

Studi Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode *Duration Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Hotel The Karanie Yogyakarta

Study of Cost and Duration Optimization Method Using Duration Cost Trade Off on Hotel Development The Karanie Yogyakarta

Beladina Sabilla, Mandiyo Priyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya sangat mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Pelaksanaan proyek konstruksi merupakan rangkaian dari kegiatan yang saling bergantung antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lainnya. Cara yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menambahkan jam kerja (lembur) dan menambahkan tenaga kerja sehingga hasil keduanya akan dibandingkan. Metode yang digunakan adalah *Metode Duration Cost Trade Off* dengan bantuan Aplikasi *Microsoft Project 2013*. Dari penelitian yang dilakukan, untuk penambahan lembur 1 jam menurun sebesar Rp 174.235.266,01 dan perubahan durasi menurun 25,52 hari. Untuk penambahan lembur 2 jam menurun sebesar Rp 245.832.845,81 dan perubahan durasi menurun 44,10 hari. Untuk penambahan lembur 3 jam menurun sebesar Rp 284.300.094,81 dan perubahan durasi menurun 58,06 hari. Sementara untuk penambahan tenaga kerja selama 1 jam menurun sebesar Rp 227.595.692.52 dan perubahan durasi menurun 25,52 hari. Untuk penambahan tenaga kerja selama 2 jam menurun sebesar Rp 393.530.743,96 dan perubahan durasi menurun 44,10 hari. Untuk penambahan tenaga kerja selama 3 jam menurun sebesar Rp 518.173.771,93 dan perubahan durasi menurun 58,06 hari. Dari analisis yang dilakukan hasil paling optimal terjadi apabila dilakukan penambahan tenaga kerja selama 3 jam yaitu Rp 10.898.716.933,09 dan durasi percepatan menjadi 91,94 hari.

Kata kunci : Duration Cost Trade Off, Microsoft Project 2013, Menambahkan jam lembur dan tenaga kerja, waktu, biaya.

Abstract. In the construction project planning, time and cost greatly affect the success and failure of a project. The implementation of a construction project is a sequence of interdependent activities between one job and another.. The way in this study is to add working hours (overtime) and add labor so that the results of both will be compared. The method used is *Duration Cost Trade Off Method* with the help of *Microsoft Project 2013 Application*. From the research conducted, for the addition of overtime 1 hour decreased by Rp 174,235,266,01 and change the duration decreased 25,52 days. For 2 hours overtime decreased by Rp 245,832,845.81 and change in duration decreased 44.10 days. For the addition of overtime 3 hours decreased by Rp 284.300.094,81 and change of duration decreased 58,06 days. While for the addition of labor for 1 hour decreased by Rp 227,595,692.52 and change the duration decreased 25.52 days. For the addition of labor for 2 hours decreased by Rp 393,530,743,96 and change of duration decreased 44,10 days. For the addition of workforce for 3 hours decreased by Rp 518,173,771,93 and change of duration decreased 58,06 days. From the analysis performed the most optimal results occur when the addition of workforce for 3 hours is Rp 10.898.716.933.09 and the duration of acceleration to 91.94 days.

Keywords: *Duration Cost Trade Off, Microsoft Project 2013, Add hours of overtime and labor, time, cost.*

1. Pendahuluan

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya sangat mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Pelaksanaan proyek konstruksi merupakan rangkaian dari kegiatan yang saling bergantung antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lainnya. Semakin besar

suatu proyek, semakin banyak juga masalah yang harus dihadapi. Pelaksanaan sebuah proyek konstruksi sangat berkaitan satu sama lain dari segi biaya dan waktu yang bila lebih cepat dari waktu yang sesuai kontrak maka akan memperoleh keuntungan dan bila terjadi keterlambatan pekerjaan akan memperoleh denda. Untuk menghindari keterlambatan

tersebut yang harus diperhatikan adalah jadwal waktu yang menunjukkan kapan berlangsungnya setiap kegiatan proyek, sehingga persiapan sumber daya dapat disediakan pada waktu yang tepat sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan.

Dalam penelitian ini telah dibatasi bahwa kegiatan percepatan durasi proyek akan dilakukan dengan penambahan jam kerja (jam lembur) dan penambahan tenaga kerja. Apabila waktu penyelesaian suatu aktivitas dipercepat, maka biaya langsung akan bertambah sedangkan biaya tidak langsung akan berkurang. Hubungan waktu dan biaya berkaitan erat dengan perubahan waktu dan biaya. Dalam hal ini faktor-faktor yang berpengaruh antara lain durasi normal (*normal duration*), durasi percepatan (*crash duration*), biaya normal (*normal duration*) serta biaya percepatan (*crash cost*) (Andhita dan Dani, 2017).

Berikut rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu antara lain, menentukan berapa besar perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, dan bagaimana perbandingan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur), biaya akibat penambahan tenaga kerja, dan biaya denda.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan waktu dan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, serta membandingkan biaya dan durasi yang optimal akibat penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, dan biaya denda.

2. Landasan Teori

Proyek

Proyek adalah suatu proses dari gabungan rangkaian aktivitas-aktivitas sementara yang mempunyai titik awal dan akhir, yang melibatkan berbagai sumber daya yang bersifat terbatas / tertentu untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan (Tjakra dan Arsjad, 2015).

Manajemen Proyek

Menurut Soeharto (1995) manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem hierarki (arus kegiatan) vertikal dan horisontal. Dari definisi tersebut terlihat bahwa manajemen proyek mengandung hal-hal pokok sebagai berikut :

- a. Menggunakan pengertian manajemen berdasarkan fungsinya, yaitu merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan yang berupa manusia, dana, dan material.
- b. Kegiatan yang dikelola berjangka pendek, dengan sasaran yang telah digariskan secara spesifik. Ini memerlukan teknik dan metode pengelolaan yang khusus, terutama aspek perencanaan dan pengendalian.
- c. Memakai pendekatan sistem (*system approach to management*).
- d. Mempunyai hierarki (arus kegiatan) horisontal di samping hierarki vertikal.

