

Contents list available at [journal.uib.ac.id](http://journal.uib.ac.id)**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Jurnal Penelitian

## Analisis Optimasi Waktu dan Biaya pada Konstruksi Bangunan Gedung Menggunakan Metode Time Cost Trade Off

### Analysis of Time and Cost Optimization in Building Construction Using Time Cost Trade Off Method

Firyaa Nabila<sup>1</sup><sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Mangku WiyataEmail korespondensi: [firyaaalnabila1232@mangkuwiyata.ac.id](mailto:firyaaalnabila1232@mangkuwiyata.ac.id)

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p><b>Kata kunci:</b> Keterlambatan, Denda, Tenaga Kerja</p>	<p>Pembangunan konstruksi baik gedung maupun jalan memiliki beberapa faktor keberhasilan. Salah satu faktor yang berpengaruh ialah mengenai ketepatan waktu penyelesaian proyek dan biaya yang dikeluarkan sesuai dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang telah disusun pada saat perencanaan. Banyak proyek yang mengalami kendala keterlambatan waktu penyelesaian, apabila proyek tersebut terlambat selesainya maka akan terkena denda. Jadi perlu dilakukannya perhitungan yang sesuai agar pelaksanaan konstruksi dapat berjalan berdasarkan perencanaan awal. Maka dari penjelasan tersebut penelitian ini dilaksanakan dengan menganalisis optimasi waktu dan biaya menggunakan salah satu metode yaitu <i>Time Cost Trade Off</i> dengan menghitung waktu pelaksanaan tercepat dan biaya yang dikeluarkan paling minim. Didapatkan hasil dari penelitian ini ialah, dengan penambahan jam kerja 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 106 hari dan biaya yang dikeluarkan menurun menjadi Rp. 2.722.750.086. Sementara itu apabila ditambah pekerja setara dengan penambahan jam kerja 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 106 hari dan biaya juga mengalami penurunan menjadi Rp. 2.720.684.806. Untuk penambahan jam kerja 3 jam durasi proyek menjadi 59 hari dan biaya menjadi Rp. 2.552.212.214. Sementara itu apabila ditambah pekerja setara dengan penambahan jam kerja 3 jam durasi proyek sama menjadi 59 hari namun biayanya mengalami penurunan menjadi Rp. 2.545.208.046. Dapat disimpulkan dari penelitian ini dengan mempercepat waktu penyelesaian proyek maka biaya total akan menurun dan yang paling efisien dengan penambaham tenaga kerja daripada penambahan jam kerja (lembur). Hal ini dilakukan agar proyek tersebut tidak mengalami keterlambatan dan mendapatkan denda.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Keywords:</b> <i>Lateness, Penalty, Workforce</i></p>	<p><i>The construction of both buildings and roads has several success factors. One of the influencing factors is the timely completion of the project and the costs incurred in accordance with the Budget Plan (RAB) that was prepared during planning. Many projects experience problems with delays in completion time, if the project is completed late then they will be subject to fines. So it is necessary to carry out appropriate calculations so that construction implementation can proceed based on the initial planning. For this reason, this research was carried out by analyzing time and cost optimization using one method, namely Time Cost Trade Off, by calculating the fastest implementation time and the minimum costs incurred. The results obtained from this research are that, by increasing the working hours by 1 hour, the project duration is reduced to 106 days and the cost decreases to Rp. 2,722,750,086, 05. Meanwhile, if workers are added equivalent to an additional 1 hour of working hours, the project duration is reduced to 106 days and costs also decrease to Rp. 2,720,684,806.69. For additional working hours of 3 hours, the project duration becomes 59 days and the cost becomes Rp. 2,552,212,214, 71. Meanwhile, if you add workers equivalent to adding 3 hours of work, the project duration will be 59 days, but the cost will decrease to Rp. 2,545,208,046.33. It can be concluded from this research that by speeding up the project completion time, total costs will decrease and it is most efficient to increase labor rather than increase working hours (overtime). This is done so that the project does not experience delays and incur fines.</i></p>

## 1. Pendahuluan

Kegiatan sementara yang berlangsung dengan tujuan khusus dalam *range* waktu tertentu dan memiliki sumber dana yang bertujuan untuk menghasilkan suatu bentuk dapat diartikan sebagai proyek [1]. Proyek Pembangunan konstruksi jalan maupun gedung dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang berpengaruh ialah mengenai ketepatan waktu penyelesaian proyek dan biaya yang dikeluarkan sesuai dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang telah disusun pada saat perencanaan. Hal ini harus diperhatikan dengan benar agar tidak terjadi keterlambatan pada proyek tersebut. Karena apabila proyek mengalami keterlambatan maka akan ada denda sesuai dengan kesepakatan awal pada saat perencanaan proyek tersebut [2].

