

Analisi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi, Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan TPA Talumelito, Gorontalo

*Analysis of the Time Cost Trade Off Method in Construction Projects, Case Study:
Talumelito TPA Bridge Construction Project, Gorontalo*

Evit Ramadhani, Yoga A. Harsoyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Keberhasilan suatu proyek di pengaruhi oleh faktor-faktor, diantaranya waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang dikeluarkan sedikit namun tidak menghilangkan unsur kualitas pekerjaan yang akan dihasilkan di akhir pekerjaan. Cara umum untuk menghasilkan proyek yang efektif dan efisien adalah dengan menggunakan cara melakukan perbandingan biaya konstruksi dalam penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat, hal yang perlu diperhatikan untuk pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan yang kritis. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan tidak melebihi dari yang dianggarkan dan menghindari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian suatu proyek. Dalam kasus ini salah satu metode yang digunakan adalah metode *Time Cost Trade Off* dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan penambahan jam kerja atau lembur selama 1 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 3.495.710.375,37 dengan durasi sebesar 183,77 hari, untuk penambahan jam lembur selama 2 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 3.391.394.455,22 dengan durasi sebesar 140,64 hari, untuk penambahan lembur selama 3 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 3.308.301.740,67 dengan durasi akhir sebesar 105,51 hari, sementara untuk penambahan alat berat yang durasinya setara dengan 1 jam biaya yang harus dikeluarkan Rp. 3.475.901.555,51 dengan durasi 183,77 hari, untuk penambahan alat yang setara 2 jam biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 3.345.460.356,06 dengan durasi 140,64 hari, lalu untuk penambahan alat yang setara 3 jam didapatkan dengan biaya sebesar Rp. 3.239.185.088,91 dengan durasi 105,51 hari. Biaya penambahan alat disini lebih efisien dari waktu dan biaya.

Kata-kata kunci : *TCTO, Microsoft Project 2010, Penambahan Jam kerja Lembur, Penambahan Alat Berat.*

Abstract. The success of a project is influenced by factors, including a short completion time and a small cost but does not eliminate the element of the quality of work that will be produced at the end of the job. The general way to produce effective and efficient projects is by comparing construction costs in addition to working hours (overtime) and adding heavy equipment, things that need to be considered for accelerated work are critical work. Systematic project management is needed to ensure the project implementation time is in accordance with the contract or faster so that the costs incurred do not exceed the budgeted and avoid fines due to the delay in the completion of a project. In this case, one of the methods used is the Time Cost Trade Off method with the help of the Microsoft Project 2010 program. The results of this study indicate that after an additional hour of overtime work for 1 hour, the cost must be Rp. 3,495,710,375.37 with a duration of 183.77 days, for additional hours of overtime for 2 hours the cost to be incurred is Rp. 3,391,394,455.22 with a duration of 140.64 days, for the addition of overtime for 3 hours the cost to be incurred is Rp. 3,308,301,740.67 with a final duration of 105.51 days, while for the addition of heavy equipment with a duration equal to 1 hour the cost must be paid Rp. 3,475,901,555.51 with a duration of 183.77 days, for the addition of equipment equivalent to 2 hours the cost of Rp. 3,345,460,356.06 with a duration of 140.64 days, then for the addition of tools equivalent to 3 hours it was obtained at a cost of Rp. 3,239,185,088.91 with a duration of 105.51 days. The cost of adding a tool here is more efficient than time and cost.

Keywords: *TCTO, Microsoft Project 2010, Additional Hours Overtime, Addition of Heavy Equipment*

1. Pendahuluan

Waktu dan biaya adalah 2 faktor yang mempengaruhi keberhasilan atau kegagalan suatu proyek. Faktor tersebut dijadikan tolak ukur yang sangat vital untuk keberhasilan suatu proyek. Biasanya akan terlihat pada durasi penyelesaian proyek yang singkat, untuk mempersingkat penyelesaian proyek dapat dilakukan dengan cara penambahan jumlah tenaga kerja, penambahan jam kerja, penambahan alat bantu yang lebih produktif, dan metode konstruksi yang lebih cepat.

Time Cost Trade Off (TCTO) atau pertukaran waktu dan biaya merupakan suatu cara yang digunakan untuk mempercepat waktu dan pelaksanaan pada proyek dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang disengaja dan sistematis (Izzah, 2017). Dalam hal ini ada beberapa faktor yang berpengaruh diantaranya durasi normal (*normal duration*), serta biaya percepatan (*crash cost*) (Andhita dan Dani, 2017).

Dalam penelitian ini akan dianalisis durasi dan biaya pelaksanaan proyek dengan mempercepat durasi pelaksanaan proyek (*crashing*) pada proyek Pembangunan Jembatan Talumelito dengan menggunakan metode analisis pertukaran waktu dan biaya (*Time Cost Trade Off Analysis*), yaitu dengan cara penambahan jam lembur 1 jam sampai 3 jam lembur, penambahan alat berat dan penambahan 1 sampai 3 tenaga kerja menggunakan program *Microsoft Project 2010*. Selanjutnya akan dibandingkan perubahan biaya proyek pada saat sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur), begitu pula dengan penambahan alat berat dan penambahan tenaga kerja dengan menggunakan program *Microsoft Project 2010*.

