

Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Pada Proyek Kontruksi Jembatan

Study of Duration and Cost Optimization on Bridge Contruction Project

Rahmad Iqbal, Heri Zulfiar.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Keterlambatan menyebabkan timbulnya masalah baru dalam proyek, antara lain pembengkakan biaya dan lainnya. Berbagai macam cara dilakukan agar pekerjaan pada suatu proyek dapat dilakukan dengan *schedule* awal yang telah direncanakan. Dalam menentukan keberhasilan dari suksesnya sebuah proyek dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu waktu dan biaya. Kesuksesan tersebut dapat diukur dari durasi dalam penyelesaian proyek tersebut dengan singkat dan dengan biaya yang minimal namun tidak menghilangkan unsur mutu pekerjaan yang akan di hasilkan dari akhir pekerjaan. Metode umum yang dilakukan untuk menghasilkan proyek yang efektif dan efisien adalah dengan cara melakukan pembandingan biaya konstruksi dalam penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat. Dalam kasus ini metode yang digunakan adalah metode *Duration Cost Trade Off* dengan bantuan program *Microsoft Project 2016*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada kondisi normal proyek durasi 314 hari dengan total biaya Rp.14.241.166.197,50, setelah dilakukan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam durasi berubah menjadi 244,06 hari dengan total biaya Rp.13.778.447.090,46, untuk penambahan jam lembur selama 2 jam durasi berubah menjadi 193,76 dengan total biaya Rp.13.489.529.021,81, sedangkan untuk penambahan lembur selama 3 jam durasi berubah menjadi 157,05 dengan total biaya Rp.13.317.615.194,24, dan untuk penambahan alat berat 1 set durasi yang diperlukan 213,35 hari dengan total biaya Rp.13.576.752.037,93, untuk penambahan 2 set alat berat durasi yang diperlukan 161,92 hari dengan total biaya Rp.13.271.715.670,23, sedangkan penambahan 3 set alat berat durai yang diperlukan 126,56 hari dengan biaya sebesar Rp.13.084.332.116,56.

Kata-kata kunci: *Duration Cost Trade Off, Microsoft Project 2016, Jam Lembur, Alat Berat, Manajemen Proyek.*

Abstract. Lateness causes the emergence of new problem in a project, among others, cost overrun and so on. Various attempts have been done so that the works in a project can be done as the starting schedule that has been planned. In determining the achievement of the success of a project is influenced by factors like time and cost. The success can be measured from the duration of the project accomplishment in a short time and in minimum cost, but it does not lose the component of work quality that will be achieved in the end of the job. The general method implemented to produce effective and efficient project is by making comparison in construction cost between overtime and heavy duty equipment addition. In this study, the methd used is Duration Cost Trade Off method with the support of Microsoft Project 2016. The result of the research showed that in normal condition of the project, the duration was 314 days with total cost of Rp.14.241.166.197,50. After being added with 1 hour of overtime, the duration became 244,06 days with total cost of Rp.13.778.447.090,46, for adding 2 hours of overtime the duration became 193,76 with total cost of Rp.13.489.529.021,81, while for adding 3 hours of overtime, the duration became 157,05 with total cost of Rp.13.317.615.194,24, and for adding 1 set of heavy duty equipment the duration needed was 213,35 days with total cost of Rp.13.576.752.037,93, for adding 2 sets of heavy duty equipment the duration needed was 161,92 days with total cost of Rp.13.271.715.670,23, while for adding 3 sets of heavy duty equipment it needed 126,56 days with total cost of Rp.13.084.332.116,56.

Keywords: Duration Cost Trade Off, Microsoft Project 2016, Overtime, Heavy Equipment, Project Management

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan proyek pada dunia kontruksi pada saat ini menjadikan suatu kegiatan proyek semakin kompleks, dikarena dalam kegiatan pekerjaan suatu proyek

membutuhkan sumber daya yang digunakan untuk penyelesaian proyek tersebut, dari awal hingga akhir proyek. Pelaksanaan dalam kegiatan proyek kontruksi merupakan suatu rangkaian dari kegiatan yang saling

bergantung antara suatu pekerjaan dengan pekerjaan yang lainnya. Semakin besarnya suatu proyek, maka akan semakin banyaknya dan besarnya masalah yang di hadapi dalam proyek tersebut. Seperti permasalahan pada saat perencanaan yang dihadapi adalah permasalahan sumber daya yaitu biaya, tenaga kerja, waktu, alat, cuaca dan lain sebagainya, sampai pada saat pelaksanaan proyek tersebut.

Jika permasalahan tersebut tidak segera diatasi maka akan muncul masalah - masalah yang berkepanjangan seperti akan terjadinya keterlambatan pada penyelesaian proyek, pembiayaan proyek yang membengkak, penyimpangan kualitas mutu, pemborosan sumber daya dan masalah lainnya yang akan mengakibatkan kerugian pada pelaksana proyek tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut maka solusi yang tepat adalah memperhatikan jadwal waktu pada setiap kegiatan dalam proyek yang telah direncanakan, sehingga sumber daya, biaya, dan waktu dapat digunakan dengan tepat.

Karena tiga hal tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan dalam suatu pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk mencapai tingkat keberhasilan proyek yang tinggi, tiga faktor tersebutlah dalam suatu proyek konstruksi perlu dilakukan percepatan optimasi biaya dan waktu dengan membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan kritis, dan menghitung durasi proyek serta juga mengetahui jumlah sumber daya (*resources*).

Pada penelitian ini dibahas solusi terhadap permasalahan yang terjadi pada pelaksanaan Proyek Pembangunan (Duplikasi) Jembatan Bengkenang, Provinsi Bengkulu terutama mengenai optimasi waktu dan biaya karena keterlambatan proyek, dengan menggunakan beberapa metode antar lain *Least Cost Analysis*, *project crashing*, *crash program* yaitu dengan menggunakan metode *crashing* penambahan jam kerja dan penambahan peralatan konstruksi. Serta dibandingkan dengan biaya dan durasi dengan perubahan biaya serta durasi sebelum dan sesudah penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat tersebut dapat menggunakan aplikasi bantuan seperti aplikasi *Microsoft Project*, *Primavera* dan lainnya..