Kendala – kendala yang tidak bisa kita perkirakan dalam proyek konstruksi seperti faktor cuaca yang mengganggu jalan proyek, ataupun keterlambatan kedatangan material, pekerjaan tenaga kerja yang kurang maksimal. Untuk mengatasi keterlambatan proyek tersebut dapat dilakukan dengan percepatan dalam pelaksanaan. Bisa dengan menambah jam kerja (lembur) tiap tenaga kerja ataupun menambahkan jumlah tenaga kerjanya. Akan tetapi dalam penambahan tersebut tidak dapat dilakukan dengan sembarangan karena bisa membuat biaya proyek konstruksi tersebut mengalami kenaikan ataupun penurunan [3].

Dari permasalahan yang telah dijelaskan diatas maka tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis optimasi biaya dan waktu yang dibutuhkan pada proyek konstruksi gedung dengan mencari hubungan percepatan proyek konstruksi dan biaya yang akan berubah karena percepatan proyek tersebut menggunakan salah satu metode yaitu TCTO atau *Time Cost Trade Off*.

## 2. Tinjauan Pustaka

Proyek Konstruksi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan atau pekerjaan yang memiliki persyaratan – persyaratan khusus dalam pelaksanaannya dan terdapat tujuan akhir yang jelas. Dalam hal ini persyaratan dalam pelaksanaan harus dilakukan diawal meliputi biaya, mutu yang digunakan, dan waktu penyelesaian. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi tidak luput dari peran tenaga kerja. Produktivitas tenaga kerja harus diperhitungkan selama pelaksanaan proyek konstruksi, Agar dapat meminimalisir biaya yang ada. Produktivitas ini dapat diartikan sebagai perbandingan antara hasil yang didapatkan dengan sumberdaya manusia yang dibutuhkan [4].

Berdasarkan Undang – Undang Republik Indonesia No 13 Tahun 2003 menjelaskan bahwa jam kerja untuk pekerja swasta dibagi menjadi 2 yaitu 8 Jam kerja. Yang digunakan pada proyek konstruksi ialah 8 jam dihitung mulai dari jam 08.00 sampai dengan 17.00. terdapat waktu istirahat dari 12.00 sampai dengan 13.00. Namun jam kerja ini bisa berubah bagaimana kebijakan yang tersedia. Apabila pekerjaan dilakukan diatas jam tersebut maka termasuk dengan penambahan jam kerja atau lembur. Penambahan jam kerja / lembur ini akan berdampak pada produktivitas tenaga kerjanya dan biaya yang dikeluarkan akan bertambah [5].

Pada proyek konstruksi memerlukan biaya yang tidak sedikit, pembagian fungsi dari biaya ini dikelompokkan menjadi dua yaitu, biaya langsung atau *direct cost* dan biaya tidak langsung atau *indirect cost*. Biaya tidak langsung diartikan sebagai biaya yang secara tidak langsung berhubungan dengan proyek konstruksi namun peranya juga penting dalam pendanaan proyek tersebut, contoh dari biaya tidak langsung ialah keuntungan atau profit, pajak, biaya *overhead*, biaya tidak terduga. Pada pelaksanaan biaya tidak langsung ini haruslah dipersiapkan. Sedangkan biaya langsung merupakan biaya yang langsung berhubungan pelaksanaan pekerjaan proyek kotruksi tersebut, seperti biaya tenaga kerja, biaya material, biaya peralatan yang digunakan. Dalam hal ini biaya langsung dapat dihitung dengan menghitung volume kebutuhan dan harga satuan pekerjaan dari proyek konstruksi tersebut [6].

Terdapat tiga fase dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang terdiri atas, *behind of shchedule*, *on schedule* dan *upper schedule*. Dari ketiga fase tersebut yang paling baik ialah pelaksanaan *on schedule*. Namun apabila pada pelaksanaannya mengalami keterlambatan atau berada di fase *behind of schedule*

maka proyek kontruksi tersebut harus dilakukan percepatan atau *crashing project*. *Crashing Project Time* merupakan percepatan waktu kegiatan proyek dari waktu normal yang telah direncanakan dalam Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Ketika dilakukan percepatan maka akan berdampak pada biaya dan waktu [7]. Ketika dilakukannya percepatan, biaya proyek bisa mengalami kenaikan maupun penurunan hal ini dipengaruhi waktu pekerjaan dan sistematika pekerjaannya maka diperlukan perencanaan agar biaya dan waktu dapat dioptimalkan dengan baik [8]. Salah satu metode yang digunakan untuk perhitungan antara hubungan biaya dan waktu ialah *Time Cost Trade Off*. Dengan melakukan perhitungan ini maka pelaksanaan proyek kontruksi dapat diminimalisir hal – hal yang tidak terduga [9]. Metode TCTO ini dilakukan dengan menambahkan beberapa variable yang akan digunakan untuk perhitungan setelah ditambah variable tersebut maka ditentukanlah durasi proyek kontruksi yang paling optimum[10].

