

Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Dengan Metode *Crashing* Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang Zona 1 STA 12+525 – 13+725

Cost and Working Time Efficiency With Duration Cost Trade Off Method on Toll Road Development Project Pandaan - Malang Zone 1 STA 12+525 – 13+725

Muhammad Alfian Samudra, Mandiyo Priyo.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Dalam pelaksanaan suatu proyek, biaya dan waktu sangat berpengaruh apakah proyek itu dikatakan berhasil atau mengalami kegagalan. Keberhasilan yang sering menjadi ukuran biasanya dilihat dari biaya yang minimal dan waktu penyelesaian yang relative singkat tanpa meninggalkan mutu atau kualitas hasil proyek tersebut. Cara yang biasa dilakukan untuk menghasilkan proyek konstruksi yang efektif dan efisien adalah dengan melakukan perbandingan biaya konstruksi dalam penambahan jam kerja (lembur) untuk mempersingkat waktu pekerjaan yang akan dibandingkan dengan ditambahkan tenaga kerja. Dalam kasus ini, salah satu metode yang sering digunakan adalah metode *crashing* dengan bantuan Aplikasi Microsoft Project 2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk penambahan jam kerja (lembur) selama 1 jam lebih rendah dari harga normal yaitu Rp. 121.885.861.337,53 dengan percepatan durasi 549,10 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 2 jam adalah Rp. 121.205.520.982,92 dengan percepatan durasi 519,79 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam adalah Rp. 120.785.666.897,50 dengan percepatan durasi 465,15 hari. Sementara untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 1 jam biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 121.814.597.164,04 dengan durasi 594,10 hari, dan untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 2 jam biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 120.826.574.876,35 dengan durasi 519,79 hari, dan biaya untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 3 jam adalah Rp. 120.099.646.859,31 dengan durasi percepatan 465,15 hari. Biaya – biaya yang mungkin dikeluarkan tersebut jauh dibawah biaya normal Rp. 123.038.493.927 dengan durasi 698 hari.

Kata kunci : Metode *Crashing*, Microsoft Project 2010, Penambahan Jam lembur, Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja, Biaya, Waktu

Abstract. In the execution of a project, cost and time are very influential whether the project is said to succeed or fail. The usual way to produce an effective and efficient construction project is to compare the construction costs in the addition of working hours (overtime) to shorten the time of work to be compared with the addition of labor. In this case, one of the most commonly used methods is the crashing method with the help of Microsoft Project 2010 Application. The results show that the cost incurred for additional hours (overtime) for 1 hour is lower than the normal price of Rp. 121,885,861,337.53 with acceleration of 549.10 days duration, for the cost of additional working hours (overtime) for 2 hours is Rp. 121.205.520.982,92 with acceleration of 519,79 days duration, for the cost of adding work hours (overtime) for 3 hours is Rp. 120.785.666.897,50 with acceleration of 465,15 days duration. While for the addition of power / heavy equipment for 1 hour the cost incurred is Rp. 121.814.597.164,04 with duration 594,10 days, and for the addition of labor / equipment for 2 hours the cost is Rp. 120.826.574.876,35 with a duration of 519,79 days, and the cost for adding power / heavy equipment for 3 hours is Rp. 120.826.574.876,35 with acceleration duration of 465,15 days. The costs may be far below the normal cost of Rp. 123.038.493.927 with a duration of 698 days.

Keywords: *Crashing Method, Microsoft Project 2010, Additional Hours Overtime, Addition of Heavy Equipment and Labor, Cost, Time*

1. Pendahuluan

Pelaksanaan proyek pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang Zona 1 STA 12+525 – 13+725 sangat berperan dalam mendukung laju perekonomian serta berperan sangat besar dalam kemajuan dan perkembangan suatu daerah.