2. Landasan Teori

Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Frederika (2010), didapatkan hasil :

1. Biaya optimum didapat dengan penambahan 1 jam kerja, dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 784.104,16 dari biaya total normal yang jumlahnya sebesar Rp.2.886.283.000,00 menjadi sebesar Rp.2.885.498,84, dengan pengurangan 8 hari dari waktu normal 284 hari menjadi 276 hari.
2. Waktu optimum didapat dengan penambahan 2 jam kerja, dengan pengurangan waktu selama 14 hari dari waktu normal 284 hari menjadi 270 hari, dengan pengurangan biaya sebesar Rp.700.377 dari biaya normal Rp.2.886.283.000,00 yang menjadi sebesar Rp.2.885.582.622,65.

Penelitian yang dilakukan Zulfiar (2004), dengan pokok bahasan yang diteliti yaitu "Optimasi Percepatan Durasi Dengan Penambahan Jam Kerja Pada Proyek Pembangunan Jembatan". Percepatan durasi proyek yang dapat dilaksanakan optimal dengan penambahan jam kerja 4 jam adalah 69 hari kerja, sehingga durasi proyek minimum adalah 150 hari kerja dengan durasi 219 hari kerja. Total biaya Rp.1.553.607.590,00 menjadi Rp.1.536.959.501,33, sedangkan dari durasi 154 hari kerja sampai 150 hari kerja total biaya proyek akan meningkat yaitu dari Rp.1.536.959.501,33 sehingga menjadi Rp.1.537.569.684,43. Nilai total biaya proyek terendah adalah Rp.1.536.959.501,33 pada durasi proyek 154 hari kerja, sehingga percepatan durasinya adalah 65 hari kerja dari durasi normal dengan pengurangan biaya sebesar Rp.16.648.088,67. Durasi proyek 154 hari kerja adalah durasi optimum.

Penelitian tentang analisis biaya dan waktu terhadap penambahan jam kerja lembur dibandingkan penambahan tenaga pada proyek konstruksi, sebelumnya telah dilakukan oleh Chusairi (2015) dalam Penelitian Studi Optimasi Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO). Didapatkan hasil analisa percepatan optimum proyek adalah 291 hari dengan biaya optimum sebesar

Rp.5.789.862.276,72. Kondisi tersebut berbeda dengan kondisi normal proyek, dimana durasi normal proyek adalah 315 hari dengan biaya normal sebesar Rp.5.803.458.076,72. Saat kondisi percepatan optimum, biaya langsung menambah dari Rp.5.495.106.342,48 hingga berubah menjadi Rp.5.504.458.076,72 dan biaya tidak langsung berkurang dari Rp.307.953.000,00 menjadi Rp.285.404.200,00.

Proyek

Pada penelitiannya Wowor dkk. (2013) berpendapat bahwa proyek merupakan suatu kegiatan yang dapat direncanakan dan dilaksanakan dengan memanfaatkan dan mencari sumber dana untuk mendapatkan keuntungan, sumber yang digunakan dalam suatu proyek yaitu berupa barang, modal, tanah, bahan mentah, bahan setengah jadi tenaga kerja dan waktu.

Proyek Jembatan

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus dikarenakan adanya rintangan – rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, jalan kereta api, dan lain-lain. Jenis jembatan dibedakan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe strukturnya (Tumimomor dkk., 2014).

Manajemen Proyek

Proyek merupakan suatu kegiatan yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dan serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu, dan konstruksi merupakan suatu proses dimana rencana dan spesifikasi para perancang dikonversikan menjadi suatu struktur dan fasilitas fisik. Hal ini melibatkan pengorganisasian dan koordinasi dari semua sumber proyek yakni tenaga kerja, peralatan, material-material tetap dan sementara, persediaan dan keperluan umum, dana, teknologi, dan metode serta waktu untuk menyelesaikan proyek pada tepat waktunya, dalam batas-batas anggarannya dan sesuai dengan standar kualitas dan

pelaksanaan yang dispesifikasikan oleh perancang (Frederika, 2010). Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek merupakan kegiatan merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumber daya organisasi perusahaan untuk mencaai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu pula.

Penjadwalan Proyek

Menurut penelitian Adi dkk. (2016) menyebutkan manajemen merupakan penjadwalan pada suatu proyek sangat penting untuk mengatur semua kegiatan yang terdapat pada proyek tersebut, penjadwalan pekerjaan suatu proyek disusun agar dalam pelaksanaan proyek mencapai target waktu yang telah direncanakan. Dalam penjadwalan juga berfungsi untuk mengatur jumlah tenaga kerja, material, dan aliran dana yang digunakan untuk keberlangsungan proyek, sehingga manajemen penjadwalan sangat dibutuhkan karena mengatur seluruh kegiatan proyek.

Penjadwalan proyek merupakan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melakukan masing - masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan - keterbatasan yang ada di proyek.

Secara umum penjadwalan proyek mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan atau kegiatan mengenai batasan-batasan waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan saran untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan.
5. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Network Planning

Network Planning atau jaringan kerja merupakan suatu jaringan yang mempunyai kegunaan untuk menyusun urutan kegiatan

pekerjaan dengan hubungan ketergantungan yang kompleks, membuat perkiraan jadwal proyek, meminimalisasi kemungkinan ketidaktepatan penggunaan sumber daya (Darmayudha dkk., 2015).