Apabila proyek kontruksi tersebut dibiarkan dalam fase *behind of schedule* maka proyek tersebut akan mengalami keterlambatan dan kontraktor akan mendapatkan denda atau pinalti yang telah disepakati oleh pihak pihak yang bersangkutan [11]. Berdasarkan pada Peraturan Lembaga Kebijakan pengadaan barang dan jasa pemerintah No 12 Tahun 2021 (Perlem 12 Tahun 2021) disebutkan bawah denda/pinalti pada keterlambatan proyek kontruksi berupa sanksi finansial kepada penyedia dalam hal ini ialah kontraktor [12].

### 3. Metode Penelitian

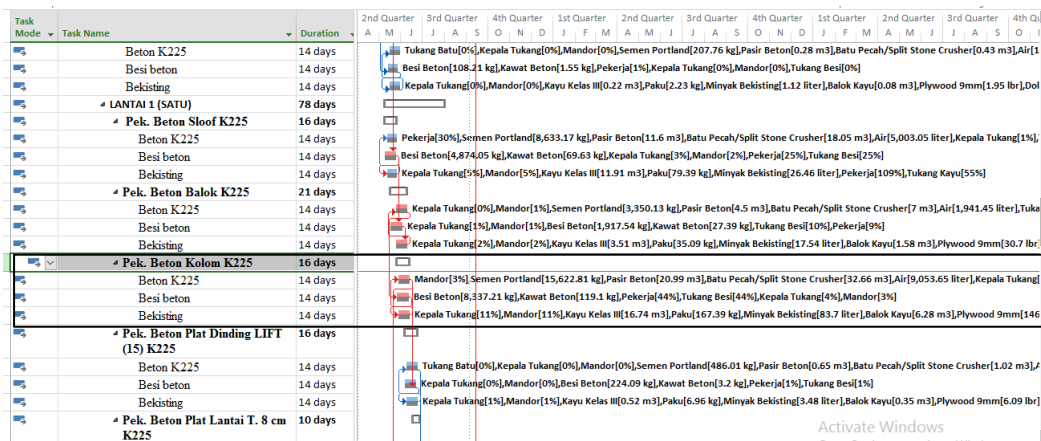
Pada penelitian ini menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Data – data yang diperlukan untuk menganalisis perhitungan ialah sebagai berikut,

- Lokasi penelitian : Gedung baru SMK Negeri 5 Tanjung Pinang, Provinsi Riau
- Analisis Data : Metode yang digunakan ialah perhitungan TCTO (*Time Cost Trade Off*)
- Software : *Microsoft Project, Microsoft Excel*

Pada perhitungan di *software Microsot Project* didapatkan hasil lintasan kritis pada proyek kontruksi tersebut. Lintasan kritis merupakan kegiatan yang mungkin akan mengalami keterlambatan. Apabila kegiatan tersebut terlambat maka akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek kontruksi yang telah direncanakan. Maka dari itu haruslah menganalisis menggunakan metode TCTO agar proyek tersebut tidak mengalami keterlambatan. Pada penelitian ini metode TCTO digunakan dengan menambah jam kerja/lembur selama 1 jam dan 3 jam. Kemudian juga menambah tenaga kerja yang senilai dengan penambahan jam kerja/lembur.

### 4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukkan penginputan data pada *Microsoft Project* didapatkan hasil kegiatan yang masuk dalam lintasan kritis. Gambar 1. Merupakan contoh kegiatan kritis yang di tampilkan di *Microsoft Project*.



Gambar 1. Hasil registar yang masuk kondisi kritis di *Microsot Project*

Tabel. 1 Kegiatan – kegiatan yang masuk dalam lintasan kritis

No	Pekerjaan yang Dilakukan	Kode
1	Pekerjaan Pembesian Kolom No 1A pada Lantai 1	PK1AL1
2	Pekerjaan Bekisting Kolom No 1A pada Lantai 1	BK1AL1
3	Pekerjaan Bekisting Plat Lantai pada Lantai 1	BPL1
4	Pekerjaan Pembesian Kolom No 1A pada Lantai 2	BK1AL2
5	Pekerjaan Bekisting Kolom No 2A pada Lantai 3	BK1AL3
6	Pekerjaan Bekisting Kolom No 2A pada Lantai 1BK2AL3	BK2AL3
7	Pekerjaan Bekisting Plat Lantai pada Lantai 4	BPL4
8	Pekerjaan Bekisting Kolom No 1A pada Lantai 4	BK1AL4

Pada tabel 1. Di atas merupakan data – data kegiatan yang masuk dalam lintasan kritis. Sebagai salah satu penjelasan perhitungan menggunakan pekerjaan pembesian Kolom K1A pada lantai 1 (PK1AL1).