Keberhasilan yang sering menjadi ukuran biasanya dilihat dari biaya yang minimal dan waktu penyelesaian yang relative singkat tanpa meninggalkan mutu atau kualitas hasil proyek tersebut. Pekerjaan proyek yang dikelola secara sistematis akan menghasilkan pekerjaan yang selesai dengan tepat waktu bahkan bisa lebih cepat, dan berdampak pada minimalnya biaya yang dikeluarkan sehingga akan memberi laba atau keuntungan dan akan terhindar dari denda akibat terlambatnya menyelesaikan proyek. (Priyo dkk., 2015)

Dalam mengatur jadwal proyek, yang sangat diperhitungkan adalah aspek waktu dan biaya pada setiap aktivitas proyek. Saat kondisi dibutuhkannya percepatan waktu dalam pelaksanaan maka waktu akan bersifat minimum tetapi dengan biaya maksimum, atau biasa dikenal dengan *Crash Program*. (Arvianto dkk., 2015)

Menurut Suryanto (2013) dalam penelitiannya tentang analisis biaya dan waktu pelaksanaan proyek pekerjaan struktur pembangunan Gedung Inspektorat Kota Yogyakarta, mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proyek tersebut biaya proyek pada saat kondisi normal diperoleh sebesar Rp 1.317.998.272,00 dengan waktu pelaksanaan 66 hari kerja. Setelah ada penambahan 3 jam kerja dan pengurangan biaya dengan biaya dengan total sebesar Rp 34.487.888.00 dan biaya kompresi durasi menjadi sebesar Rp 1.283.510.383,00
2. Pada percepatan dengan penambahan tenaga kerja sesuai kompresi durasi yang sudah ditentukan, maka didapatkan hasil waktu proyek menjadi 49,17 hari dari waktu normal 66 hari kerja dan dengan biaya normal berkurang sebesar Rp 64.071.076,00 dari biaya normal sebesar Rp 1.317.998.827.196,0 sehingga

didapatkan biaya kompresi durasi hanya sebesar Rp 1.253.927.196,00.

3. Sedangkan perbandingan dari hasil kompresi durasi dan besaran biaya antara percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, didapatkan percepatan proyek lebih efisien biaya dan waktu dengan penambahan tenaga kerja dikarenakan pelaksanaan proyek yang pendek dengan biaya yang berkurang dari biaya normal.

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pekerjaannya, sehingga dibuat rumusan masalah antara lain, Besar perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek dengan penambahan jam kerja dan tambahannya tenaga kerja, menghitung bagaimana perbandingan durasi optimal dan biaya optimal dari penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja, dan Selisih perbandingan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan kerja dan tenaga kerja.

Adapun tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian ini adalah menghitung perubahan biaya, waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja, dan penambahan jam kerja, dan membandingkan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja serta tambahannya jam kerja. Serta untuk bahan pertimbangan masukan bagi perusahaan yang mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijakan pelaksanaan pembangunan proyek jalan raya, dan untuk memberikan gambaran dan pengetahuan tentang menggunakan *Microsoft Project* dalam manajemen proyek.

Diantaranya akan dibuatkan batasan masalah guna membatasi dan mengarahkan lingkup penelitian, sebagai berikut:

- A. Hari kerja langsung dalam proyek berkisar 08:00-16:00 dengan waktu istirahat 11:00-12:00 WIB dan maksimum jam lembur 8 jam 16:00-19:00 yang diperkenankan.
- B. Pengoptimasian waktu dan biaya dengan metode penambahan jam kerja menggunakan *Microsoft Project 2010*.

- C. Perhitungan Analisis percepatan waktu proyek pada penelitian ini menggunakan alternative variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.
- D. Perhitungan biaya denda menggunakan alternative besarnya perubahan durasi proyek sesudah dilakukan kompresi akibat penambahan tenaga kerja dikalikan 1 per mil biaya total proyek.

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek

Menurut Widiyanti (2013) manajemen diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka pencapaian tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Dasar – dasar pengertian manajemen adalah mencakup suatu teknik/metode atau proses dalam mencapai tujuan tertentu secara sistematis serta efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planing*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien.

Dalam manajemen konstruksi sering melibatkan waktu dan pengaplikasian sumber daya untuk membangun suatu proyek konstruksi (Widiyanti, 2013). Sumber daya tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Tenaga Kerja (*Manpower*)
- b. Alat dan peralatan (*Machiners*)
- c. Bahan bangunan (*Material*)
- d. Uang (*Money*)
- e. Metode (*Method*).