2. Landasan Teori

Manajemen Konstruksi

Merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya dengan cara menggunakan sistem dan arus kegiatan perusahaan untuk mempersingkat waktu yang telah ditentukan hal ini disebut dengan manajemen konstruksi (Soeharto, 1999).

Manajemen proyek menurut Soeharto (1999) memiliki beberapa tujuan diantaranya sebagai berikut:

1. Pelaksanaan yang sesuai dengan apa yang sudah di tetapkan atau tepat waktu,
2. Efisiensi sumber dana sesuai dengan apa yang telah direncanakan, sehingga tidak ada tambahan dana yang harus dikeluarkan,
3. Kesesuaian kualitas dengan persyaratan yang berlaku,
4. Tahapan kegiatan yang sesuai dengan persyaratan.

Network Planning

Network planning adalah gambaran kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya (Anggraeni dkk., 2017). Dengan adanya *network planning*, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktudan biaya yang paling efisien. Network Planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variable) yang digambarkan/divisualisasikan kedalam bentuk diagram network (Badri, 1997).

Jaringan kerja adalah suatu alat atau panduan yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek (Bangun dkk., 2016). Jaringan kerja menggambarkan beberapa hal seperti berikut:

1. Kegiatan – kegiatan proyek yang harus dilaksanakan
2. Urutan kegiatan yang harus logis
3. Ketergantungan antara kegiatan
4. Waktu kegiatan melalui kegiatan kritis

Network planning (jaringan kerja) merupakan hubungan keterkaitan antar kegiatan dalam proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Melalui jaringan tersebut kita dapat memperoleh informasi mengenai kegiatan yang harus didahulukan dan sebagai dasar untuk memulai pekerjaan selanjutnya (Badri, 1991).

Biaya Total Proyek

Biaya proyek konstruksi di bagi menjadi dua yaitu biaya langsung (*Direct Cost*) dan

biaya tak langsung (*Indirect Cost*) :

1. Biaya langsung adalah biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumberdaya yang akan digunakan untuk menyelesaikan suatu proyek. Berhubungan langsung dengan pekerjaan konstruksi dilapangan, yang meliputi :
 - a. Biaya bahan ataumaterial
 - b. Upah
 - c. Biaya alat
2. Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan kerja dan pengeluaran umum diluar biaya konstruksi, biaya ini disebut juga biaya overhead. Biaya ini tergantung pada jangka waktu pelaksanaan pekerjaan.

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

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

$x1$ = nilai total proyek,

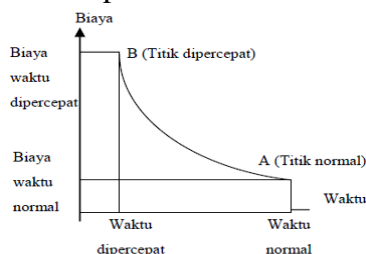
$x2$ = durasi proyek,

ε = *random error*, dan

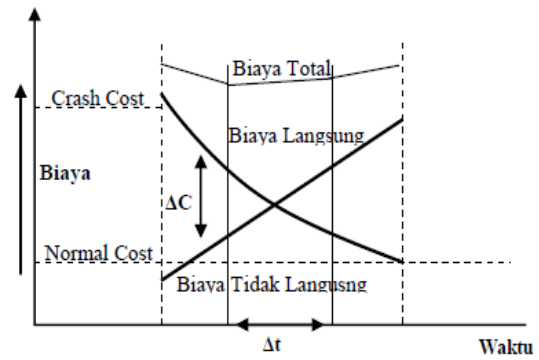
y = prosentase biaya tidak langsung

Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Di dalam perencanaan suatu proyek biaya dan waktu mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan yang erat antar waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya proyek yang bersangkutan. Hubungan antara biaya dan waktu dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1 Hubungan waktu biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997)



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

Gambar 2 menunjukkan hubungan biaya total, biaya langsung dan biaya tak langsung dalam satu grafik yang dapat dilihat di atas bahwa biaya optimum didapatkan dengan mencari total biaya proyek yang paling terkecil.

Metode Penyesuaian Waktu dan Biaya (*Duration Cost Trade Off*)

Frederika (2010) menyatakan bahwa durasi percepatan maksimum dalam proyek dibatasi oleh lokasi kerja atau luas proyek, akan tetapi ada 4 faktor yang dapat dioptimumkan dalam pelaksanaan percepatan suatu aktivitas pekerjaan proyek, meliputi penjadwalan lembur, penambahan jumlah tenaga kerja, penggunaan alat berat, dan perubahan dalam metode konstruksi dilapangan.

Berikut ini cara-cara pelaksanaan percepatan waktu dalam penyelesaian proyek :

1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)
2. Penambahan Tenaga Kerja
3. Penambahan atau pergantian alat
4. Metode yang efektif dan efisien
5. Sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas

Produktivitas Pekerja dan Alat Berat

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11-PRT-M-2013 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum bahwa produktivitas dapat

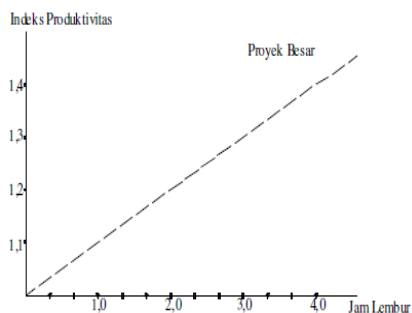
diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap input (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan dan waktu). Jadi, dalam analisis produktivitas hal ini dapat dinyatakan sebagai rasio antara output terhadap input dan waktu (jam atau hari). Apabila input dan waktu kecil maka output semakin esar sehingga produktivitas tinggi.