#### 4.1. Analisis Biaya

Biaya pekerja berbeda untuk tiap daerahnya bergantung pada peraturan yang dikeluarkan setiap daerah. Berdasarkan pada Standar Satuan Harga (SSH) Kabupaten Bintan masing – masing tenaga kerja memiliki biaya perharinya berbeda sesuai dengan kinerja sebagai berikut:

Tabel 2. Biaya Tenaga Kerja

Jenis Pekerja	Biaya Normal per Hari (Rp)	Biaya Normal per Jam (Rp)
Pekerja	Rp.95.000	Rp.11.875
Kepala Tukang Kayu	Rp.120.000	Rp.15.000
Kepala Tukang Besi	Rp.120.000	Rp.15.000
Kepala Tukang Batu	Rp.120.000	Rp.15.000
Mandor	Rp.125.000	Rp.15.625
Tukang Besi	Rp.110.000	Rp.13.750
Tukang Kayu	Rp.110.000	Rp.13.750
Tukang Batu	Rp.110.000	Rp.13.750

- a. Biaya Lembur, dengan menghitung biaya lembur maka akan didapatkan hasil upah yang harus dibayarkan pada tenaga kerja yang mengalami *overtime*/lembur. Untuk mendapatkan biaya lembur tiap jamnya ialah dengan cara sebagai berikut,  
Biaya lembur 1 jam = 1,5 x biaya normal perjam sedangkan untuk  
Biaya lembur 3 jam = 1,5 x biaya normal perjam + 2 x 2jam dikalikan dengan biaya normal perjam. Tabel 3. Dibawah ini merupakan hasil biaya jam kerja normal dan biaya lembur untuk 1

dan 3 jam pada setiap tenaga kerja. Dapat dilihat bawah penambahan biaya lembur yang signifikan terdapat ketika melakukan lembur selama 3 jam.

Tabel 3. Penambahan biaya lembur setiap tenaga kerja

Jenis Pekerja	Biaya Normal/Jam (Rp)	Biaya Lembur	
		Lembur 1 Jam	Lembur 3 Jam
Pekerja	Rp11,875.	Rp17,812.	Rp65,312.
Kepala Tukang Besi	Rp15,000.	Rp22,500.	Rp82,500.
Tukang Batu	Rp13,750.	Rp20,625.	Rp75,625.
Tukang Kayu	Rp13,750.	Rp20,625.	Rp75,625.
Kepala Tukang Kayu	Rp15,000.	Rp22,500.	Rp82,500.
Kepala Tukang Batu	Rp15,000.	Rp22,500.	Rp82,500.
Mandor	Rp15,625.	Rp23,437.	Rp85,937.
Tukang Besi	Rp13,750.	Rp20,625.	Rp75,625.

- b. Durasi Percepatan, ketika memutuskan akan menambah jam kerja/lembur maka konsekuensi yang didapatkan ialah produktivitas dari tenaga kerja akan menurun dibandingkan dengan jam kerja normalnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya ialah, kelelahan, cuaca yang kurang mendukung, ataupun cahaya penerangan karena pekerjaan dilakukan di malam hari. Penurunan produktivitas tenaga kerja untuk 1 jam lembur ialah 90% dari produktivitas normalnya sedangkan untuk 3 jam lembur menjadi 70% dari produktivitas normalnya. Sebagai contoh untuk pekerjaan pembesian Kolom K1 pada lantai 1 (PK1AL1) dengan volume pekerjaan sebesar 2615,03 kg dan durasi normal pekerjaan ialah 21 hari maka,

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{2615,03 \text{ kg}}{21 \text{ hari}} = 124,53 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produktivitas normal} = \frac{\text{Produktivitas perhari}}{\text{Jam kerja}} = \frac{124,53 \text{ kg/hari}}{8 \text{ Jam}} = 15,57 \text{ kg/jam}$$

Setelah didapatkan produktivitas normal perjamnya lalu dilanjutkan dengan menentukan durasi percepatan untuk lembur 1 dan 3 jam. Dan didapatkan hasil Durasi Percepatan untuk 1 jam ialah 18,88 hari sedangkan untuk lembur 3 jam ialah 16,15 hari. Maka maksimal percepatan/*crashing* untuk masing – masing jam lembur ialah,

$$\begin{aligned} \text{Maksimal percepatan lembur 1 jam} &= \text{Durasi Normal dikurangi Durasi Percepatan 1 Jam} \\ &= 21 \text{ hari} - 18,88 \text{ hari} \\ &= 2,12 \rightarrow 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal percepatan lembur 3 jam} &= \text{Durasi Normal dikurangi Durasi Percepatan 3 Jam} \\ &= 21 \text{ hari} - 16,15 \text{ hari} \\ &= 4,85 \rightarrow 5 \text{ hari} \end{aligned}$$

- c. Biaya Percepatan, setelah dilakukan perhitungan biaya lembur untuk 1 jam lembur dan 3 jam lembur dan durasi percepatan untuk masing – masing kegiatan kritis maka dilanjutkan dengan perhitungan biaya percepatan untuk masing masing jam lembur. Contoh kegiatan yang diambil ialah pembesian kolom lantai 1, perhitungan yang digunakan untuk durasi normal ialah,

Tabel 4. Kebutuhan Tenaga kerja dan Bahan yang digunakan

Jenis Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan
Tukang besi	OH	0,11	Rp. 13.750,00
Kepala Tukang Besi	OH	0,02	Rp. 15.000,00
Pekerja	OH	0,11	Rp. 11.875,00
Mandor	OH	0,01	Rp. 15.625,00
Tulangan besi beton	kg		Rp. 11.800,00
kawat beton	kg		Rp. 30.800,00