Jaringan kerja yang mempunyai kegunaan untuk menyusun urutan kegiatan pekerjaan dengan hubungan ketergantungan yang kompleks, membuat perkiraan jadwal proyek, meminimalisasi kemungkinan ketidaktepatan penggunaan sumber daya

Penggunaan Microsoft Project

Dalam Wowor dkk. (2013) menyatakan bahwa pada sebuah proyek banyak sekali kegiatan yang harus dilakukan dengan cermat, tepat dan benar. Untuk itu sebuah perangkat lunak dapat digunakan untuk membantu manajer proyek. *Microsoft Project* merupakan salah satu program yang bisa mengelola data proyek. *Microsoft Project* merupakan suatu program yang dapat terintegrasi dengan mudah pada program *Microsoft Excel* maupun *Visio*. Terdapat manfaat dari *Microsoft Project* yaitu:

- a. Menyimpan detail mengenai proyek didalam data basenya yang meliputi detail tugas-tugas beserta hubungan satu dengan yang lain, sumber daya yang dipakai, biaya, jalur kritis dan lain-lain.
- b. Mengetahui informasi untuk menghitung dan memelihara jadwal, biaya dan termasuk menciptakan suatu perencanaan suatu proyek.
- c. Untuk melakukan pelacakan selama proyek berjalan apakah proyek selesai tepat waktu dan sesuai dengan anggaran yang direncanakan atau tidak.

Modal Tetap Proyek

Menurut Soeharto (1997) modal tetap merupakan suatu bagian dari biaya proyek untuk membangun atau menghasilkan proyek yang diinginkan, mulai dari pengeluaran studi kelayakan, desain engineering, pengadaan pabrikasi, kontruksi sampai instalasi atau produk tersebut berfungsi penuh. Modal tetap dibagi menjadi 2 yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

1. Biaya Langsung

Biaya langsung (*direct cost*) merupakan suatu biaya yang akan menjadai komponen

permanen pada hasil akhir proyek, dan biasanya berhubungan secara langsung pada pekerjaan kontruksi di lapangan, yang meliputi sebagai berikut :

- a. Biaya tenaga kerja
- b. Bahan / material
- c. Peralatan
- d. Biaya subkontraktor dan lain – lain.

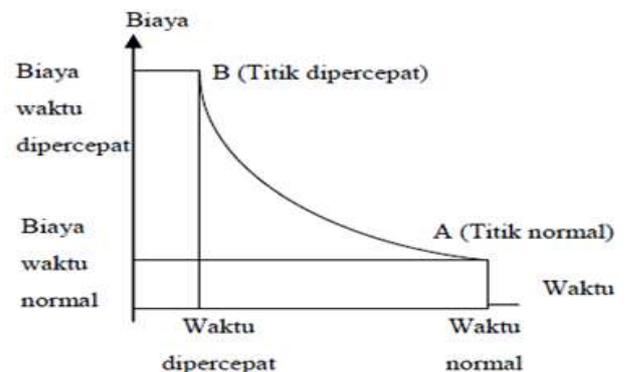
2. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) merupakan biaya – biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan pekerjaan kontruksi dilapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek karena biaya tidak langsung (*indirect cost*) sangat berkaitan dengan durasi proyek. Oleh karena itu dengan mengurangnya durasi proyek maka biaya tidak langsung (*indirect cost*) juga akan berkurang. Biaya tidak langsung meliputi :

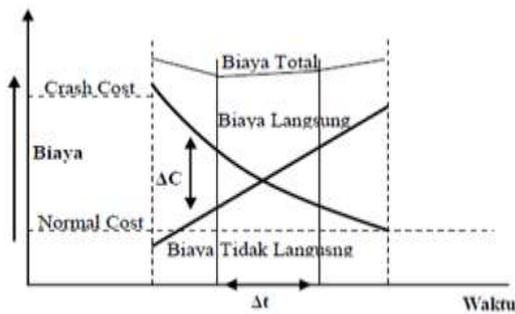
- a. Pajak, asuransi, dan perizinan
- b. Gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen
- c. Pembangunan fasilitas sementara
- d. Kontinjensi laba atau *fee*
- e. Biaya *overhead*

Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Dalam hubungan antara waktu dan biaya dijelaskan pada Gambar 1 dimana titik A digambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam lembur maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar.



Gambar 1 Grafik hubungan waktu – biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997)



Gambar 2 Grafik hubungan antara waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Soeharto, 1999)

Duration Cost Trade Off

Duration cost trade off merupakan suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Selanjutnya akan dilakukan kompresi pada kegiatan yang berada di lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kompresi dilakukan terus hingga lintasan kritis mempunyai aktivitas yang telah jenuh dari keseluruhan pekerjaan (Ervianto, 2008).

Cara – cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan unit pekerja untuk sore sampai malam (Ardika dkk., 2014).

Metode pengumpulann data data yang digunakan adalah:

- Data primer berupa wawancara dengan pihak kontraktor.
- Data sekunder berupa kurva S, RAB, daftar satuan upah, dan jumlah pekerja.

Crashing

Crashing adalah hubungan durasi dan biaya yaitu apabila proyek dilakukan dengan durasi lambat, biaya relatif rendah. Apabila proyek dilaksanakan dengan durasi normal biaya relatif normal, sedangkan jika proyek tersebut dilakukan dengan mempercepat durasi maka biaya akan menjadi lebih meningkat mahal (Simatupang dkk., 2015).

Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan

menambah jam lembur para pekerja. Penambah jam lembur ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memperdayakan sumber daya yang sudah ada di lapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pikul 08.00 dan selesai pikul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam normal selesai. Penambahan jam lembur bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, sesuai dngan waktu penambahan waktu yang kita inginkan. Smakin besar penambahan jam kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas.

Dari uraian diatas dapat ditulis sbagai berikut:

- Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

- Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} \quad (2)$$

- Produktivitas harian setelah *crash*

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam}) \quad (3)$$

Keterangan :

a = Lama penambahan jam lembur

b = Koefisien penurunan produktivitas

Nilai koefisien penurunan produktivitas dapat dilihat pada berikut :

Tabel 1 Koefisien Penurunan Produktivitas

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

Sumber: Soeharto (1997)

- Crash duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \quad (4)$$

Penambahan Alat

Dalam penambahan jumlah palat berat yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan alat pada suatu

aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja dan alat berat untuk aktivitas yang lain yang sedang berlangsung pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja diirumuskan sebagai berikut :

Perhitungan penambahan alat berat

$$Pab = (Jad / Jan) \times \text{jumlah keb.alat lain} \quad (5)$$

Keterangan :

Jan = Jumlah alat normal

Jad = Jumlah alat ditambah

Pab = Penambahan alat berat

3. Metode Penelitian

Deskripsi Proyek

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan (Duplikasi) Jembatan Bengkenang, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu. Berikut adalah salah satu contoh gambar rencana proyek terdapat pada gambar 4.