Network Planning

Network planning adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan (Ali, 1995).

Biaya Total

Komponen biaya pada proyek konstruksi dapat dibagi menjadi 2, yaitu Biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

Menurut Jayadewa (2016) biaya tidak langsung dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2)) + \varepsilon \quad (1)$$

dengan :

x_1 = Nilai total proyek

x_2 = Durasi proyek

ε = random error

y = Prosentase biaya tidak langsung

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Duration Cost Trade Off)

Penyelesaian aktivitas di dalam suatu proyek memerlukan penggunaan sejumlah sumber daya minimum dan waktu penyelesaian yang optimum, sehingga aktivitas akan dapat diselesaikan dengan biaya normal dan durasi normal. Jika suatu saat diperlukan penyelesaian yang lebih cepat, penambahan sumber daya memungkinkan pengurangan durasi proyek dari suatu normalnya, tetapi biaya yang dikeluarkan akan lebih besar lagi (Frederika, 2010).

Biaya merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena waktu penyelesaian proyek berhubungan dengan biaya proyek.

Produktivitas Pekerja

Kerja lembur dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari, tanpa menambah pekerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas akan lebih cepat.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

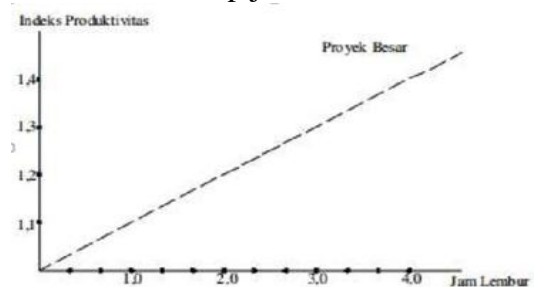
Penambahan jam kerja bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas akan lebih cepat. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode jam kerja lembur adalah :

1. Waktu kerja normal adalah 8 jam (08.00 – 17.00), sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal.
2. Harga upah pekerja untuk kerja lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 11 diperhitungkan sebagai berikut :

- Untuk jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah lembur sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah satu jam.
- Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah lembur sebesar 2 (dua) kali upah satu jam.

Salah satu pendekatan untuk mencoba mengukur hasil guna tenaga kerja adalah dengan memakai parameter indeks produktivitas. Gambar 2.1 menunjukkan indikasi penurunan produktivitas, bila jumlah jam perhari dan hari per minggu bertambah. Nilai selisih dari indeks produktivitas akibat jam lembur adalah 0,1 perjamnya atau mengalami penurunan indeks produktivitas sebesar 0,1 dalam setiap jam.



Gambar 1 Grafik indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur

Berikut ini dijabarkan rumus untuk perhitungan akibat kerja lembur :

- Produktivitas harian = $\text{volume} / \text{durasi rencana}$ (2)
- Produktivitas tiap jam = produktivitas harian / 8 (3)
- Produktivitas harian sesudah *crash* = (8 jam x produktivitas tiap jam) + (a x b x produktivitas tiap jam) (4)

Dimana :

a = jumlah jam kerja lembur

b = koefisien penurunan produktivitas kerja lembur

Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rangkaian rumus sebagai berikut :

- Jumlah tenaga kerja normal

$$= \frac{(\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}} \quad (5)$$

- Jumlah tenaga kerja dipercepat

$$= \frac{(\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi dipercepat}} \quad (6)$$

Perhitungan Crash Cost (Biaya Tambahan Pekerja)

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat jam lembur dapat dihitung dengan rangkaian rumus sebagai berikut :

- Normal upah pekerja perhari

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (7)$$

- Normal upah pekerja perjam

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (8)$$

- Biaya lembur pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam lembur pertama} + 2 \times n \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam lembur berikutnya} \quad (9)$$

- Crash Cost* pekerja perhari

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Normal cost pekerja}) + (n \times \text{Biaya lembur perjam}) \quad (10)$$

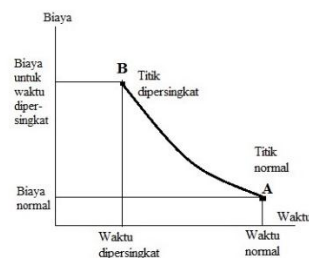
- Cost slope*

$$= \frac{(\text{Crash cost} - \text{Normal cost})}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi crash}} \quad (11)$$

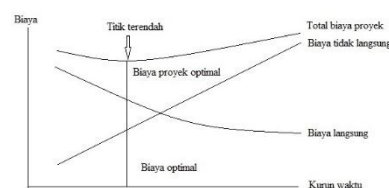
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut dengan kurva waktu biaya. Gambar 2.2 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam lembur maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Gambar 3 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya

optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 2 Grafik hubungan waktu – biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan.



Gambar 3 Grafik Hubungan biaya-biaya total, langsung, tidak langsung, dan optimal

Biaya Denda

Biaya denda merupakan dana yang dikeluarkan oleh kontraktor sebagai sanksi apabila suatu proyek mengalami keterlambatan dari rencana yang telah disetujui pada dokumen kontrak. Besarnya biaya denda umumnya dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total denda} = \text{Total waktu akibat keterlambatan} \times \text{denda perhari akibat keterlambatan} \quad (12)$$

Program Microsoft Project

Microsoft Project merupakan program aplikasi pengolah data administrasi yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan data dari suatu proyek. Kemudahan penggunaan dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur – unsur proyek menjadikan *software* ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek pekerjaan Hotel The Karanie yang berada di Yogyakarta.