Kemudian menentukan biaya perhari untuk tenaga kerja dengan mengalikan jam kerja, koefisien, dan harga satuan yang ada di Tabel 4 diatas. Dan didapatkan hasil total harga tenaga kerja perhari sebesar Rp. 24. 982. Setelah mendapatkan biaya untuk tenaga kerja maka dilanjutkan dengan menghitung biaya bahan/material yang digunakan. Dengan mengalikan harga satuan dengan volume material atau bahan yang dibutuhkan dan didapatkan hasil sebesar Rp. 33. 608. 365. Maka untuk biaya total pekerjaan pembesian kolom K1 pada lantai 1 ialah,

Total biaya untuk durasi normal,

$$\begin{aligned}
 &= \text{Durasi pekerjaan} \times \text{Total biaya dari tenaga kerja} + \text{total harga material} \\
 &= 21 \times \text{Rp. 24.982} + \text{Rp33.608.365} \\
 &= \text{Rp. 34.133.005}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan biaya untuk durasi normal dilanjutkan dengan menghitung biaya untuk penambahan jam lembur 1 jam dan 3 jam. Perbedaan perhitungannya pada harga satuan yang tiap pekerja yang telah dihitung sebelumnya dan durasi percepatan untuk penambahan jam lembur 1 jam dan 3 jam dan didapatkan hasil sebagai berikut;

Tabel 5. Hasil Perhitungan dari biaya percepatan lembur

No	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Normal	Lembur 1 jam	Lembur 3 jam
1	PK1AL1	Rp34.133.005	Rp34.195.966	Rp34.269.835
2	BK1AL1	Rp25,425,822	Rp25,505,529	Rp25.663.920
3	BPL1	Rp3.207.670	Rp3.265.194	Rp3.295.240
4	BK1AL2	Rp23.102.430	Rp. 23.175.065	Rp23.320.028
5	BK1AL3	Rp23.104.433	Rp23.175.070	Rp23.320.030
6	BK2AL3	Rp6.159.122	Rp6.178.280	Rp6.220.860
7	BPL4	Rp29.580.505	Rp29.640.510	Rp29.750.767
8	BK1AL4	Rp3.629.710	Rp3.640.670	Rp3.665.190

Untuk perhitungan biaya penambahan tenaga kerja dilakukan sama dengan menambahkan tenaga kerja tanpa adanya penambahan jam kerja/lembur untuk setiap kegiatan yang masuk dalam kegiatan kritis. Hasil dari perhitungan biaya dengan penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini,

Tabel 6. Hasil Perhitungan dari biaya penambahan tenaga kerja

No	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Normal	Tenaga kerja 1	Tenaga Kerja 3
1	PK1AL1	Rp34,133,005	Rp34,180,320	Rp34,269,835
2	BK1AL1	Rp25,425,822	Rp25,448,602	Rp25,455,020
3	BPL1	Rp3.207.670	Rp3,021,859	Rp3,015,875
4	BK1AL2	Rp23.102.430	Rp. 23,141,385	Rp23,115,030
5	BK1AL3	Rp23.104.433	Rp23,151,313	Rp23,152,210
6	BK2AL3	Rp6.159.122	Rp6,179,740	Rp6,169,541
7	BPL4	Rp29.580.505	Rp29,619,570	Rp29,605,350
8	BK1AL4	Rp3.629.710	Rp3,656,951	Rp3,651,710

#### 4.2. Analisis Biaya Total

a. Biaya total akibat penambahan jam kerja/lembur

Untuk menghitung biaya total dalam pekerjaan proyek konstruksi terdapat 2 biaya yang harus diperhitungkan, biaya langsung dan biaya tidak langsung.

1) Biaya Tidak langsung didapatkan dari rumus Regresi non linier dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ biaya tidak langsung} = -0,95 \text{ dikurangi } 4,88(\ln(\text{biaya total} - 0,21) - \ln(\text{durasi total}))$$

$$\% \text{ biaya tidak langsung} = 18,515\% = 0,18515$$

Didapatkan hasil bahwa biaya tidak langsung yang ada pada proyek konstruksi tersebut sebesar 18,515% dari biaya total proyek. Maka dilanjutkan perhitungan dengan mengkalikan persentase biaya tidak langsung dengan biaya total proyek dan didapatkan hasil sebagai berikut,

$$= \% \text{ biaya tidak langsung} \times \text{biaya total proyek}$$

$$= 0,18515 \times \text{Rp. 2.856.596.198}$$

$$= \text{Rp}529.080.251$$

Untuk menghitung biaya tidak langsung pada saat dilakukannya penambahan jam kerja maka nanti akan di kumulatitkan dengan durasi yang telah di percepat untuk masing – masing pekerjaan yang termasuk kegiatan kritis dan didapatkan hasil sebagai berikut;