Pengambilan Data

Data dan informasi yang didapat dari pelaksanaan suatu proyek konstruksi sangat bermanfaat untuk mengevaluasi optimasi dari waktu dan biaya secara keseluruhan. Data pada penelitian ini menggunakan data sekunder, yang merupakan data yang berasal dari instansi yang terkait seperti konsultan, kontraktor, dan lain-lain. Pada penelitian ini dapata di dapatkan dari pihak pengawas Proyek Pembangunan Jembatan Bengkenang,

Provinsi Bengkulu dengan batasan-batasan yang telah dilampirkan pada Bab I diatas. Berikut adalah beberapa variabel yang mempengaruhi pada optimasi biaya dan waktu ini adalah variable durasi dan variable biaya.

Simulasi Model

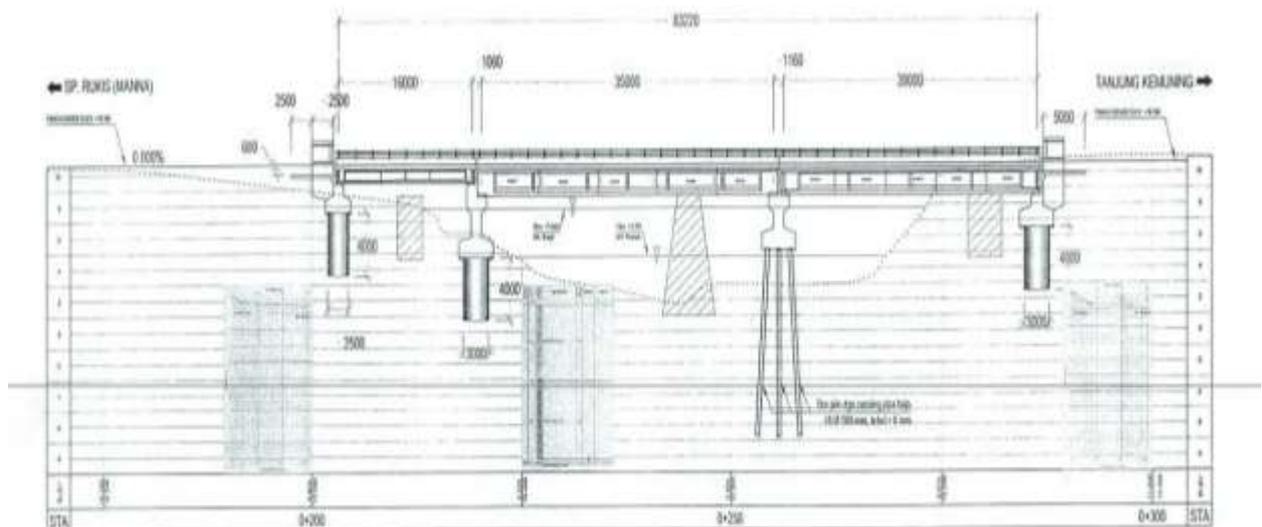
Dalam penelitian ini menggunakan metode penambahan jam lembur dan penambahan alat berat. Penambahan jam lembur sendiri merupakan penambahan jam kerja yang melebihi dari jam kerja normal yaitu 7 jam kerja dan waktu penambahan untuk jam kerja lembur pada penelitian ini dilakukan penambahan 1 sampai 3 jam/hari. Sedangkan untuk penambahan alat berat dilakukan penambahan alat berat 1 sampai 3 set pada setiap kegiatan pekerjaan.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data Penelitian

Berikut ini adalah data umum penelitian pada Proyek Pembangunan Duplikasi Jembatan Bengkenang, Kabupaten Bengkulu Selatan Provinsi Bengkulu adalah sebagai berikut :

Kontraktor Utama	: PT. A
Konsultan Supervisi	: PT. B
Konsultan Pelaksana	: PT. C
Lebar Jembatan	: 11.000 mm
Bentang Jembatan	: 83.220 mm
Tanggal dimulai	: 22 Agustus 2017
Waktu pelaksanaan	: 314 Hari kerja
Biaya Proyek	: Rp.14.241.166.197,50



Gambar 4 Desain Kontruksi Jembatan

Daftar Kegiatan Kegiatan Kritis

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

No.	Kegiatan	Durasi (Hari)
1	Galian Biasa	42
2	Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	49
3	Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	49
4	Galian Struktur dengan kedalaman 4 - 6 meter	49
5	Timbunan Biasa dari sumber galian	28
6	Timbunan Pilihan dari sumber galian	21
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	14
8	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	21
9	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	14
10	Lapis Perekat - Aspal Cair	21
11	Laston Laps Aus (AC-WC)	7
12	Laston Lapis Antara (AC-BC)	14
13	Beton mutu sedang fc'30 MPa untuk Trotoar	7
14	Beton mutu rendah fc'15 MPa	14
15	Beton mutu sedang fc'10 Mpa	28
16	Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1 Bentang 16 meter	28
17	Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1 Bentang 30 meter	14
18	Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1 Bentang 35 meter	14
19	Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan (post tension)	21
20	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik leleh 210 MPa)	28
21	Tiang Bor Beton, diameter 500 mm (termasuk Pia Casing T=600 mm)	21
22	Pasangan Batu	42
23	Pembongkaran Pasangan Batu	21
24	Pembongkaran Beton	28
25	Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	21

Dari Tabel 1 di atas menjelaskan bahwa beberapa pekerjaan yang akan dipercepat tersebut berdasarkan kegiatan - kegiatan kritis dimana kegiatan yang memiliki unsur alat berat. Adapun alasan dari pemilihan item kegiatan yang akan dipercepat dari kegiatan kritis tersebut adalah :

- 1 Kegiatan kritis yang terpilih tersebut harus memiliki unsur alat berat dan tenaga kerja sehingga dapat dipercepat dengan cara mengolah *resource work*.
- 2 Pada kegiatan kritis yang telah dipilih dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur dan penambahan jumlah alat berat serta tenaga kerja.