Tahap dan Prosedur Penelitian

1. Tahap persiapan

Tahapan persiapan adalah tahapan awal yang di lakukan sebelum melakukan penelitian, pada tahapan ini perlu dilakukan studi literatur berupa pendalaman ilmu kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan komplikasi data.

2. Tahap Pengumpulan Data

Data dan informasi yang didapat dari pelaksanaan proyek konstruksi sangat bermanfaat untuk melakukan evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan. Variabel yang mempengaruhi pada optimasi biaya dan waktu ini adalah variabel waktu dan biaya.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Umum Proyek

Pemilik Proyek : A
 Konsultan Supervisi : PT. B
 Kontraktor : PT. C
 Anggaran : Rp. 9.535.679.558,11
 Tanggal Pekerjaan Dimulai: 5 Mei 2016
 Tanggal Pekerjaan Selesai : 3 November 2016

Daftar Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis ini didapat menggunakan program *Microsoft Project 2013*.

Tabel 1 Daftar Kegiatan Kritis

Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
CBB1-LT1	BetonK350Pek.BetonBalok B1 Lantai 1	6
PBBU1-LT1	PembesianPek.BalokB1 Lantai 1(Ulir)	12
PBBP1-LT1	PembesianPek.BalokB1 Lantai 1(Polos)	6
BBB1-LT1	BekistingPek.BalokB1 Lantai 1	6
CBB2-LT1	BetonK350Pek.BetonBalok B2 Lantai 1	6
PBBU2-LT1	PembesianPek.BalokB2 Lantai 1(Ulir)	12
PBBP2-LT1	PembesianPek.BalokB1 Lantai 1(Polos)	6
BBB2-LT1	BekistingPek.BalokB2 Lantai 1	6
CKC1-LT2	BetonK350Pek.BetonKolom C1 Lantai 2	6
PKCU1-LT2	PembesianPek.Kolom C1 Lantai 2(Ulir)	12
BKC1-LT2	BekistingPek.Kolom C1 Lantai 2	6
CKC2-LT2	BetonK350Pek.BetonKolom C2 Lantai 2	6
PKCU2-LT2	PembesianPek.Kolom C2 Lantai 2(Ulir)	12
BKC2-LT2	BekistingPek.Kolom C2 Lantai 2	6
CKC1-LT3	BetonK350Pek.BetonKolom C1 Lantai 3	6
PKCU1-LT3	PembesianPek.Kolom C1 Lantai 3(Ulir)	12
BKC1-LT3	BekistingPek.Kolom C1 Lantai 3	6
CKC2-LT3	BetonK350Pek.BetonKolom C2 Lantai 3	6
PKCU2-LT3	PembesianPek.Kolom C2 Lantai 3(Ulir)	12
BKC2-LT3	BekistingPek.Kolom C2 Lantai 3	6
CKC1-LT4	BetonK350Pek.BetonKolom C1 Lantai 4	6
PKCU1-LT4	PembesianPek.Kolom C1 Lantai 4(Ulir)	12
BKC1-LT4	BekistingPek.Kolom C1 Lantai 4	6
CKC2-LT4	BetonK350Pek.BetonKolom C2 Lantai 4	6
PKCU2-LT4	PembesianPek.Kolom C2 Lantai 4(Ulir)	12
BKC2-LT4	BekistingPek.Kolom C2 Lantai 4	6
CBB3-LA	BetonK350Pek.BetonBalok B3 LA	6
PBBU3-LA	PembesianPek.BalokB3 LA(Ulir)	12
BBB3-LA	BekistingPek.BalokB3 LA	6
CPLB1-LA	BetonK350Pek.BetonPlat Lantai B1 LA	6
PPLBU1-LA	PembesianPek.Plat Lantai B1 LA(Ulir)	12
BPLB1-LA	BekistingPek.PlatLantai B1 LA	6

Analisis penambahan jam kerja (lembur)

Penambahan jam kerja bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas akan lebih cepat. Berikut contoh perhitungan upah tenaga kerja :

Resource name	= Pekerja
Biaya Normal	= Rp 63.000,00
Jam kerja normal per hari	= 8 jam/hari
Biaya normal per jam	= $\frac{\text{Rp } 63.000,00}{8 \text{ jam/hari}}$
	= Rp 7.875,00

Untuk biaya lembur setiap jamnya dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1 jam = 1,5 x Upah pekerja normal perjam

2 jam = (1,5 x Upah normal perjam) + (2 x 1 x upah normal perjam)

3 jam = (1,5 x Upah normal perjam) + (2 x 2 x upah normal perjam)

Berikut pada Tabel 2 hasil setelah di lakukan perhitungan biaya lembur sebagai berikut :

Tabel 2 Biaya Lembur Pekerja

Lembur (jam)	Biaya per jam (Rp)	Biaya Total (Rp)
1	11.812,50	11.812,50
2	13.781,25	27.562,50
3	14.437,50	43.312,50

Analisis Durasi Percepatan

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam perhari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam perhari diperhitungkan sebesar 80%, dan 3 jam perhari diperhitungkan 70% dari produktivitas normal. Perhitungan percepatan dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{(\text{prod. perjam} \times \text{jam kerja}) + (\sum \text{jam lembur} \times \text{penurunan prod} \times \text{prod. perjam})}{(\text{Volume})} \quad (13)$$

Contoh kegiatan kritis pada pekerjaan pengecoran beton balok B1 Lantai 1 yang akan dihitung percepatannya, hasilnya pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3 Durasi sebelum dan sesudah dilakukan percepatan

