soetomo, Semarang, Jawa Tengah)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Yoni, I.A.M., Warsika, I.P.D., dan Sudipta, I.G.K., 2013, Perbandingan Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur) dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkiuh). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17 (2), 129-138
- Priyo, M., dan Sumanto, A., 2016, Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Konstruksi 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.
- Frederika, A., 2010, Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14 (2), 113- 126.
- Novitasari, V., 2014, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung, Desa Aik Rayak, Tanjung Pandan)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Chusairi, M., dan Suryanto, M., 2015, Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung Baru Tipe B SMPN Baru Siwalankerto. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2 (1), 9-15.
- Izzah, N., 2017, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT.X. *Jurnal Rekayasa*, 10 (1), 51-58.
- Wowor, F.N., 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.
- Adjie, A.S., 2016, *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Kontruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Twin Building UMY (Lantai Dasar-Lantai Atap))*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Narowi, M., dan Pristiana, U., 2016, Analisis Pernjadwalan Proyek untuk Mengoptimalkan Waktu dan Biaya Penyelesaian pada PT.Dimensi Arsitektur Indonesia. *Jurnal Ekonomi Managemen*, 1 (1), 1-16.
- Ardika, O.P.C., Sugiyarto., dan Handayani, F.S., 2014, Analisis *Time Cost Trade Off* dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A). *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 273-280.
- Rahayu, A., 2017, *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Kontruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Pekerjaan Proyek Pembangunan Hotel Tosan Solo Baru (Lantai 5 – Lantai 9))*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

- Maddepungeng, A., Suryani, I., dan Hermawan, D., 2015, Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (*Time Cost Trade Off*) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten). *Jurnal Fondasi*, 4 (1), 20- 27.
- Andhita, A.P., dan Dani, H., 2017, *Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartemen Project dengan menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO)*. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 3 (3), 47-55.
- Zisma Syofianda, M.Z., 2018, *Studi Optimasi Biaya Dan Waktu Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Pembangunan Gedung Ruang Rawat Rumah Sakit Umum Kardinah Kota Tegal*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.