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

Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Jam lembur pada proyek ini dimulai setelah pekerja melaksanakan pekerjaan selama 8 jam kerja normal yang dimulai pada pukul 08.00 sampai 16.00 dengan satu jam istirahat, kemudian jam lembur dilaksanakan setelah jam normal yang dimulai pada pukul 08.00 sampai 16.00.

Penambahan jam kerja atau lembur dapat dilakukan dengan menggunakan cara penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Perlu diperhatikan bahwa semakin banyak penambahan jam kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas pekerja. Indikasi penurunan produktivitas pekerja dapat dilihat seperti Gambar dibawah ini :



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

Dari uraian diatas, dapat ditulis rumus sebagai berikut :

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$
 2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$
 3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$$
- dengan :

- a = lama penambahan jam lembur
- b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur.

Tabel 1 Koefisien penurunan produktivitas (Soeharto, 1997)

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

4. *Crash Duration*

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

Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Berat

Penambahan tenaga kerja dan alat kerja yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

Dibawah ini merupakan perhitungan penambahan tenaga kerja :

1. Penambahan tenaga kerja

$$= (\text{keb. Tenaga} \times \text{durasi normal}) / \text{durasi percepatan}$$
2. Penambahan alat berat

$$= (\text{keb alat} \times \text{durasi normal}) / \text{durasi percepatan}$$

Software Microsoft Project

Dalam bidang rekayasa konstruksi, aplikasi *Microsoft Project 2010* digunakan untuk mengelola rencana atau waktu suatu proyek sehingga proyek yang sedang berjalan dapat dievaluasi sesuai dengan keseluruhan tahapan tugas yang ada dalam proyek tersebut (Walean dkk., 2012). Menurut Wowor dkk. (2013) *Microsoft Project* merupakan salah satu

bagian dari *Microsoft Office Professional* yang mampu mengelola data-data mengenai kegiatan dalam sebuah proyek konstruksi.

Biaya Denda

Berdasarkan Perpres Nompur 70 Tahun 2012 Pasal 120 menyatakan bahwa “Selain perbuatan atau tindakan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 118 ayat (1), Penyedia Barang/Jasa yang terlambat menyelesaikan pekerjaan dalam jangka waktu sebagaimana ditetapkan dalam Kontrak karena kesalahan Penyedia Barang/Jasa, dikenakan denda keterlambatan sebesar 1/1000 (satu perseribu) dari nilai Kontrak atau nilai bagian Kontrak untuk setiap hari keterlambatan”.

Total denda = total waktu akibat keterlambatan × denda per hari akibat keterlambatan

Dengan : Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

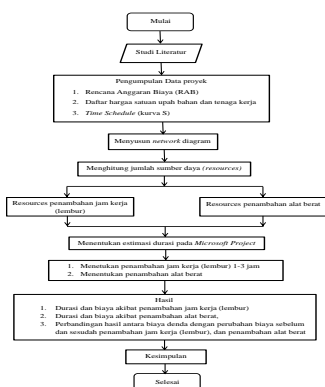
3. etode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dilakukan berada pada pekerjaan konstruksi Proyek Pembangunan Jembatan TPA Talumelito. Lokasi proyek berada di Desa Talumelito, kabupaten Gorontalo. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis optimasi waku dan biaya proyek tersebut.

Tahap penelitian ini harus dilakukan secara sistematis dengan urutan pengerjaan yang jelas dan berurutan, sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang diharapkan.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Bagan alir tahap penelitian

1. Tahapan Persiapan
Sebelum melakukan penelitian, penulis melakukan studi literature penlitian terlebih dahulu, untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian Kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.
2. Tahap Pengumpulan Data
Tahap pengumpulan berupa variabel waktu dan variabel biaya.
 - a. Variable Waktu
Data-data yang diperlukan pada variabel waktu :
Data *Commulative Progress (Kurva-S)*, meliputi :
 - 1) Jenis Kegiatan,
 - 2) Persentase Kegiatan
 - 3) Durasi Kegiatan
 Rekapitulasi perhitungan biaya proyek
 - b. Variabel biaya
Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :
 - 1) Jumlah biaya normal
 - 2) Durasi normal
 - 3) Daftar-daftar harga bahan dan upah tenaga kerja
 - 4) Gambar rencana proyek

4. Hasil Penelitian dan pembahasan

Data Penelitian

Data umum proyek Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Gorontalo Jembatan TPA Talumelito, dengan rincian sebagai berikut:

Kontraktor Utama : PT. X
Konsultan Pelaksana : PT. Y
Nilai proyek : Rp 3.639.610.036,00
Waktu Pelaksanaan : 238 Hari
Tanggal Pekerjaan dimulai: 21 Desember 2018