Durasi (hari)	
Normal	6,00
Lembur 1 jam	5,39
Lembur 2 jam	4,95
Lembur 3 jam	4,62

Biaya lembur

Perhitungan biaya lembur ataupun normal memiliki persamaan yaitu jumlah tenaga kerja dikali dengan harga normal/lembur. Berikut hasil dari analisa pada pekerjaan pengecoran beton balok B1 Lantai 1 :

Lembur 1 jam : Rp 120.195.373,76
 Lembur 2 jam : Rp 122.772.998,48
 Lembur 3 jam : Rp 125.118.722,33

Cost Variance

Cost Variance merupakan selisih antara biaya setelah percepatan dan biaya normal suatu kegiatan proyek. Berikut adalah hasil dari perhitungan *cost variance* pada pekerjaan pengecoran beton balok B1 Lantai 1 :

Lembur 1 jam : Rp 120.195.373,76 - Rp 118.905.400,81
 : Rp 1.289.972,95
 Lembur 2 jam : Rp 122.772.998,48 - Rp 118.905.400,81
 : Rp 3.867.597,67
 Lembur 3 jam : Rp 125.118.722,33 - Rp 118.905.400,81
 : Rp 6.213.321,52

Duration Variance

Duration Variance merupakan selisih antara durasi normal dengan durasi percepatan.

Lembur 1 jam : $6 - 5,39 = 0,61$
 Lembur 2 jam : $6 - 4,95 = 1,05$
 Lembur 3 jam : $6 - 4,62 = 1,38$

Cost Slope

Cost Slope adalah biaya untuk perhari dari selisih biaya normal dan biaya percepatan serta selisih dari durasi normal dan durasi percepatan. Berikut adalah hasil dari

perhitungan *cost slope* pada pekerjaan pengecoran beton balok B1 Lantai 1 :

Lembur 1 jam : *Cost Variance / Duration Variance*
 : Rp 1.289.972,95 / 0,61
 hari
 : Rp 2.114.709,75
 Lembur 2 jam : *Cost Variance / Duration Variance*
 : Rp 3.867.597,67 / 1,05
 hari
 : Rp 3.683.426,35
 Lembur 3 jam : *Cost Variance / Duration Variance*
 : Rp 6.213.321,52 / 1,38
 hari
 : Rp 4.502.406,90

Analisis Biaya Total Proyek

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

dengan :

x_1 = nilai proyek
 x_2 = durasi pelaksanaan proyek
 y = $-0,95 - (4,888(\ln(\text{Rp } 11.416.890.705,02 - 0,21) - \ln(150))) + \epsilon$
 $y = 0,1173 = 11,7\%$

Secara detail proyek pembangunan hotel dengan nilai proyek sebesar Rp 11.416.890.705,02 diperoleh biaya tidak langsung sebesar dan berikut adalah hitungan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung :

Biaya tidak langsung = $11,7\% \times \text{Rp } 11.416.890.705,02$
 = Rp 1.339.200.411,26
 Biaya tidak langsung/hari = biaya tidak langsung/durasi normal proyek
 = Rp 1.339.200.411,26 / 150 hari
 = Rp 8.928.002,74

Biaya langsung = biaya total proyek - biaya tidak langsung

= Rp 11.416.890.705,02 - Rp 1.339.200.411,26

= Rp 10.077.690.293,76

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

Berikut adalah contoh perhitungan dari total Pembesian Pekerjaan Balok B3 dengan menggunakan besi ulir pada lantai atap :

Biaya total lembur 1 jam

= Rp 1.322.951.446,27 + Rp 10.077.744.014,85

= Rp 11.400.695.461,12

Biaya total lembur 2 jam

= Rp 1.311.077.202,62 + Rp 10.077.852.864,64

= Rp 11.388.930.067,26

Biaya total lembur 3 jam

= Rp 1.302.149.199,88 + Rp 10.077.956.639,85

= Rp 11.380.105.839,73

Dari perbandingan diatas dihasilkan biaya total untuk penambahan lembur 1 jam Rp 11.400.695.461,12, penambahan jam lembur 2 jam Rp 11.388.930.067,26, penambahan jam lembur 3 jam Rp 11.380.105.839,73. Dari biaya penambahan jam lembur normal adalah Rp 11.416.890.705,02.

Tabel 4 Hubungan percepatan durasi dengan biaya percepatan untuk lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam untuk penambahan jam kerja