Pada penelitian ini menggunakan berbagai data angka berupa data mengenai waktu dan biaya yang digunakan selama proses pembangunan proyek berlangsung, sehingga penelitian ini disebut penelitian kuantitatif (Izzah, 2017).

Network Planning

Network planning adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya

Biaya Total

Secara umum biaya pada proyek konstruksi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya langsung tersingkat dengan tujuan untuk menyelesaikan proyek dengan durasi normal. (Maddepong dkk., 2015).

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah Biaya akan turun bila waktu proyek diperpendek. Tetapi terbatas pada biaya supervisi atau biaya variabel (*variable cost*) seperti gaji pengawas maupun logisti (e.g.. makanan). (Mangitung, 2008) , yang meliputi:

Presentase biaya tidak langsung ditentukan berdasarkan hasil penelitian dari Jayadewa (2016) berupa persamaan sebagai berikut :

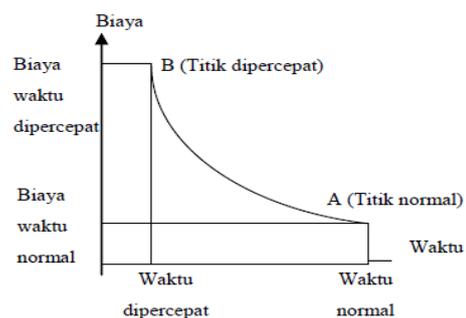
$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon \quad (1)$$

dengan:

- $x1$ = nilai total proyek,
- $x2$ = durasi proyek,
- ε = *random error*, dan
- y = prosentase biaya tidak langsung

Hubungan Antara Biaya dan Waktu

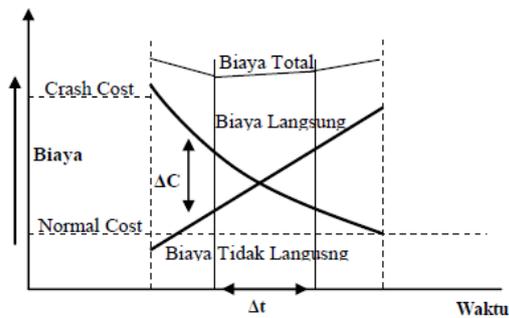
Biaya total bergantung pada waktu pelaksanaan proyek tersebut. Dibawah ini adalah hubungan antara waktu dengan waktu dapat dilihat Gambar 1 dibawah ini



Gambar 1 Hubungan biaya dengan waktu sebelum dan sesudah dipercepat suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Titik A pada gambar diatas disini memperlihatkan kondisi pada saat normal, serta titik B menunjukkan kondisi dipercepat atau crashing. Garis – garis yang

menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. *Gambar 2.1* membuktikan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam lembur maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, tetapi disisi lain mengakibatkan biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar atau maksimum.



Gambar 2 Hubungan antara waktu dengan biaya total, biaya langsung, serta biaya tak langsung (Soeharto, 1997)

Gambar 2 diatas memperlihatkan hubungan antara biaya tidak langsung, biaya langsung dan biaya total di suatu grafik membuktikan bahwa biaya maksimum bisa dicari dengan total biaya proyek paling kecil.

Metode Crashing

Di suatu perencanaan proyek di samping variable sumber daya serta waktu, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) adalah faktor penting di suatu manajemen konstruksi, dimana biaya yang dikeluarkan harus paling minimal. Tetapi pada saat pengendalian biaya juga harus memperhatikan aspek waktu atau durasi proyek karena terdapat hubungan yang sangat erat antara biaya – biaya dengan waktu penyelesaian proyek tersebut.

Di dalam analisis *crashing* ini pada saat waktu penyelesaian proyek berubah akan turut serta megubah biaya yang dikeluarkan. *Crashing* adalah istilah suatu kegiatan untuk mempersingkat umur proyek. *Crashing* dalam penelitian ini menggunakan dua alternatif yaitu penambahan shift kerja dan kapasitas alat (Handayani dkk., 2017).