Data – Data Kegiatan Kritis

Pada Tabel 2 dapat lihat daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

No	Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	GSDSA	Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	42
2	PBM	Pasangan Batu dengan Mortar	35
3	TPSG	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	14
4	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	7
5	LFAKA	Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	28
6	LFAKS	Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	14
7	PBS	Perkerasan Beton Semen	28
8	LFB BK	Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	14
9	LRPAC	Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	14
10	LPAC	Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	14
11	LLF	Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	14
12	BS fc' 30	Beton Struktur, fc' 30 Mpa	84
13	BS fc' 20	Beton Struktur, fc' 20 Mpa	84
14	PB	Pasangan Batu	84

Analisis Biaya Lembur untuk Pekerja dan Alat Berat

Analiisis biaya lembur dapat dihitung dari besarnya upah biiaya lembur tenaga kerja dan alat berat yang berguna untuk mengretahui biaya total dari suatu kegiatan yang akan dilembur. Salah satu contoh analiisis perhitungan leembur dari tenaga kerja dan alat berat :

1. Alat Berat

Untuk Reesource Name : Wheel Loader
 Biiaya normal alatper jam : Rp 563.339,77
 Biiaya Operatoor : Rp 17.339,29
 Biiaya Pemb. Operatoor : Rp 11,625,00
 Keterangan :

bo = Biiaya operator (Rp / jam)
 bpo = Biiaya pembantu operator (Rp / jam)
 bn = Biiaya normal alat (Rp / jam)
 Biaya lembur per jam :
 Lembur 1 Jam (L1) = bn + 0,5 × (bo + bpo)
 Lembur 2 Jam (L2) = L1+bn + 1,0 × (bo+bpo)
 Lembur 3 Jam (L3) = L2 + bn + 1,0×(bo+bpo)

2. Tenaga Kerja

Untuk Resource Name : Pekerja
 Biaya normal pekerja per jam (bn) : Rp 11.625,00
 Biaya lembur per jam :
 Lembur 1 Jam (L1) = 1,5 × bn
 Lembur 2 Jam (L2) = L1 + (2,0 × 1 × bn)
 Lembur 3 Jam (L3) = L1 + (2,0 × 2 × bn)

Berikut ini merupakan hasil perhitungan biaya normal dan biaya lembur dari tenaga kerja dan alat berat pada lintasan kritis yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Biaya Normal, Biaya Lembur Alat Berat dan Tenaga Kerja

Pekerja / Alat Berat	Biaya normal Per Jam (Rp)	Overtime Cost					
		Lembur 1 Jam		2 Jam		3 Jam	
		1.00	biaya per jam	2.00	biaya per jam	3.00	biaya per jam
Pekerja	11.625,00	17.437,50	17.437,50	40.687,50	20.343,75	63.937,50	21.312,50
Tukang	14.482,14	21.723,21	21.723,21	50.687,50	25.343,75	79.651,79	26.550,60
Mandor	13.053,57	19.580,36	19.580,36	45.687,50	22.843,75	71.794,64	23.931,55
EXCAVATOR	591.845,40	606.327,54	606.327,54	1.227.137,23	613.568,61	1.847.946,92	615.982,31
CONC. MIXER	198.661,37	213.143,51	213.143,51	440.769,16	220.384,58	668.394,81	222.798,27
BULDOZER	827.646,51	842.128,65	842.128,65	1.698.739,45	848.369,72	2.555.350,24	851.785,41
WHEEL LOADER	563.339,77	577.821,92	577.821,92	1.170.125,98	585.062,99	1.752.430,04	587.476,68
DUMP TRUCK 6T	388.832,08	403.314,22	403.314,22	821.110,59	410.555,29	1.238.906,95	412.968,98
DUMP TRUCK 8T	702.759,45	717.241,59	717.241,59	1.448.965,32	724.482,66	2.190.689,05	726.896,35
MOTOR GRADER	668.682,31	683.164,45	683.164,45	1.380.811,05	690.405,53	2.078.457,65	692.812,22
TANDEM ROLLER	448.536,47	463.018,61	463.018,61	940.519,36	470.259,68	1.418.020,11	472.673,37
WATER TANKER	387.123,38	401.605,52	401.605,52	817.693,18	408.846,59	1.233.780,85	411.260,28
VIBRO ROLLER	399.243,31	413.725,46	413.725,46	841.933,06	420.966,53	1.270.140,66	423.380,22
BATCHING PLANT	747.938,40	762.420,54	762.420,54	1.539.323,23	769.661,61	2.316.225,91	772.075,30
TRUCK MIXER	811.354,30	825.836,44	825.836,44	1.666.155,03	833.077,51	2.506.473,61	836.491,20
CON. VIBRATOR	98.955,89	113.438,03	113.438,03	241.368,20	120.679,10	369.278,37	123.092,79
WATER TAN TRUCK	387.123,38	401.605,52	401.605,52	817.693,18	408.846,59	1.233.780,85	411.260,28
CONC. PAVER	468.720,85	483.202,99	483.202,99	980.888,13	490.444,06	1.478.573,27	492.857,76
ASP. DISTRIBUTOR	502.089,87	516.582,02	516.582,02	1.047.546,18	523.823,09	1.578.710,34	526.236,78
COMPRESSOR	260.853,85	275.435,99	275.435,99	555.354,12	282.677,06	855.272,25	285.090,75
AMP	7.916.911,33	7.931.393,48	7.931.393,48	15.877.269,10	7.938.634,55	23.823.144,72	7.941.048,24
GENSET	681.965,53	696.447,67	696.447,67	1.407.377,49	703.688,75	2.118.307,31	706.102,44
ASP. FINISHER	798.106,57	812.588,72	812.588,72	1.639.659,57	819.829,79	2.466.730,43	822.243,48
P. TYRE ROLLER	420.371,71	434.853,86	434.853,86	884.189,86	442.094,93	1.333.525,86	444.508,62
PAN. MIXER	747.938,40	762.420,54	762.420,54	1.539.323,23	769.661,61	2.316.225,91	772.075,30
CON PAN. MIXER	747.938,40	762.420,54	762.420,54	1.539.323,23	769.661,61	2.316.225,91	772.075,30