Kegiatan	Durasi				Biaya			
	Normal	ovt 1jam	ovt 2jam	ovt 3jam	Normal	Lembur 1jam	Lembur 2jam	Lembur 3jam
CBB1-LT1	6	5,39	4,95	4,62	Rp118.905.400,81	Rp120.195.373,76	Rp122.772.998,48	Rp125.118.722,33
PBBU1-LT1	12	10,79	9,9	9,23	Rp461.072.093,50	Rp477.978.204,10	Rp507.622.532,91	Rp535.851.955,69
PBBP1-LT1	6	5,39	4,95	4,62	Rp68.255.733,00	Rp70.769.019,21	Rp75.158.152,28	Rp79.337.646,26
BBB1-LT1	6	5,39	4,95	4,62	Rp198.088.890,00	Rp201.932.741,12	Rp208.675.596,48	Rp215.096.423,20
CBB2-LT1	6	5,39	4,95	4,62	Rp30.663.555,31	Rp31.026.183,02	Rp31.665.892,45	Rp32.270.809,91
PBBU2-LT1	12	10,79	9,9	9,23	Rp158.531.440,00	Rp164.351.555,38	Rp174.544.296,67	Rp180.746.751,90
PBBP2-LT1	6	5,39	4,95	4,62	Rp23.903.083,50	Rp24.775.603,17	Rp26.311.981,20	Rp27.775.309,97
BBB2-LT1	6	5,39	4,95	4,62	Rp68.866.840,00	Rp70.203.975,19	Rp72.548.119,74	Rp74.780.511,80
CKC1-LT2	6	5,39	4,95	4,62	Rp18.577.800,00	Rp18.796.377,22	Rp19.181.327,02	Rp19.547.818,55
PKCU1-LT2	12	10,79	9,9	9,23	Rp90.771.387,75	Rp94.092.696,88	Rp99.928.318,22	Rp105.485.534,94
BKC1-LT2	6	5,39	4,95	4,62	Rp38.513.500,67	Rp39.263.719,36	Rp40.574.554,67	Rp41.823.025,91
CKC2-LT2	6	5,39	4,95	4,62	Rp10.899.729,35	Rp11.024.630,07	Rp11.250.383,11	Rp11.465.578,94
PKCU2-LT2	12	10,79	9,9	9,23	Rp48.190.830,66	Rp49.978.996,84	Rp53.069.461,71	Rp56.019.998,60
BKC2-LT2	6	5,39	4,95	4,62	Rp28.257.160,00	Rp28.803.079,75	Rp29.764.588,10	Rp30.680.044,30
CKC1-LT3	6	5,39	4,95	4,62	Rp18.577.700,00	Rp18.796.277,22	Rp19.181.227,02	Rp19.547.718,55
PKCU1-LT3	12	10,79	9,9	9,23	Rp90.771.387,75	Rp94.094.260,63	Rp99.928.318,22	Rp105.485.534,94
BKC1-LT3	6	5,39	4,95	4,62	Rp38.513.250,00	Rp39.263.468,69	Rp40.574.304,00	Rp41.822.775,24
CKC2-LT3	6	5,39	4,95	4,62	Rp10.899.729,35	Rp11.024.630,07	Rp11.250.383,11	Rp11.465.578,94
PKCU2-LT3	12	10,79	9,9	9,23	Rp48.191.900,70	Rp49.972.166,88	Rp53.070.531,75	Rp56.021.068,64
BKC2-LT3	6	5,39	4,95	4,62	Rp28.257.160,00	Rp28.803.079,75	Rp29.764.588,10	Rp30.680.044,30
CKC1-LT4	6	5,39	4,95	4,62	Rp21.595.500,90	Rp21.852.822,35	Rp22.300.187,56	Rp22.726.218,20
PKCU1-LT4	12	10,79	9,9	9,23	Rp86.441.834,00	Rp89.612.207,28	Rp95.170.006,61	Rp100.462.426,70
BKC1-LT4	6	5,39	4,95	4,62	Rp36.107.100,00	Rp36.810.118,39	Rp38.038.604,00	Rp39.209.629,84
CKC2-LT4	6	5,39	4,95	4,62	Rp12.670.365,79	Rp12.820.932,67	Rp13.083.405,03	Rp13.333.301,84
PKCU2-LT4	12	10,79	9,9	9,23	Rp45.897.078,89	Rp47.578.710,66	Rp50.534.650,01	Rp53.344.558,44
BKC2-LT4	6	5,39	4,95	4,62	Rp32.839.195,00	Rp33.479.377,39	Rp34.597.034,14	Rp35.661.171,54
CBB3-LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp508.567,23	Rp517.010,96	Rp527.504,51	Rp537.650,36
PBBU3-LA	12	10,79	9,9	9,23	Rp1.531.440,65	Rp1.576.718,01	Rp1.675.074,25	Rp1.768.703,61
BBB3-LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp2.406.459,40	Rp2.448.487,84	Rp2.530.420,33	Rp2.608.581,04
CPLB1-LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp3.230.621,09	Rp3.269.191,56	Rp3.336.370,95	Rp3.400.182,97
PPLBU1-LA	12	10,79	9,9	9,23	Rp8.135.678,71	Rp8.439.262,71	Rp8.967.464,80	Rp9.464.360,80
BPLB1-LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp6.980.767,09	Rp7.119.686,93	Rp7.356.998,77	Rp7.583.307,23

Analisa Penambahan Tenaga Kerja

Berdasarkan hasil perhitungan percepatan durasi maka akan dilakukan penambahan tenaga kerja dan menghitung ulang kebutuhan tenaga kerja dengan durasi baru setelah crashing, tanpa menambah jam kerja perhari.

a. Durasi normal

Pekerjaan = Cor beton balok B1 Lantai 1

Volume = 122,89

Durasi normal = 6 hari

Kapasitas tenaga kerja per m³

OH = Orang / hari

Pekerja = 2,1 OH @ Rp 63.000,00

Tukang batu = 0,35 OH @ Rp 75.000,00

Kepala tukang = 0,035 OH @ Rp 80.000,00

Mandor = 0,105 OH @ Rp 79.000,00

Perhitungan jumlah tenaga kerja dan upah tenaga kerja :

Jumlah tenaga kerja = $\frac{\text{(koefisien x volume)}}{\text{durasi}}$

- Pekerja = $\frac{(2,1 \times 122,89)}{6}$

= 43,01 orang/hari

Upah pekerja = 43,01 x Rp 63.000,00

= Rp 2.709.768,60

- Tukang Batu = $\frac{(0,35 \times 122,89)}{6}$

6

= 7,17 orang/hari
 Upah Tukang Batu = 7,17 x Rp 75.000,00
 = Rp 537.652,50
 - Kepala Tukang = $\frac{(0,035 \times 122,89)}{6}$
 = 0,72 orang/hari
 Upah Kepala Tukang = 0,72 x Rp 80.000,00
 = Rp 57.349,60
 - Mandor = $\frac{(0,105 \times 122,89)}{6}$
 = 2,15 orang/hari
 Upah Mandor = 2,15 x Rp 79.000,00
 = Rp 169.898,19

Total upah tenaga kerja pada durasi normal :