- 3 Pada kegiatan kritis yang telah dipilih tersebut apabila dipercepat dapat mengurangi biaya tidak langsung pada kegiatan tersebut.
- 4 Dengan cara mempercepat kegiatan kritis tersebut, maka dapat mengurangi durasi proyek secara keseluruhan sehingga proyek bisa berjalan lebih cepat.
- 5 Pada kegiatan kritis yang telah dipilih tersebut, berdasarkan hukum pareto yaitu biaya total yang paling terbesar terhadap item pekerjaan yang lain sebanyak 20%, dimana yang akan menghasilkan keuntungan sebesar 80%.

Penerapan Duration Cost Trade Off

Pada analisis *duration cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Jika waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Penerapan metode *duration cost trade off* dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara untuk mempercepat penyelesaian waktu proyek diantaranya :

1. Penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 Jam.
2. Penambahan alat berat

Penambahan Jam Kerja (lembur)

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 7 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00 - 16.00), dan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (18.00-21.00). Dalam keputusan peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah:

- a. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
- b. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.
- c. Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1.5 kali upah sejam.
- d. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Analisis Durasi Percepatan Lembur dan Penambahan Alat Berat

Dalam menganalisis durasi percepatan dari suatu item pekerjaan, hal yang harus diperhatikan adalah produktivitas normal alat berat, produktivitas lembur, kebutuhan alat perjam, serta volume dan durasi normal.

Menurut pendapat Mangitung (2008) Percepatan proyek dapat di definisikan sebagai sebuah cara merubah jadwal proyek dengan cara memperpendek satu atau lebih kegiatan yang akibatnya akan memperpendek total waktu yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Hasil dari observasi dan wawancara terhadap manajer proyek, keterlambatan penyelesaian suatu proyek disebabkan oleh beberapa faktor yaitu keadaan cuaca, kerusakan alat, keadaan lapangan seperti berlumpur dan tergenang air, serta masyarakat sekitar yang melakukan aksi demo menolak adanya kegiatan proyek dilingkungannya (Suherman & Hariono, 2016).

Berikut adalah kegiatan - kegiatan kritis yang akan dipercepat durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan jam lembur dari durasi normal yang ada.

Durasi Percepatan (Dp) :

$$Dp = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)} \quad (6)$$

dengan :

k = kebutuhan alat (unit/jam)

Pa = produktivitas alat (m³/jam)

jk = jam kerja (jam/hari)

jl = jam lembur (jam/hari)

pp = penurunan produktivitas

Tabel 3 Daftar Hasil Perhitungan Durasi Penambahan Jam Kerja

Kode	Durasi (Hari)			
	Normal	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
GB	42	37,22	33,79	31,28
GSk0-2	49	43,43	39,43	36,57
GSk2-4	49	43,43	39,43	36,57
GSk4-6	49	43,43	39,43	36,57
TB	28	24,82	22,54	20,86
TP	21	18,62	16,91	15,64
LPA-S	14	12,43	11,26	10,43
LPA-A	21	18,62	16,9	15,64

Berlanjut

Tabel 3 Daftar Hasil Perhitungan Durasi Penambahan Jam Kerja (Lanjutan)

Kode	Durasi (Hari)			
	Normal	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
LRP	14	12,43	11,26	10,43
LP	21	18,64	16,86	15,64
LLA	7	6,21	5,63	5,21
LLAn	14	12,42	11,27	10,43
Bm30	7	6,21	5,63	5,21
Bm15	14	12,43	11,26	10,43
Bm10	28	24,81	22,57	20,86
PG16	28	24,81	22,55	20,86
PG30	14	12,4	11,27	10,43
PG35	14	12,4	11,27	10,43
Bdia	21	18,61	16,9	15,64
PBJ34	28	24,82	22,57	20,86
TB500	21	18,61	16,9	15,64
PBJ34	42	37,22	33,79	31,28
PPB	21	18,61	16,9	15,64
PB	28	24,82	22,54	20,86
KPJ1	21	18,61	16,9	15,64

Berikut adalah kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat, durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan alat berat dari durasi normal yang ada.

Tabel 4 Daftar Hasil Perhitungan Durasi Penambahan Alat Berat

Kode	Durasi (Hari)			
	Normal	1 Set Alat	2 Set Alat	3 Set Alat
GB	42	41,77	41,55	41,33
GSk0-2	49	31,99	23,74	18,88
GSk2-4	49	33,04	24,92	20,01
GSk4-6	49	36,75	29,4	24,5
TB	28	27,14	26,33	25,57
TP	21	19,29	17,84	16,59
LPA-S	14	10,34	8,19	6,78
LPA-A	21	18,65	16,77	15,24
LRP	14	4,85	2,93	2,1
LP	21	5,44	3,13	2,19
LLA	7	5,86	5,03	4,41
LLAn	14	12,88	11,93	11,11
Bm30	7	6,59	6,22	5,89
Bm15	14	13,67	13,36	13,06

Berlanjut

Tabel 4 Daftar Hasil Perhitungan Durasi Penambahan Alat Berat (Lanjutan)

Kode	Durasi (Hari)			
	Normal	1 Set Alat	2 Set Alat	3 Set Alat
Bm10	28	27,34	26,72	26,12
PG16	28	23,33	20	17,5
PG30	14	11,67	10	8,75
PG35	14	11,67	10	8,75
Bdia	21	19,85	18,83	17,9
PBJ34	28	24,78	22,23	20,15
TB500	21	17,79	15,44	13,63
PBJ34	42	41,83	41,65	41,48
PPB	21	20,75	20,5	20,26
PB	28	27,51	27,05	26,59
KPJ1	21	20,57	20,16	19,77

Analisis Biaya Percepatan Lembur dan Penambahan Alat

Biaya percepatan merupakan suatu biaya yang dihasilkan akibat adanya durasi percepatan yang disebabkan oleh kondisi lembur 1 – 3 jam dalam hari. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam lembur dan durasi percepatan, menggunakan *Microsoft Project 2016* dan dikontrol dengan *Microsoft Excel 2016*. Untuk menghitung biaya percepatan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Biaya Penambahan Jam Kerja

a. Biaya lembur perhari (Blh) :