Tabel 7. Hasil dari perhitungan biaya tidak langsung untuk penambahan jam kerja/lembur dan penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Durasi (hari)			Biaya Tidak Langsung (Rp)
	Kondisi Normal	Percepatan	Hasil Akhir	
Durasi Normal			142	Rp 529.080.251
Durasi Lembur 1 Jam	142	36	106	Rp 391.780.199
Durasi Lembur 3 jam	142	83	59	Rp 216.401.274

2) Biaya Langsung, setelah didapatkannya biaya tidak langsung maka biaya langsung dapat diperoleh dengan mengurangi antara biaya total pekerjaan proyek konstruksi dengan biaya tidak langsung yang telah dihitung sebelumnya dan didapatkan hasil biaya langsung pada proyek tersebut sebesar, Rp. 2.328.515.947. Untuk menghitung biaya tidak langsung pada saat dilakukannya penambahan jam kerja maka nanti akan di kumulatitkan dengan durasi yang telah

di percepat untuk masing – masing pekerjaan yang termasuk kritis dan didapatkan hasil sebagai berikut;

Tabel 8. Hasil dari perhitungan biaya langsung untuk penambahan jam kerja/lembur dan penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Durasi (hari)		Hasil Akhir	Biaya Langsung (Rp)
	Kondisi Normal	Percepatan		
Durasi Normal			142	Rp. 2.327.515.947
Durasi Lembur 1 Jam	142	36	106	Rp. 2.330.969.886
Durasi Lembur 3 jam	142	83	59	Rp. 2.335.810.940

Setelah didapatkan biaya langsung dan biaya tidak langsung dari proyek konstruksi tersebut maka selanjutnya dapat dicari total biaya akibat penambahan jam kerja dan didapatkan hasil sebagai berikut,

Tabel 9. Hasil perhitungan biaya total untuk penambahan jam kerja

Jenis Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
Durasi Normal	Rp. 2.327.515.947	Rp. 529.080.251	Rp. 2.856.596.198
Durasi Lembur 1 Jam	Rp. 2.330.969.886	Rp. 391.780.199	Rp. 2.722.750.085
Durasi Lembur 3 jam	Rp. 2.335.810.940	Rp. 216.401.274	Rp. 2.552.212.214

b. Biaya total akibat penambahan tenaga kerja

Untuk menghitung biaya total dalam pekerjaan proyek konstruksi terdapat 2 biaya yang harus diperhitungkan, biaya langsung dan biaya tidak langsung.

1) Biaya Tidak langsung didapatkan dari rumus Regresi non linier dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ biaya tidak langsung} = -0,95 - 4,88(\ln(\text{biaya total} - 0,21) - \ln(\text{durasi total}))$$

$$\% \text{ biaya tidak langsung} = 18,515\% = 0,1851$$

Didapatkan hasil bahwa biaya tidak langsung yang ada pada proyek konstruksi tersebut sebesar 18,515% dari biaya total proyek. Maka dilanjutkan perhitungan dengan mengkalikan persentase biaya tidak langsung dengan biaya total proyek dan didapatkan hasil sebagai berikut,

$$= \% \text{ biaya tidak langsung} \times \text{biaya total proyek}$$

$$= 0,1851 \times \text{Rp. 2.856.596.198}$$

$$= \text{Rp}529.080.250$$

Untuk menghitung biaya tidak langsung pada saat dilakukannya penambahan tenaga kerja maka nanti akan di kumulatikan dengan durasi yang telah di percepat untuk masing – masing pekerjaan yang termasuk kritis dan didapatkan hasil sebagai berikut;



Tabel 10. Hasil perhitungan biaya tidak langsung untuk penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Durasi dalam hari		Hasil Akhir	Biaya Tidak Langsung dalam Rupiah
	Kondisi Normal	Percepatan		
Durasi Normal			142	Rp. 529.080.251
Durasi Lembur 1 Jam	142	36	106	Rp. 391.780.199
Durasi Lembur 3 jam	142	83	59	Rp. 216.401.274

- 2) Biaya Langsung, setelah didapatkannya biaya tidak langsung maka biaya langsung dapat diperoleh dengan mengurangi antara biaya total pekerjaan proyek kontruksi dengan biaya tidak langsung yang telah dihitung sebelumnya dan didapatkan hasil biaya langsung pada proyek tersebut sebesar, Rp. 2.327.515.947. Untuk menghitung biaya tidak langsung pada saat dilakukannya penambahan tenaga kerja maka nanti akan di kumulatikan dengan durasi yang telah di percepat untuk masing – masing pekerjaan yang termasuk kritis dan didapatkan hasil sebagai berikut;

Tabel 11. Hasil perhitungan biaya langsung untuk penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Durasi (hari)		Hasil Akhir	Biaya Langsung (Rp)
	Kondisi Normal	Percepatan		
Durasi Normal			142	Rp. 2.327.515.947
Durasi Lembur 1 Jam	142	36	106	Rp. 2.328.904.607
Durasi Lembur 3 jam	142	83	59	Rp. 2.328.806.771