= (Rp 2.709.768,60 + Rp 537.652,50 + Rp
 57.349,60 + Rp 169.898,19) x 6 hari

= Rp 20.848.013,34

b. Durasi Percepatan

Durasi percepatan = 5,39 hari

Jumlah tenaga kerja = $\frac{(koefisien \times volume)}{durasi}$

- Pekerja = $\frac{(2,1 \times 122,89)}{5,39}$
 = 47,88 orang/hari

Upah pekerja = 47,88 x Rp 63.000,00

= Rp 3.016.440,00

- Tukang Batu = $\frac{(0,35 \times 122,89)}{5,39}$

= 7,98 orang/hari

Upah Tukang Batu = 7,98 x Rp 75.000,00

= Rp 598.500,00

- Kepala Tukang = $\frac{(0,035 \times 122,89)}{5,39}$

= 0,80 orang/hari

Upah Kepala Tukang = 0,80 x Rp 80.000,00

= Rp 64.000,00

- Mandor = $\frac{(0,105 \times 122,89)}{5,39}$

= 2,40 orang/hari

Upah Mandor = 2,40 x Rp 79.000,00

= Rp 189.600,00

Total upah tenaga kerja pada durasi percepatan :

= (Rp 3.016.440,00 + Rp Rp 598.500,00 + Rp
 64.000,00 + Rp 189.600,00) x 5,39 hari

= Rp 20.851.430,60

Selisih biaya = Biaya percepatan - Biaya normal

= Rp 20.851.430,60 - Rp 20.848.013,34

= Rp 3.417,26

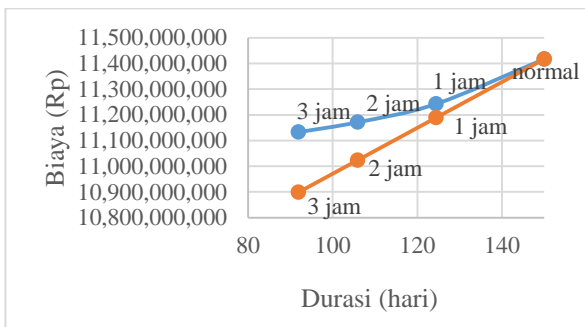
Tabel 7 Hubungan percepatan durasi dengan biaya percepatan untuk lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam untuk penambahan Tenaga Kerja

Kode	Task Name	Durasi			Biaya				
		Normal	Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam	Normal	Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
CB1-LT1	BetonK350 Fek Beton Balok B1 Lantai 1	6	5,39	4,95	4,62	Rp118.905.400,81	118.906.342,94	118.906.094,94	118.908.806,94
PBBU1-LT1	Pembesian Fek.Balok B1 Lantai 1(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp461.072.093,50	461.076.891,96	461.067.580,46	461.086.339,06
PBBP1-LT1	Pembesian Fek.Balok B1 Lantai 1(Polos)	6	5,39	4,95	4,62	Rp68.265.753,00	68.266.799,59	68.276.909,49	68.286.778,19
BB1-LT1	Bekisting Fek.Balok B1 Lantai 1	6	5,39	4,95	4,62	Rp198.088.890,00	198.091.501,30	198.091.773,00	198.092.386,80
CB2-LT1	BetonK350 Fek Beton Balok B2 Lantai 1	6	5,39	4,95	4,62	Rp90.663.555,31	90.667.288,62	90.672.978,92	90.674.364,92
PBBU2-LT1	Pembesian Fek.Balok B2 Lantai 1(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp158.531.440,00	158.538.147,75	158.549.500,85	158.537.517,25
PBBP2-LT1	Pembesian Fek.Balok B2 Lantai 1(Polos)	6	5,39	4,95	4,62	Rp23.903.083,50	23.905.785,68	23.911.220,78	23.903.152,28
BB2-LT1	Bekisting Fek.Balok B2 Lantai 1	6	5,39	4,95	4,62	Rp68.866.840,00	68.878.690,05	68.880.269,25	68.874.299,55
CK1-LT2	BetonK350 Fek Beton Kolom C1 Lantai 2	6	5,39	4,95	4,62	Rp18.577.800,00	18.586.139,60	18.581.852,00	18.582.459,00
PKCU1-LT2	Pembesian Fek.Kolom C1 Lantai 2(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp90.771.387,75	90.785.691,90	90.778.010,40	90.772.628,20
BK1-LT2	Bekisting Fek.Kolom C1 Lantai 2	6	5,39	4,95	4,62	Rp38.513.500,67	38.524.509,50	38.517.925,50	38.520.430,20
CK2-LT2	BetonK350 Fek Beton Kolom C2 Lantai 2	6	5,39	4,95	4,62	Rp10.899.729,35	10.908.520,78	10.900.664,28	10.903.865,28
PKCU2-LT2	Pembesian Fek.Kolom C2 Lantai 2(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp45.190.830,56	45.212.095,16	45.202.262,46	45.210.586,26
BK2-LT2	Bekisting Fek.Kolom C2 Lantai 2	6	5,39	4,95	4,62	Rp28.257.160,00	28.247.349,80	28.250.821,50	28.251.022,80
CK1-LT3	BetonK350 Fek Beton Kolom C1 Lantai 3	6	5,39	4,95	4,62	Rp18.577.800,00	18.586.139,60	18.581.852,00	18.582.459,00
PKCU1-LT3	Pembesian Fek.Kolom C1 Lantai 3(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp90.771.387,75	90.785.691,90	90.778.010,40	90.772.628,20
BK1-LT3	Bekisting Fek.Kolom C1 Lantai 3	6	5,39	4,95	4,62	Rp38.513.500,67	38.524.509,50	38.517.925,50	38.520.430,20
CK2-LT3	BetonK350 Fek Beton Kolom C2 Lantai 3	6	5,39	4,95	4,62	Rp10.899.729,35	10.908.520,78	10.900.664,28	10.903.865,28
PKCU2-LT3	Pembesian Fek.Kolom C2 Lantai 3(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp45.190.830,56	45.212.095,16	45.202.262,46	45.210.586,26
BK2-LT3	Bekisting Fek.Kolom C2 Lantai 3	6	5,39	4,95	4,62	Rp28.257.160,00	28.247.349,80	28.250.821,50	28.251.022,80
CK1-LT4	BetonK350 Fek Beton Kolom C1 Lantai 4	6	5,39	4,95	4,62	Rp18.577.800,00	18.586.139,60	18.581.852,00	18.582.459,00
PKCU1-LT4	Pembesian Fek.Kolom C1 Lantai 4(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp90.771.387,75	90.785.691,90	90.778.010,40	90.772.628,20
BK1-LT4	Bekisting Fek.Kolom C1 Lantai 4	6	5,39	4,95	4,62	Rp38.513.500,67	38.524.509,50	38.517.925,50	38.520.430,20
CK2-LT4	BetonK350 Fek Beton Kolom C2 Lantai 4	6	5,39	4,95	4,62	Rp12.670.365,79	12.680.332,98	12.676.198,79	12.675.627,89
PKCU2-LT4	Pembesian Fek.Kolom C2 Lantai 4(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp45.897.078,89	45.908.078,80	45.919.447,20	45.906.790,50
BK2-LT4	Bekisting Fek.Kolom C2 Lantai 4	6	5,39	4,95	4,62	Rp32.839.195,00	32.842.925,50	32.838.448,50	32.839.468,20
CB3-LA	BetonK350 Fek Beton Balok B3 LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp508.567,23	518.005,93	516.094,53	512.408,05
PBBU3-LA	Pembesian Fek.Balok B3 LA(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp1.531.440,65	1.539.863,87	1.547.016,47	1.540.849,27
BB3-LA	Bekisting Fek.Balok B3 LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp2.406.459,40	2.410.134,65	2.411.351,29	2.411.697,75
CLB1-LA	BetonK350 Fek Beton Plat Lantai B1 LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp3.130.821,09	3.240.685,81	3.239.262,41	3.236.959,01
PPLBU1-LA	Pembesian Fek.Plat Lantai B1 LA(Ulir)	12	10,79	9,9	9,23	Rp8.135.678,71	8.150.421,86	8.151.668,16	8.149.700,96
PPLB1-LA	Bekisting Fek.Plat Lantai B1 LA	6	5,39	4,95	4,62	Rp6.980.787,09	6.988.659,50	6.982.204,50	6.980.119,90