Analisis Durasi Percepatan

Produktivitas peekerjaan lembur untuk 1 jamperhari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jamperhari diperhitungkan sebesar 80%, dan 3 jamperhari diperhitungkan sebesar 70% dari produktivitas normal.

Penurunan produktifitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari bekerja, serta keadaan cuaca ysang dingin dan cuaca yang tidak memungkinkan untuk melakukan peekerjaan. Berikut contoh analisis durasi percepatan salah satu item pekerjaan :

Nama pekerjaan :Timbunan Pilihan dari

Sumber Galian

Volume pekerjaan :147,84 m3

Durasi normal :14 Hari (dengan jam kerja 7 jam/hari)

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

$$= \frac{147,84}{14} = 10,56 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produktivitas normal} = \frac{\text{produktifitas perhari}}{\text{jam kerja perhari}}$$

$$= \frac{10,56}{7} = 1,51 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi Percepatan (Dp) :

$$Dp = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum j1 \times pp \times Pa \times k)}$$

dengan :

- k = kebutuhan alat (unit/jam)
- Pa = produktivitas alat (m³/jam)
- jk = jam kerja (jam/hari)
- jl = jam lembur (jam/hari)
- pp = penurunan produktivitas

Durasi Percepatan (Dp) lembur 1 jam :

$$Dp \text{ 1 jam} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)}$$

$$= \frac{147,84 \text{ m}^3}{(0,03 \times 1,51 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 1,51 \times 0,03)}$$

$$= \mathbf{12,41 \text{ Hari}}$$

maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan
 = 14 Hari – 12,41 Hari
 = **1,59 Hari**

Hasil pengolahan data dari Microsoft Project 2010 dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Perhitungan durasi *crashing* Microsoft Project 2010

Kegiatan	Durasi		
	Normal	Lembur 1 jam	Lembur 2 jam
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	42	37,22	35,41
Pasangan Batu dengan Mortar	35	31,01	27,84
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	14	12,41	11,14
Penyiapan Badan Jalan	7	6,20	5,57
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	28	24,81	22,27
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	14	12,41	11,14
Perkerasan Beton Semen	28	24,81	22,27
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	14	12,41	11,14
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	14	12,41	11,14
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	14	12,41	11,14
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	84	74,43	66,82
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	84	74,43	66,82
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	84	74,43	66,82
Pasangan Batu	84	74,43	66,82

Analisis Biaya Percepatan

Berikut salah satu contoh analisis biaya percepatan :

Kondisi normal

- Nama pekerjaan : Timbunan Pilihan dari Sumber Galian
- Volume pekerjaan : 147,84 m³
- Durasi pekerjaan : 14 Hari (dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari)

Biaya total resource (Btr) :

Kondisi Normal

$$Btr = (Btrh \times \text{durasi}) + \text{Agregat B} + \text{Alat bantu}$$

$$= (\text{Rp. } 856.679,50 / \text{hari} \times 7 \text{ hari}) + \text{Rp. } 4.102.560 + \text{Rp. } 0$$

$$= \mathbf{\text{Rp. } 16.096.072,97}$$

Kondisi Lembur 1 Jam

$$Tbp = (Tbrh \times \text{durasi percepatan}) + \text{Bahan}$$

$$= (\text{Rp. } 128.457,28 / \text{hari} \times 12,41 \text{ hari}) + 4.102.560$$

$$= \mathbf{\text{Rp. } 16.323.244,09}$$

Hasil analisis biaya percepatan dari semua item pekerjaan sesuai dengan hasil perhitungan pada Microsoft Project 2010 dapat dilihat pada Tabel 5 dengan waktu lembur 1 jam, Tabel 6 dengan waktu lembur 2 jam, Tabel 7 dengan waktu lembur 3 jam.

Tabel 5 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 1 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal (Rp)	Lembur 1 jam (Rp)
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	1.462.973	1.489.099
Pasangan Batu dengan Mortar	11.987.479	12.107.372
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	16.096.073	16.323.244
Penyiapan Badan Jalan	1.403.704	1.433.417
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	74.020.479	74.311.125
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	1.322.544	1.325.896
Perkerasan Beton Semen	332.023.022	333.611.864
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	70.850.686	71.362.574
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	1.557.337	1.557.877
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	555.161	555.340
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	8.714.527	8.739.750
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	541.321.740	543.393.141
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	160.108.395	160.950.568
Pasangan Batu	891.956.694	906.260.396