Setelah didapatkan biaya langsung dan biaya tidak langsung dari proyek kontruksi tersebut maka selanjutnya dapat dicari total biaya akibat penambahan jam kerja dan didapatkan hasil sebagai berikut,

Tabel 12. Hasil perhitungan biaya total untuk penambahan jam kerja

Jenis Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
Durasi Normal	Rp. 2.327.515.947	Rp. 529.080.251	Rp. 2.856.596.198
Durasi Lembur 1 Jam	Rp. 2.328.904.607	Rp. 391.780.199	Rp. 2.720.684.806
Durasi Lembur 3 Jam	Rp. 2.328.806.771	Rp. 216.401.274	Rp. 2.545.208.046

#### 4.3. Perbandingan Penambahan Tenaga Kerja, dengan Penambahan Jam Kerja/Lembur

Setelah dilakukannya perhitungan diatas maka didapatkan perbedaan dari biaya total dari masing-masing penambahan jam kerja ataupun tenaga kerja. Berikut ini hasil analisis data biaya total untuk masing – masing variable:

Tabel 13. Perbandingan biaya total untuk masing – masing variabel

Jenis Pekerjaan	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
Durasi Normal	Rp. 2.856.596.198	Rp. 2.856.596.198
Durasi Lembur 1 Jam	Rp. 2.722.750.085	Rp. 2.720.684.806
Durasi Lembur 3 Jam	Rp. 2.552.212.214	Rp. 2.545.208.046

#### 4.4. Analisis Perbandingan Durasi Varian

Durasi Varian diartikan sebagai selisih diantara durasi rencana suatu pekerjaan dengan durasi setelah dilakukannya percepatan. Apabila durasi varian ini diketahui untuk masing – masing pekerjaan maka dapat ditentukan berapa denda yang ada pada proyek konstruksi tersebut apabila terjadi keterlambatan. Untuk mendapatkan nilai dari durasi varian didapatkan dari pengurangan antara durasi normal dengan durasi percepatan seperti contoh pekerjaan Pembesian Kolom 1A di lantai 1;

Durasi normalnya	= 21 hari
Durasi Untuk lembur 1 jam	= 19 hari
Durasi Untuk lembur 3 jam	= 16 hari maka,
Durasi Varian lembur 1 jam	= 21 – 19 hari = 2 hari
Durasi Varian lembur 3 jam	= 21 – 16 hari = 5 hari

#### 4.5. Analisis Biaya Denda

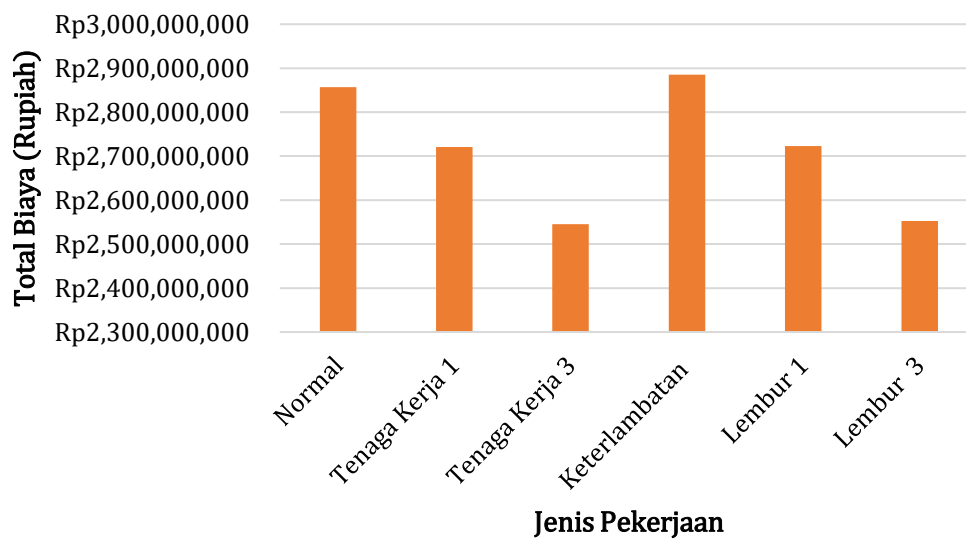
Jika suatu proyek konstruksi mengalami keterlambatan maka akan terkena denda secara financial. Perhitungan untuk denda keterlambatan penyelesaian proyek konstruksi didapatkan dari total hari keterlambatan proyek tersebut. Nilai denda dalam suatu proyek didapatkan dari satu per seribu dikalikan dengan jumlah hari keterlambatan proyek dan dikalikan dengan total keseluruhan biaya pada proyek tersebut. Semakin lama proyek konstruksi tersebut mengalami keterlambatan maka biaya dendanya akan semakin membengkak. Apabila pada proyek konstruksi tersebut mengalami keterlambatan selama 10 hari maka biaya yang harus dikeluarkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Besar denda} &= 10 \times 1/1000 \times \text{Rp } 2.856.596.198 \\ &= \text{Rp } 28.565.961,98 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan besar denda tersebut maka untuk mendapatkan hasil akhir biaya total proyek konstruksi tersebut haruslah menambahkan dengan biaya total proyek konstruksi dalam kondisi normal. Tabel 14. Dibawah ini merupakan hasil dari biaya total kondisi normal, lembur, penambahan tenaga kerja, dan juga apabila terjadinya denda.