Tabel 6 Perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan penambahan tenaga kerja

No	Penambahan Jam Lembur	Durasi (hari)	Biaya (Rp)
1	Normal	150	11.416.890.705,02
2	1	124,48	11.189.295.012,50
3	2	105,9	11.023.359.961,06
4	3	91,94	10.898.716.933,09

Dari tabel perbandingan diatas dihasilkan biaya total dengan variasi penambahan tenaga kerja untuk penambahan lembur 1 jam Rp 11.189.295.012,50 dengan durasi percepatan 124,48 hari, penambahan jam lembur 2 jam Rp 11.023.359.961,06 dengan durasi percepatan 105,9 hari, penambahan jam lembur 3 jam Rp 10.898.716.933,09 dengan durasi percepatan 91,94 hari. Dari ketiga penambahan tenaga kerja, didapatkan biaya dan waktu paling efektif pada penambahan tenaga kerja dengan durasi 3 jam.



Gambar 4 Grafik perbandingan biaya penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja

Denda

Perhitungan biaya denda dapat dihitung dengan rumus :

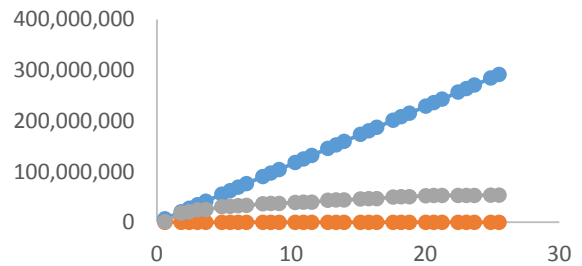
Total denda = Total hari keterlambatan x denda perhari

Dengan denda perhari = 1 ‰ dari total nilai kontrak

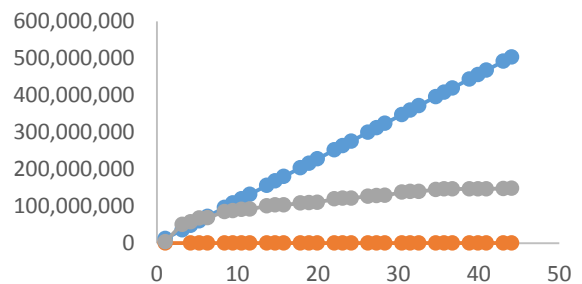
Sehingga perhitungan biaya denda :

Biaya total proyek = Rp 11.416.890.705,02

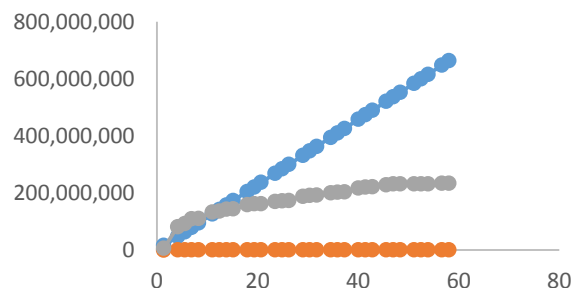
$$\begin{aligned} \text{Total denda} &= 1 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp } 11.416.890.705,02 \\ &= \text{Rp } 11.416.890,71 \end{aligned}$$