Tabel 6 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 2 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal (Rp)	Lembur 2 jam (Rp)
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	1.462.973	1.516.711
Pasangan Batu dengan Mortar	11.987.479	12.280.818
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	16.096.073	16.571.596
Penyiapan Badan Jalan	1.403.704	1.467.776
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	74.020.479	74.604.470
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	1.322.544	1.329.239
Perkerasan Beton Semen	332.023.022	335.396.854
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	70.850.686	71.929.284
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	1.557.337	1.558.585
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	555.161	555.565
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	8.714.527	8.781.691
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	541.321.740	545.819.644
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	160.108.395	161.902.365
Pasangan Batu	891.956.694	926.870.644

Tabel 7 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 3 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal (Rp)	Lembur 1 jam (Rp)
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	1.462.973	1.539.199
Pasangan Batu dengan Mortar	11.987.479	12.422.078
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	16.096.073	16.571.596
Penyiapan Badan Jalan	1.403.704	1.495.760
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	74.020.479	74.843.379
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	1.322.544	1.331.961
Perkerasan Beton Semen	332.023.022	336.850.609
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	70.850.686	72.390.831
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	1.557.337	1.559.162
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	555.161	555.749
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	8.714.527	8.807.706
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	541.321.740	547.795.867
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	160.108.395	162.677.540
Pasangan Batu	891.956.694	943.656.310

Analisis Cost Variance, Duration Variance, dan Cost Slope

Salah satu contoh perhitungan diambil contoh item pekerjaan PBM untuk perhitungan analisis *cost variance* :

Nama pekerjaan : Timbunan Galian dari Sumber Galian

Biaya Normal : Rp 16.094.954,00

Biaya Percepatan :

Lembur 1 jam = Rp 16.323.703,00

Lembur 2 jam = Rp 16.571.780,00

Lembur 3 jam = Rp 16.773.979,00

Selisih Biaya :

Selisih Biaya = Biaya Percepatan – Biaya Normal

Untuk hasil dari analisis cost variance dari seluruh iitem pekerjaan dpengan menggunakan Microsoft Project 2010 dapat dilihat pada Tabel.8, 9, dan 10 adalah sebagai berikut :

Tabel 8 Hasil *cost slope* pada dengan waktu 1 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	Rp 57.477,00
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp 295.110,00
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	Rp 476.826,00
Penyiapan Badan Jalan	Rp 64.463,00
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	Rp 584.408,00
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	Rp 7.381,00
Perkerasan Beton Semen	Rp 3.375.697,00
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	Rp 1.053.146,00
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 7.038,00
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 7.151,00
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	Rp 68.026,00
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	Rp 4.498.598,00
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	Rp 1.794.405,00
Pasangan Batu	Rp 33.919.859,00

Tabel 9 Hasil *cost slope* pada dengan waktu 2 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	Rp 57.477,00
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp 295.110,00
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	Rp 476.826,00
Penyiapan Badan Jalan	Rp 64.463,00
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	Rp 584.408,00
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	Rp 7.381,00
Perkerasan Beton Semen	Rp 3.375.697,00
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	Rp 1.053.146,00
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 7.038,00
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 7.151,00
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	Rp 68.026,00
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	Rp 4.498.598,00
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	Rp 1.794.405,00
Pasangan Batu	Rp 33.919.859,00

Tabel 10 Hasil *cost slope* pada dengan waktu 3 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya
Galian Untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	Rp 80.727,00
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp 436.717,00
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	Rp 679.025,00
Penyiapan Badan Jalan	Rp 92.432,00
Lapisan Fondasi Agregat Kelas A	Rp 823.647,00
Lapisan Fondasi Agregat Kelas S	Rp 10.104,00
Perkerasan Beton Semen	Rp 4.829.817,00
Lapisan Fondasi Bawah Beton Kurus	Rp 1.541.828,00
Lapisan Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 7.338,00
Lapisan Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 7.210,00
Laston Lapis Fondasi (AC - Base)	Rp 93.801,00
Beton Struktur, f'c 30 Mpa	Rp 6.474.899,00
Beton Struktur, f'c 20 Mpa	Rp 2.569.672,00
Pasangan Batu	Rp 51.705.538,00

Analisis Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan kerja dan pengeluaran umum diluar biaya

konstruksi, biaya ini disebut juga biaya overhead (Wohon dkk., 2015).

Menentukan biaya tidak langsung

Penentuan biaya tidak langsung yang berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0.95 - 4,888(\ln - \ln(x2)) + \varepsilon$$

dengan :

$x1$ = Nilaii totall pryek

$x2$ = Durasii proek

ε = rrandom error

y = Prosentae biaya tak langsung

Sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x1 = \text{Rp. } 3.639.610.036,00$$

$$x2 = 238 \text{ hari}$$

$$\varepsilon = \text{random error}$$

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0,95 - 4.888\left(\ln\left(\frac{3.639.610.036,00}{0,21}\right) - \ln(238)\right) + \varepsilon$$

$$y = 19,77 \%$$

Biaya tidak langsung

$$= y \times x1$$

$$= 19,77 \% \times \text{Rp. } 3.639.610.036,00$$

$$= \text{Rp. } 719.705.960,79$$

Analisis Biaya Langsung

Biaya Langsung (*Direct Cost*), adalah biaya - biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan, seperti: Biaya bahan/material, pekerja/upah, dan peralatan (Frederika, 2010)