Tabel 14. Perbandingan biaya total untuk masing – masing variabel ditambah dengan denda

Jenis Pekerjaan	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)	Biaya apabila terjadinya keterlambatan 10 hari (Rp)
Durasi Normal	Rp. 2.857.596.198	Rp. 2.857.596.198	Rp. 2.885.162.160
Durasi Lembur 1 Jam	Rp. 2.722.750.085	Rp. 2.720.684.806	
Durasi Lembur 3 Jam	Rp. 2.552.212.214	Rp. 2.545.208.046	



Gambar 2. Perbandingan hasil setiap pekerjaan

Berdasarkan Gambar 2. Diatas dengan menambahkan jam kerja / lembur selama 3 jam didapatkan hasil biaya total proyek kontruksi yang paling optimum. Sedangkan apabila proyek kontruksi tersebut mengalami keterlambatan maka biaya total dari proyek tersebut akan mengalami kenaikan yang cukup signifikan yaitu sebanyak Rp 28. 565. 962.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- Setelah dilakukkan perhitungan dengan kondisi tanpa ada keterlambatan didapatkan biaya total pekerjaan kontruksi sebesar Rp2.857.596.198 dan waktu proyek tersebut selesai selama 142 hari.
- Sementara itu dengan penambahan jam kerja 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 74,65% dan biayapun menurun menjadi 95,28% Dan apabila ditambah pekerja yang nilainya setara dengan penambahan jam kerja 1 jam durasi proyek berkurang menjadi 74,65% dan biaya juga mengalami penurunan menjadi 95,21%
- Kemudian Untuk penambahan jam kerja 3 jam durasi proyek menjadi 41,55% dan biaya menjadi 89,31%. Sementara itu apabila ditambah pekerja yang nilainya setara dengan penambahan jam kerja 3 jam durasi proyek sama menjadi 41,55% namun biayanya mengalami penurunan menjadi 89,07%
- Dapat disimpulkan dari penelitian ini dengan mempercepat waktu penyelesaian proyek maka biaya total akan menurun dan yang paling efisien dengan penambaham tenaga kerja daripada penambahan jam kerja (lembur). Hal ini dilakukan agar proyek tersebut tidak mengalami keterlambatan dan mendapatkan denda.

### 5.2. Saran

Untuk penelitian yang akan datang bisa menggunakan variabel lainya seperti penambahan jam kerja/lembur selama 2 jam, ataupun dengan menambahkan penggunaan alat berat.

**Daftar Rujukan****Jurnal**

- [1] E. A. Budianto and A. E. Husin, "Analisis Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Gudang Amunisi," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 19, no. 3, pp. 305–310, 2021.
- [2] R. Arvianto and F. Sri Handayani, "OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta)," *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, p. 69, 2017.
- [3] M. Priyo and S. Sudiro, "Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta," *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA*, vol. 20, no. 2, pp. 172–186, 2017.
- [4] D. Asmaroni and F. Zabadi, "Productivity Analysis of Construction Workers During The Tobacco Growing Season in Sampang Regency," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 4, no. 1, pp. 82–93, 2023.
- [5] T. Sumarningsih, "Pengaruh Kerja Lembur pada Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi," *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 20, no. 1, pp. 63–69, 2014.
- [6] A. Nurdiana, "ANALISIS BIAYA TIDAK LANGSUNG PADA PROYEK PEMBANGUNAN BEST WESTERN STAR HOTEL & STAR APARTEMENT SEMARANG," *TEKNIK*, vol. 36, no. 2, pp. 105–109, 2015.
- [7] D. Dwijono, "Optimalisasi Waktu Percepatan dan Biaya Kegiatan di dalam Metode Jalur Kritis dengan Pemrograman Linier," *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2017.
- [8] D. Amat Pawiro, Suharyanto, and P. Samto Atmojo, "Optimasi Biaya dan Waktu dalam Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa Universitas Diponegoro Semarang)," *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 20, no. 2, pp. 103–108, 2014.
- [9] B. Chung-Wei Feng, L. Liu, A. Member, and S. A. Burns, "STOCHASTIC CONSTRUCTION TIME-COST TRADE-OFF ANALYSIS," *JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING*, pp. 117–126, 2000.
- [10] A. Muharani, P. Mulyatno, and S. Jokosisworo, "Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dengan Metode Pendekatan Analisa Time Cost Trade Off," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 330–338, 2020.
- [11] M. Priyo and A. Sumanto, "Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana," *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA*, vol. 19, no. 1, pp. 1–15, 2016.
- [12] F. Rakasatutya, Yuslim, and H. Andora, "KEDUDUKAN DENDA KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DALAM KEPAILITAN," *UNES Journal of Swara Justisia*, vol. 7, no. 1, pp. 497–513, 2023.