Gambar 5 Grafik Perbandingan Denda, Biaya Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Tenaga Kerja Lembur 1 Jam



Gambar 6 Grafik Perbandingan Denda, Biaya Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Tenaga Kerja Lembur 2 Jam



Gambar 7 Grafik Perbandingan Denda, Biaya Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Tenaga Kerja Lembur 3 Jam

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Hotel, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perubahan akibat variasi penambahan jam lembur selama 1 jam adalah lebih murah sebesar Rp 174.235.266,01 dari semula biaya normal proyek sebesar

- Rp 11.416.890.705,02 menjadi Rp 11.242.655.439,01. Untuk waktu lembur 2 jam perubahan biaya yang terjadi sebesar Rp 245.832.845,81 dari semula biaya normal proyek sebesar Rp 11.416.890.705,02 menjadi Rp 11.171.057.859,21. Pada jam lembur 3 jam didapat selisih biaya paling efektif sebesar 284.300.094,81 dari semula biaya normal proyek normal sebesar Rp 11.416.890.705,02 menjadi Rp 11.132.590.610,21. Sedangkan perubahan waktu apabila dilakukan variasi jam lembur selama 1 jam adalah 25,52 hari dari semula waktu normal proyek 150 hari menjadi 124,48. Apabila jam lembur ditambah menjadi 2 jam durasi percepatan menjadi 44,10 hari dari semula waktu normal proyek 150 hari menjadi 105,90 hari. Apabila jam lembur ditambah menjadi 3 jam durasi percepatan menjadi 58,06 hari dari semula waktu normal proyek 150 hari menjadi 91,94 hari.
2. Perubahan biaya akibat variasi penambahan tenaga kerja selama 1 jam adalah lebih murah sebesar Rp 227.595.692,52 dari semula biaya normal proyek sebesar Rp 11.416.890.705,02 menjadi Rp 11.189.295.012,50. Untuk penambahan tenaga kerja 2 jam perubahan biaya yang terjadi sebesar Rp 393.530.743,96 dari semula biaya normal proyek sebesar Rp 11.416.890.705,02 menjadi Rp 11.023.359.961,06. Pada penambahan tenaga kerja 3 jam didapat selisih biaya paling efektif sebesar Rp 518.173.933,09 dari semula biaya normal proyek sebesar Rp 11.416.890.705,02 menjadi Rp 10.898.716.933,09. Sedangkan perubahan waktu apabila dilakukan variasi penambahan tenaga kerja selama 1 jam adalah 25,52 hari dari semula waktu normal proyek 150 hari menjadi 124,48. Apabila jam lembur ditambah menjadi 2 jam durasi percepatan menjadi 44,10 hari dari semula waktu normal proyek 150 hari menjadi 105,90 hari. Apabila jam lembur ditambah menjadi 3 jam durasi percepatan menjadi 58,06 hari dari semula waktu normal proyek 150 hari menjadi 91,94 hari.
3. Biaya dan durasi paling optimal didapat pada penambahan tenaga kerja selama 3 jam, dibandingkan menambah jam lembur dan juga lebih efektif jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda. Yaitu dengan biaya optimal proyek sebesar Rp 10.898.716.93,09 dan durasi optimal proyek selama 91,94 hari.

6. Daftar Pustaka

- Ali, T. H., 1995, *Prinsip-prinsip Network Planning*, Gramedia: Bandung.
- Andhita, A., dan Dani, H., 2017, Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartement Project dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO), *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 3, pp. 47-55.
- 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, pp. 113-126.
- Hutasoit, P. H., Sompie, B. F., dan Pratasias, P., 2014, Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Peningkatan Biaya Pada Konstruksi (Studi Kasus; Perumahan Puri Kelapa Gading), *Jurnal Tekno Sipil*, Vol. 12, pp. 54-63.
- Izzah, N., 2017, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X, *Jurnal Rekayasa*, Vol. 10, pp. 51-58.
- Jayadewa, O. F., 2016, *Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya*. Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh November.

- Kajatmo, S., 1997, *Uraian Lengkap Metode Network Planning Jilid I,II,III*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kareth, M., 2012, Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya Dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus Proyek Pembangunan Puri Kelapa Gading), *Jurnal Sipil Statik*, 1(1), pp. 53-59.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur. Kep 102/MEN/VI/2004.
- Pasaribu, C., Tjakra, J., dan Arsjad, T. T., 2015, Pengaruh Penambahan Jam Kerja Terhadap Durasi Pelaksanaan (Studi Kasus Pembangunan Perumahan Puri Kelapa Gading). *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3, pp. 554-561.
- Priyo, M., dan Aulia, M. R. U., 2015. Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Jurnal Semesta Teknika*, Vol. 18, pp. 30-43.
- Priyo, M., Sumanto, A., 2016, Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Pembangunan Prasarana Pengendalian Banjir), *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol 19, pp. 1-15.
- Satria, D. Y., 2016, *Analisis Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Simatupang, J. S., Dundu, A. K. T., dan Sibi, M., 2015, Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Waktu Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Persekolahan Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, Vol 3, pp. 281-291.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga: Jakarta.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1 Edisi Kedua*. Erlangga: Jakarta.
- Telaumbanua, T. A., Mangare, J.B., dan Sibi, M., 2017, Perencanaan Waktu Penyelesaian Proyek Toko Modisland Manado dengan Metode CPM, *Jurnal Sipil Statik*, 5(8), pp. 549-557.
- Wibowo, D. W. 2016. *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Wowor, F., 2013, Aplikasi *Microsoft Project* dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek, *Jurnal Sipil Statik*, 1(8), pp. 543-548.