Biaya langsung = Nilai total proyek – biaya tidak langsung

$$= \text{Rp. } 3.639.610.036,00 -$$

$$\text{Rp. } 719.705.960,79$$

$$= \text{Rp. } 2.919.904.075,21$$

Analisis Biaya Total

Berikut perhitungan total biaya pada proyek pembangunan jembatan pabelan di Ruas Jalan Tlatar Talun :

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

$$\text{Total biaya} = \text{Rp. } 2.919.904.075,21 + \text{Rp. } 719.705.960,79$$

$$= \text{Rp. } 3.639.610.036,00$$

Analisa Perbandingan Antara Penambahan Jam lembur dan Penambahan Alat Berat

Untuk perbedaan biaya total antara penambahan waktu jam lembur dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja dapat dilihat dalam Tabel 10, Tabel 11 dan Tabel 12 sebagai berikut :

Tabel 10 Hasil perbandingan biaya enambahan jam lembur dan baya penambahan alat 1 jam

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GSDSA	42,00	37,22	3.610.717.114,18	3.581.788.323,42
PBM	35,00	31,01	3.593.995.278,71	3.627.554.510,22
TPSG	14,00	12,41	3.549.568.573,41	3.504.758.841,52
PBJ	7,00	6,20	3.591.613.674,64	3.625.144.984,74
LFAKA	28,00	24,81	3.554.162.872,55	3.480.704.858,72
LFAKS	14,00	12,41	3.629.972.511,73	3.475.901.555,51
PB	84,00	74,43	3.495.710.375,37	3.596.240.126,96
LFBBK	14,00	12,41	3.518.393.595,46	3.548.075.087,19
LRPAC	14,00	12,41	3.634.790.770,86	3.509.570.783,78
LPAC	14,00	12,41	3.625.156.073,59	3.543.259.703,21
LLF	14,00	12,41	3.605.930.031,05	3.499.947.617,83
BS fe' 30	84,00	74,43	3.522.703.169,59	3.552.890.851,94
BS fe' 20	84,00	74,43	3.563.517.766,82	3.514.382.838,64
PBS	28,00	24,81	3.510.338.834,18	3.490.325.896,08

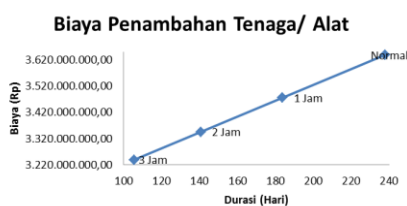
Tabel 11 Hasil perbndinga biaya penambahan jam lembur dengan bia penambahan alat 2 jam

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GSDSA	42,00	33,41	3.587.731.701	3.591.990.106
PBM	35,00	27,84	3.557.786.364	3.617.963.665
TPSG	14,00	11,14	3.478.440.611	3.371.357.084
PBJ	7,00	5,57	3.553.521.045	3.535.721.717
BS fe' 20	84,00	66,82	3.486.623.348	3.475.157.551
LPAC	14,00	11,14	3.622.305.098	3.527.069.114
PB	84,00	66,82	3.391.394.455	3.540.048.100
LFBBK	14,00	11,14	3.423.375.409	3.362.710.459
LRPAC	14,00	11,14	3.630.957.510	3.466.506.912
LFAKS	14,00	11,14	3.613.652.915	3.354.067.327
LLF	14,00	11,14	3.579.140.163	3.345.460.356
BS fe' 30	84,00	66,82	3.430.981.827	3.397.302.863
LFAKA	28,00	22,27	3.536.786.326	3.380.004.694
PBS	28,00	22,27	3.409.431.978	3.449.205.757

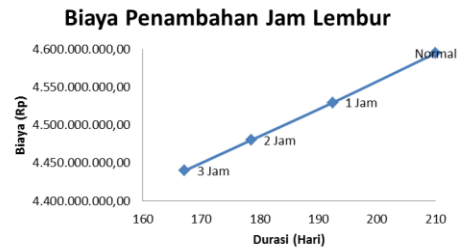
Tabel 12 Hasil perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya pnambahan alat 3 jam

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GSDSA	42,00	30,31	3.569.010.523,76	3.309.811.076,10
PBM	35,00	25,26	3.528.296.521,88	3.610.152.358,89
TPSG	14,00	10,10	3.420.511.886,75	3.427.566.609,20
PBJ	7,00	5,05	3.522.496.879,61	3.539.465.181,44
BS fe' 20	84,00	60,62	3.431.617.010,29	3.239.185.088,91
LRPAC	14,00	10,10	3.616.056.286,92	3.468.791.484,23
PB	84,00	60,62	3.308.301.740,67	3.298.037.166,55
LFBBK	14,00	10,10	3.346.039.573,98	3.333.361.272,64
LPAC	14,00	10,10	3.627.833.097,46	3.415.789.791,91
LFAKS	14,00	10,10	3.604.282.242,38	3.433.455.557,38
LLF	14,00	10,10	3.557.320.176,23	3.345.136.575,52
BS fe' 30	84,00	60,62	3.356.281.894,52	3.262.723.802,00
LFAKA	28,00	20,21	3.499.752.229,53	3.286.264.895,13
PBS	28,00	20,21	3.327.301.093,90	3.274.493.709,61

Berdasarkan metode *Duration Cost Trade Off* antara penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 sampai 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja didapatkan perbedaan - perbedaan dari keduanya yaitu dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 5 Grafik Perbandingan biaya normal dengan penambahan alat



Gambar 6 Grafik Perbandingan biaya normal dengan penambahan jam kerja



Gambar 7 Grafik Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan alat dan tenaga kerja dan penambahn jam lembur

Perhitungan biaya denda akibat keterlambatan

Berikut perhitungan biaya denda akibat keterlambatan proyek :

Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

Denda perhari sebesar 1 ‰ (satu permil) dari nilai kontrak.