Macam – macam cara yang sering digunakan untuk melakukan percepatan penyelesaian waktu proyek, sebagai berikut:

1. Menambah jam kerja (lembur)

Cara ini bisa dilakukan bisa dilakukan tanpa harus menambah pekerja

2. Menambah tenaga kerja
Cara ini bisa dilakukan dengan menambah pekerja pada satu unit pekerja tanpa harus menambah jam kerja
3. Menambah atau ganti peralatan
Penambahan peralatan dimaksudkan untuk menambah produktivitas. Namun, perlu diperhatikan adanya penambahan biaya langsung untuk mobilitas dan demobilitas alat tersebut.
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
Dengan memilih sumber daya yang berkualitas akan aktivitas akan cepat selesai karena mempunyai produktivitas yang tinggi dengan tentunya hasil yang baik
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Cara – cara ini bisa dilakukan dengan terpisah maupun kombinasi, misalnya menambah jam kerja bisa dikombinasikan dengan menambah tenaga kerja, biasa disebut bergiliran (*shift*), dimana pekerja untuk pagi sampai dengan sore akan berbeda dengan pekerja untuk sore sampai dengan malam.

Cara untuk pengumpulan data sebagai berikut:

- a. Data primer berupa wawancara dengan pihak kontraktor.
- b. Data sekunder berupa kurva S, RAB, daftar satuan upah, dan jumlah pekerja. (Kisworo dkk., 2017)

Alternatif Percepatan/ Skenario Crashing

Adapun asumsi – asumsi untuk menyederhanakan percepatan dengan penambahan jam kerja adalah :

- a. Jam kerja normal mulai dari pukul 08.00 s/d 16.00, istirahat 1 jam pada siang. Sehingga kerja efektif 7 jam, sedangkan untuk overtime (lembur) adalah 3 jam mulai dari jam 16.00-19.00
- b. Disini yang penting diperhatikan kemampuan fisik para pekerja akan otomatis menurun serta penerangan yang akan berkurang, maka produktivitasnya dihitung 75% dari normal. (Ardika dkk., 2014)

Produktivitas Kerja

Produktivitas disini diartikan rasio antara keluaran dan masukan atau bisa disebut sebagai rasio hasil produksi dengan total sumber daya. Pada pembangunan proyek konstruksi, tenaga kerja, metode, biaya material serta alat adalah nilai yang yang diukur selama proses konstruksi itu berlangsung. Pengelolaan sumber daya serta tenaga kerja yang efisien dan tentunya efektif menjadi faktor atas keberhasilan dari keberhasilan proyek tersebut. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masingpekerja dikarenakan setiap orang yang bekerja tentunya memiliki sifat atau karakter yang tentunya tidak sama satu sama lain.

Melaksanakan Menambah Jam Kerja (Overtime)

Menambah jam kerja atau biasa disebut lembur adalah salah satu cara untuk mempercepat durasi duatu proyek. Cara ini sering dilakukan karena memanfaatkan sumber daya yang sudah ada serta cukup dengan mengefesiansikan biaya tambah yang dikeluarkan oleh kontraktor yang bersangkutan. Waktu kerja normal perhari biasanya 7 jam mulai dari 08.00 dan berakhir pada jam 16.00 pada satu jam istirahat, lalu kemudian jam lembur akan dilakukan setelah jam kerja normal (sebelum di crash) selesai.

Semakin besar untuk menambah jam kerja otomatis akan menimbulkan produktivitas yang berkurang. Biasanya dilakukan waktu tambah antara 1 jam, 2 jam, dan 3 jam..

1. Produktivitas harian (PH)

$$PH = \frac{Volume}{Durasi\ normal} \quad (2)$$

2. Produktivitas setiap jam (PJ)

$$PJ = \frac{Produktivitas\ harian}{Jam\ kerja\ perhari} \quad (3)$$

3. Produktivitas harian sesudah *crash* (PC)

$$PC = (jam\ kerja\ normal\ perhari \times produktivitas\ setiap\ jam) + (a \times b \times produktivitas\ setiap\ jam) \quad (4)$$

4. Crash duration (CD)

$$CH = \frac{Volume}{Produktivitas\ harian\ sesudah\ crash} \quad (5)$$

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 |
| 4 jam | 0,4 | 60 |

Menambah Tenaga Kerja dan Alat Berat

Dengan memilih cara ini hal yang harus diperhatikan adalah melihat apakah ruang kerja masih lapang ataukah sudah terlalu sesak karena jika dilakukan cara ini, tidak dibolehkan mengganggu aktivitas yang lain. Serta harus ada pengawasan terhadap ruang kerja yang bisa dikatakan sudah sesak dengan pengawasan yang kurang akan tentunya menurunkan produktivitas para pekerja.