Biaya lembur alat 1 jam

$$= \text{biaya normal perjam} + (\text{koef.} \times (\text{b.operator atau supir}) + \text{b.pembantu operator atau pembantu supir}))$$

Biaya lembur pekerja 1 jam

$$= \text{koef.} \times \text{biaya normal per jam}$$

b. Biaya *resource* lembur perhari (Brlh) :

$$\text{Brlh} = \text{kr} \times \text{Blh}$$

c. Total biaya *resource* perhari (Tbrh) :

$$\text{Tbrh} = \text{Btrh normal} + \sum \text{Brlh}$$

d. Total biaya percepatan (Tbp) :

$$\text{Tbp} = (\text{Tbrh} \times \text{durasi percepatan}) + \text{bahan atau material}$$

Berikut ini salah satu contoh hasil analisa biaya lembur pada pekerjaan Timbunan Pilihan dari sumber galian (TP) :

$$\text{Biaya Normal} = \text{Rp. } 176.766.140,00$$

$$\text{Biaya Lembur 1 Jam} = \text{Rp. } 178.045.490,00$$

$$\text{Biaya Lembur 2 Jam} = \text{Rp. } 181.748.254,00$$

$$\text{Biaya Lembur 3 Jam} = \text{Rp. } 186.794.974,00$$

2. Biaya Penambahan Alat

a. Biaya kebutuhan alat

$$= \text{Kebutuhan alat} \times \text{biaya alat perhari}$$

b. Biaya Total Kegiatan

$$= \text{Biaya tenaga kerja} + \text{biaya material atau bahan} + \text{biaya kebutuhan alat}$$

Berikut salah satu contoh hasil analisa biaya lembur pada pekerjaan Timbunan Pilihan dari sumber galian (TP) :

$$\text{Biaya Normal} = \text{Rp. } 176.766.140,00$$

$$\text{Biaya Lembur 1 Jam} = \text{Rp. } 180.540.232,47$$

$$\text{Biaya Lembur 2 Jam} = \text{Rp. } 184.541.692,91$$

$$\text{Biaya Lembur 3 Jam} = \text{Rp. } 188.543.437,82$$

Cost Variance

Cost Variance merupakan selisih antara biaya setelah percepatan dan biaya normal suatu kegiatan proyek. Berikut ini adalah salah satu contoh hasil perhitungan *cost variance* pada kegiatan pekerjaan Timbunan Pilihan dari Sumber Galian (TP) :

1. *Cost Variance* Penambahan Jam Kerja

Lembur 1 jam

$$= \text{Rp. } 176.766.140,00 - \text{Rp. } 178.045.490,00$$

$$= \text{Rp. } 1.279.350,00$$

Lembur 2 jam

$$= \text{Rp. } 176.766.140,00 - \text{Rp. } 181.748.254,00$$

$$= \text{Rp. } 4.982.114,00$$

Lembur 3 jam

$$= \text{Rp. } 176.766.140,00 - \text{Rp. } 186.794.974,00$$

$$= \text{Rp. } 10.028.834,00$$

2. *Cost Variance* Penambahan Alat

Penambahan 1 Set

$$= \text{Rp. } 180.540.232,47 - \text{Rp. } 176.766.140,00$$

$$= \text{Rp. } 3.774.092$$

Penambahan 2 Set

$$= \text{Rp. } 184.541.692,91 - \text{Rp. } 176.766.140,00$$

$$= \text{Rp. } 7.775.553$$

Penambahan 3 Set

$$= \text{Rp. } 188.543.437,82 - \text{Rp. } 176.766.140,00$$

$$= \text{Rp. } 11.777.298$$

Duration Variance

Duration variance merupakan selisih durasi antara durasi normal dengan durasi percepatan akibat adanya lembur dari suatu pekerjaan. Berikut ini adalah salah satu contoh hasil perhitungan *duration variance* pada kegiatan pekerjaan Timbunan Pilihan dari Sumber Galian (TP) :

1. *Duration variance* Penambahan Jam Kerja

Lembur 1 jam = $21 - 18,62 = 2,38$ hari
Lembur 2 jam = $21 - 16,91 = 4,09$ hari
Lembur 3 jam = $21 - 15,64 = 5,36$ hari

2. *Duration variance* Penambahan Alat

Penambahan Alat 1 set
= $21 - 19,29 = 1,71$ hari
Penambahan Alat 2 set
= $21 - 17,84 = 3,16$ hari
Penambahan Alat 3 set
= $21 - 16,59 = 4,41$ hari

Cost Slope

Cost Slope merupakan biaya perhari dari selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi prcepatan. Berikut ini adalah salah satu contoh hasil perhitungan *cost slop* pada kegiatan pekerjaan Timbunan Pilihan dari Sumber Galian (TP) :

1. *Cost Slope* Penambahan Jam Kerja

Lembur 1 jam
= *Cost variance* / *Duration variance*
= Rp.1.279.350,00 / 2,38 hari
= Rp.537.542

Lembur 2 jam
= *Cost variance* / *Duration variance*
= Rp.4.982.114,00 / 4,09 hari
= Rp.1.218.121

Lembur 3 jam
= *Cost variance* / *Duration variance*
= Rp.10.028.834,00 / 5,36 Hari
= Rp.1.871.051

2. *Cost Slope* Penambahan Alat Berat

Penambahan Alat 1 set
= *Cost variance* / *Duration variance*
= Rp.3.774.092 / 1,71 hari
= Rp.2.207.072

Penambahan Alat 2 set
= *Cost variance* / *Duration variance*
= Rp.7.775.553 / 3,16 hari
= Rp.2.460.618

Penambahan Alat 3 set
= *Cost variance* / *Duration variance*
= Rp.11.777.298 / 4,41 hari
= Rp.2.670.589

Analisis Biaya Tidak Langsung dan Biaya Langsung

Dalam menentukan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari penelitian oleh Priyo dkk., (2017). Berdasarkan persamaan sebagai

berikut:

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1-0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon \quad (7)$$

dengan :