Berikut dibawah ini salah satu contoh perhitungan biaya denda untuk pekerjaan kode PBM :

Total hari keterlambatan = 3,99 hari

Biaya total proye = Rp 4.594.661.732,00

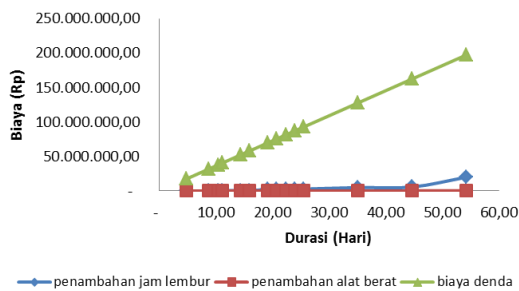
Total denda = $3,99 \times \frac{1}{1000} \times 2.919.904.075,21$
= Rp 14.512.369,13

Perrbandingan Antarra Peenambahan Jaam Kerrja dengan Allat Berat

Pada tabel 13 dan Gambar 8 dapat lihat bahwa, hasil penambahan biaya dari penambahan alat dan waktu lembuir yang kemudian dapat dibandingkan antara durasi percepatan dan biaya totalnya serta dengan denda apabila proyek mengalami keterlambatan dari jadwal peirencanaan.

Tabel 13 Perbandingan Penambahan biaya akibat penambahan jam kerja 1 jam , penambahan alat berat ,dan biaya denda.

Kode	Durasi	Selisih Biaya (Rp)		
		Lembur	Penambahan Alat Berat	Denda (Kumulatif)
GSDSA	37,22	30.185	17.341	17.414.843
PBM	31,01	153.053	19.435	31.927.212
TPSG	12,41	381.802	30.541	37.732.160
PBJ	6,20	411.722	32.540	40.634.634
LFAKA	24,81	702.924	57.599	52.244.529
LFAKS	12,41	707.713	77.344	58.049.477
PBS	24,81	2.299.048	101.718	69.659.372
LFBBK	12,41	2.812.522	109.002	75.464.319
LRPAC	12,41	2.816.305	119.995	81.269.267
LPAC	12,41	2.822.915	127.659	87.074.215
LLF	12,41	2.858.880	139.484	92.879.162
BS fc' 30	74,43	4.931.765	180.301	127.708.848
BS fc' 20	74,43	5.774.146	241.725	162.538.534
PB	74,43	20.083.976	275.156	197.368.220



Gambar 8 Perbandingan Biaya Penambahan Jam Lembur, Alat Berat/ Tenaga Kerja, dan Denda Pada Lembur 1 Jam

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan TPA Talumelito Gorontalo didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktudan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi normal 238 hari dengan biaya sebesar Rp. 3.639.610.036,00.
2. Setelah dilakukan penambahan waktu 1 jam lembur di dapatkan durasi *crashing* sebesar 183,77 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 3.495.710.375,37 Selanjutnya penambahan 2 jam lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 140,64 hari dengan biaya sebesar Rp. 3.391.394.455,22. Kemudian pada penambahan 3 jam lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 105,51 hari dengan biaya sebesar Rp. 3.308.301.740,67.
3. Perubahan waktu dan biaya akibat penambahan tenaga kerja/alat berat 1 jam didapatkan pada umur proyek 183,77 hari

kerja dengan total biaya sebesar Rp. 3.475.901.555,51. Untuk penambahan tenaga kerja 2 jam didapatkan pada umur proyek 140,64 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 3.345.460.356,06. Untuk penambahan tenaga kerja 3 jam pada umur proyek 105,51 dengan total biaya sebesar Rp. 3.239.185.088,91

6. Daftar Pustaka

- 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.
- Anggraeni, E.R., Hartono, W., dan Sugiyarto., 2017, Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha), *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5 (2), 605-614.
- 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.
- Bangun, T.D., Irwan, H., dan Purabasari, A., 2016, Analisis Percepatan Proyek Dengan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Ruang Akomodasi 50Pack AWB (Studi Kasus PT. Trikarya Alam), *Profisiensi*, 4 (1), 58-67
- 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.
- Frederika, A., 2010, Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa), *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14 (2), 113-126.

- 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.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004. Tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- 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.
- Pangesti, H., 2016, Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Cek Dam, Kabupaten Bandung), Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor KEP.11/PRT/M/2013. Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
- Priyo, M., dan Aulia, M.R., 2015, Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18 (1), 30-43.
- Priyo, M., dan Sartika, 2014, Analisis Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 17 (2), 98-105.
- 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 Teknik*, 19 (1), 1-15.
- S. K. Biswas, C. L. Karmaker, dan T. K. Biswasa, 2016, *Time-Cost Trade-Off Analysis in a Construction Project Problem: Case Study*, *International Journal of Computational Engineering Research (IJCER)*, 06 (10), 2250 - 3005
- Soeharto, I., 1995, *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid II* Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I Edisi Kedua* Erlangga, Jakarta.
- 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.