1. Menambah tenaga kerja perhitungannya sebagai berikut:

2. Jumlah tenaga kerja normal

$$Normal = \frac{(Koefisien\ tenaga\ kerja \times volume)}{Durasi\ normal} \quad (6)$$

3. Jumlah tenaga kerja dipercepat

$$Dipercepat = \frac{(Koefisien\ tenaga\ kerja \times volume)}{Durasi\ dipercepat} \quad (7)$$

Biaya Penambahan Alat Berat dan Pekerja (Crash Cost)

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 diperhitungkan upah untuk menambah kerja disini cukup bervariasi. 1,5 kali upah pertama diberikan pada pekerja jika dilakukan penambahan jam kerja. Serta jika dilakukan penambahan jam kerja lagi, maka upah yang diberikan adalah 2 kali upah jam normal, dan begitu seterusnya.

Menghitung biaya tambah akibat penambahan tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Biaya normal tenaga kerja dan alat perhari
= Biaya Normal x keb. *resource* x Jam kerja (8)

2. Biaya total pekerjaan

$$= (\text{Biaya total } resource \times \text{durasi}) + (\Sigma \text{ biaya material}) \quad (9)$$

3. Biaya lembur tenaga kerja

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} \times 1,5 \quad (10)$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{bl 1 jam} + (\text{bn} \times 2,0) \quad (11)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{bl 2 jam} + (\text{bn} \times 2,0) \quad (12)$$

Keterangan :

bn = biaya normal (Rp)

bl = biaya lembur (Rp)

4. Biaya lembur alat berat

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} + (0,5 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (13)$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{Lembur 1 jam} + \text{Biaya normal} + (1,0 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (14)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{Lembur 2 jam} + \text{Biaya normal} + (1,0 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (15)$$

Keterangan :

bo = biaya operator (Rp)

bpo = biaya pembantu operator (Rp)

5. *Crash cost* pekerja perhari

$$= (\text{Biaya total } resource \times \text{durasi } crashing) + (\Sigma \text{ biaya material}) \quad (16)$$

6. *Cost slope*

$$= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crash}} \quad (17)$$

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi dilakukannya penelitian ini adalah di proyek Tol Pandaan-Malang dengan area yang saya lakukan sebagai penelitian, yaitu terdapat pada zona 1 yang meliputi STA 12+525 hingga STA 13+725 dengan panjang 1 km, lokasi proyek ini berada di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Dilakukan penelitian ini guna menganalisis optimasi waktu dan biaya pada proyek tersebut

Tahap dan Prosedur Penelitian

1. Tahap Persiapan

Tahapan persiapan adalah tahapan awal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian, pada tahapan ini perlu dilakukan

studi literature berupa pendalaman ilmu kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan komplikasi data

2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan suatu pelaksanaan untuk melakukan evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan.

Variable – variable yang mempengaruhi dalam pengoptimasian waktu dan biaya diantaranya adalah :

a. Variable Waktu

Data yang mempengaruhi variable waktu diperoleh dari kontraktor PT. X. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah:

Data cumulative progress (kurva-S), meliputi: jenis kegiatan, persentase kegiatan, durasi kegiatan.

Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

b. Variabel biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain: daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran (jumlah biaya normal dan durasi normal), daftar-daftar harga bahan dan upah, dangambar rencana proyek.

Data-data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan ini diperoleh dari kontraktor pelaksana, meliputi : Rencana Anggaran Biaya (RAB); Analisa harga satuan pekerjaan; Daftar-daftar harga satuan upah; bahan dan alat; *Time schedule*; dan Biaya tidak langsung

Tahap Analisa Percepatan dengan Aplikasi Program dan Metode Time Cost Trade Off

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project* 2010. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis ke dalam program, maka *Microsoft Project* ini nantinya akan melakukan kalkulasi secara otomatis sesuai dengan rumus – rumus kalkulasi yang telah dibuat oleh program ini.