$x1$ = Nilai total proyek
 $x2$ = Durasi proyek
 ε = *random error*
= Prosentase biaya tak langsung

Sehingga biaya tidak langsung dari prayek adalah sebagai berikut :

$x1$ = Rp. 14.241.166.198
 $x2$ = 314 hari
 ε = *random error*
 y = $-0,95 - 4,888(\ln(x1-0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$
 y = $(0,95 - (4,888 (\ln (14.241.166.198/1000000000) - 0,21) - \ln (314)))$
= 16,14 %

Biaya tidak langsung = $y \times x1$
= 16,14 % \times Rp. 14.241.166.198
= Rp. 2.298.973.321,78

Analisis Biaya Langsung

Untuk menentukan biaya langsung terhadap total durasi paoyek dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

Biaya langsung = Nilai total proyek – biaya tidak langsung

Sehingga didapatkan nilai dari biaya langsung pada proyek adalah

Biaya langsung :
= Rp.14.241.166.198 – Rp.2.193.781.151,43
= Rp.12.047.385.046,07

Total Biaya

Dalam menentukan total biaya proyek terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan parsamaan sebagai berikut :

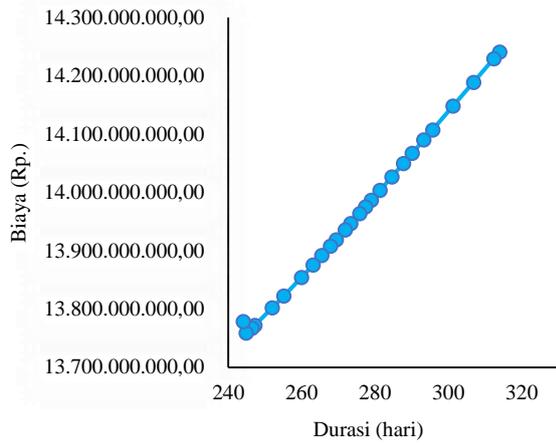
Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

Sehingga nilai dari total biaya pada proyek adalah

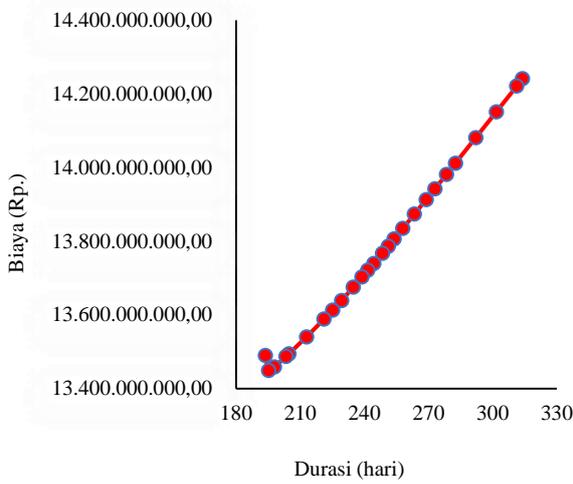
Total biaya
= Rp.11.942.292.875,72 + Rp.2.298.873.321,78
= Rp.14.241.166.198

Berikut ini merupakan data hasil analisis total biaya dan waktu proyek terhadap metode *crashing* penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat dapat dilihat sebagai berikut dengan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 7 hingga Gambar 10.

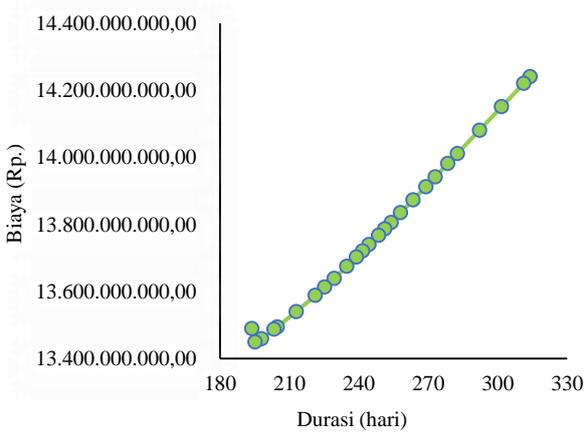
1. Penambahan Jam Kerja (lembur)



Gambar 5 Total biaya akibat penambahan jam lembur 1 jam

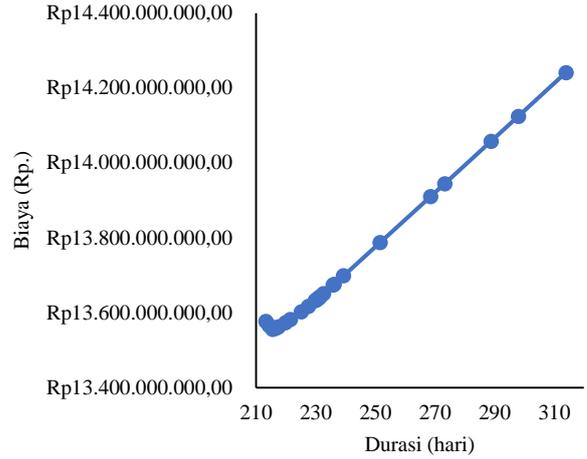


Gambar 6 Total biaya akibat penambahan jam lembur 2 jam

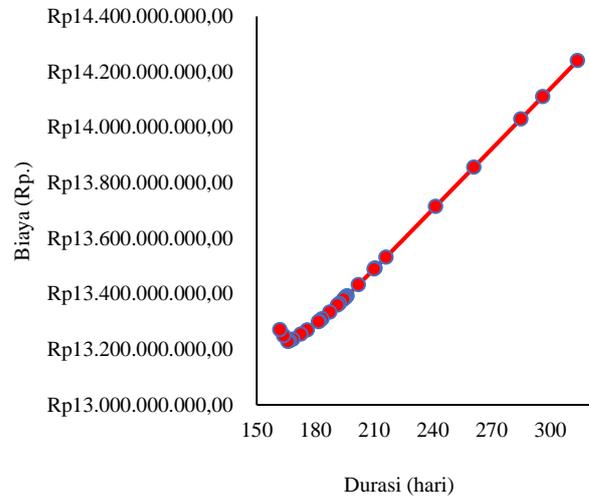


Gambar 7 Total biaya akibat penambahan jam lembur 3 jam

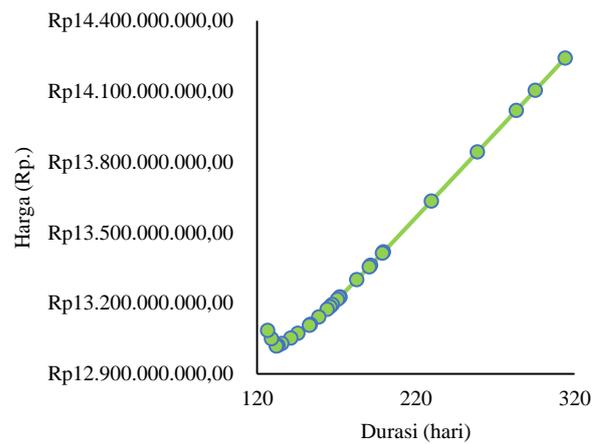
2. Penambahan Alat Berat



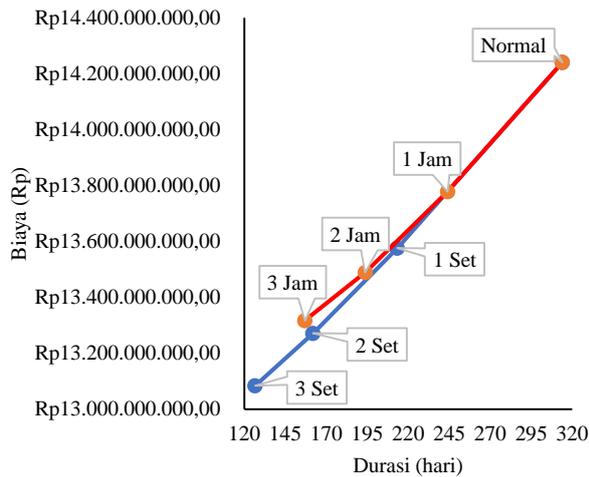
Gambar 8 Total biaya penambahan alat berat 1 set



Gambar 9 Total biaya penambahan alat berat 2 set



Gambar 10 Total biaya penambahan alat berat 3 set



Gambar 11 Perbandingan antara titik biaya normal dengan biaya penambahan alat dan penambahan jam lembur.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil dari analisis dan penambahan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Duplikasi Jembatan Bengkenang Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu di dapat kesimpulan sebagai berikut :

- Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 314 hari dengan biaya sebesar Rp.14.241.166.197,50
- Setelah dilakukan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam didapatkan *crashing* sebesar 244,06 hari dengan biaya sebesar Rp.13.778.447.090,46 selanjutnya untuk penambahan jam kerja lembur selama 2 jam didapatkan durasi *crashing* sebesar 193,76 hari dengan biaya sebesar Rp.13.489.529.021,81 kemudian pada penambahan jam kerja lembur selama 3 jam didapatkan durasi *crashing* sebesar 157,05 hari dengan biaya sebesar Rp. 13.317.615.194,24.
- Pada metode penambahan alat berat didapatkan hasil yaitu pada kondisi penambahan 1 set alat didapatkan durasi *crashing* sebesar 213,35 hari dengan total biaya sebesar Rp.13.576.752.037,93 selanjutnya pada kondisi penambahan 2 set alat didapatkan durasi *crashing* sebesar 161,92 hari dengan total biaya sebesar Rp.13.271.715.670,23 kemudian pada kondisi penambahan 3 set alat didapatkan durasi *crashing* sebesar 126,56 hari

dengan total biaya sebesar Rp.13.084.332.116,56.

6. Daftar Pustaka

- Adi, R. R. B., Traulia, D. E., Wibowo, M. A., dan Kistiani, F., 2016, Analisa Percepatan Proyek Metode Crash Program Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 148-158.
- Ardika, O. P. C., Sugiyarto, S., dan Handayani, F. S., 2014, Analisis Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi Ii A). *Matriks Teknik Sipil*, 2(3), 273-280.
- Chusairi, M., 2015, Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2), 9-15
- Darmayudha, N., Nudja, K., dan Armaeni, N. K., 2017, Analisa Program Percepatan Pada Proyek Konstruksi Dengan Metode Penambahan Jam Kerja (Studi Kasus Proyek Pembangunan Agranusa Signature Villa Nusa Dua Bali). *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 35-47.
- Ervianto, W. I., 2008, Pengukuran Produktivitas Kelompok Pekerja Bangunan Dalam Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung di Surakarta), *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 31-42
- Frederika, A., 2010, Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2), 113-126.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep. 102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Mangitung, D. M., 2008, Analisis Dampak Percepatan Jadwal Proyek Terhadap Biaya Konstruksi dengan Teknik

Statistika Non Parametrik, *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 71-79

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor KEP.11/PRT/M/2013 tentang *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*

Priyo, M., dan Sudiro, S., 2017, Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 20(1), 172-174.

Suherman, dan Hariono, Q. P., 2016, Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Access Road Construction and Soil Clean Up, *Jurnal Teknik Industri*, 2(2), 199-200.

Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Oprasional* Jilid II, Erlangga, Jakarta.

Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional* Jilid I Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta

Simatupang, J. S., Dundu, A. K. T., & Sibi, M., 2015, Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Waktu Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Persekolahan Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 281-291

Tumimomor, J. E. E., Manalip, H., dan Mandagi, R. J. M., 2014, Analisis Resiko Pada Konstruksi Jembatan Di Sulawesi Utara, *Sabua*, 6(2), 235-241

Wowor, F. N., Sompie, B. F., Walangitan, D. R. O., dan Malingkas, G. Y., 2013, Aplikasi Microsoft Project Dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek. *Jurnal Sipil Statik*, 1(8), 543-548.

Zulfiar, M. H., 2004, Optimasi Percepatan Durasi Dengan Penambahan Jam Kerja Pada Proyek Pembangunan Jembatan (Metode Least Cost Analysis). *Semesta Teknika*, 7(2), 185-196.