Proses menginputkan ke program untuk perencanaan dan *update* perencanaan dengan bantuan *Microsoft Project* ini dilakukan pengujian dari semua kegiatan yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada

jalur kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kemudian membandingkan hasil analisis percepatan yang berupa perubahan biaya proyek sebelum dan sesudah penambahan jam lebur dan penambahan alat berat dengan biaya denda akibat keterlambatan.

Tahap Kesimpulan

Tahap kesimpulan merupakan tahap mengambil keputusan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

4. Pembahasan dan Hasil

Data Penelitian

Berikut data dari Proyek Pembangunan Jalan Bugel – Girijati Tahap II yang terletak di Kabupaten Sleman adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : PT PP
(Persero) Tbk.
Konsultan Supervisi : PT. Virama
Karya
Kontraktor : PT. PP Presisi
Anggaran : Rp.
123,038,493,927.00
Tanggal pekerjaan dimulai : 16 November
2016
Tanggal pekerjaan selesai : 26 Agustus
2017

Data – Data Kegiatan Kritis

Tabel 2 menjelaskan bahwa beberapa kegiatan yang akan dipercepat merupakan pekerjaan yang memiliki unsur tenaga kerja

Tabel 2 Daftar Kegiatan Kritis

| No | Kode | Uraian Pekerjaan | Durasi (hari) |
|----|-------|--|---------------|
| 1 | PTK | Pembersihan Tempat Kerja | 122 |
| 2 | PPBSB | Pembongkaran Pasangan Batu atau Struktur | 31 |
| 3 | GBT | Galian Biasa Untuk Timbunan | 90 |
| 4 | CBM | Common Borrow Material | 151 |
| 5 | SBM | Selected Borrow Material | 153 |
| 6 | UMB | Urugan Material Berbutir | 91 |
| 7 | PBK | Pasangan Batu Kosong | 92 |
| 8 | PTD | Persiapan Tanah Dasar | 89 |
| 9 | LPAKA | Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 92 |
| 10 | GBBC | Galian Biasa Box Culvert | 62 |

Analisis Biaya Lembur untuk Pekerja dan Alat Berat

Analisis biaya lembur dihitung untuk mencari besarnya upah biaya lembur dari alat berat dan tenaga kerja. Berikut contoh analisis perhitungan lembur dari tenaga kerja dan alat berat sebagai berikut :

1. Tenaga Kerja

Untuk *Resource Name* : Pekerja

Biaya normal pekerja per jam (bn) :

Rp 10.000,00

Biaya lembur per jam

Lembur 1 Jam (L1) = 1,5 x 10.000,00

= Rp 15.000,00

Lembur 2 Jam (L2) = (1,5 x 10.000,00) + (2 x 1 x 10.000,00)

= 15.000,00 + 20.000,00

= Rp 35.000,00

Lembur 3 Jam (L3) = (1,5 x 10.000,00) + (2 x 2 x 10.000,00)

= 15.000,00 + 40.000,00

= Rp 55.000,00

2. Alat Berat

Resource Name : Bulldozer

Biaya normal alat per jam : Rp 197.758,55

Biaya Operator : Rp 20.000,00

Biaya Pemb. Operator : Rp 10.000,00

Biaya lembur per jam :

Lembur 1 Jam (L1)

= 350.080,52 + 0,5 x (21.428,57 + 11.428,57)

= 350.080,52 + 16.428,57

= Rp 366.509,09

Lembur 2 Jam (L2)

= L1 + 350.080,52 + 1 x (21.428,57 + 11.428,57)

= 716.589,61 + 32.857,14

= Rp 749.446,75

Lembur 3 Jam (L3)

= L2 + 350.080,52 + 1 x (21.428,57 + 11.428,57)

= 1.099.527,27 + 32.857,14

= Rp 1.132.384,41

Analisis Durasi Percepatan

Durasi aktifitas adalah lamanya waktu dari Menurut Mangitung (2008), merubah jadwal proyek dengan cara memperpendek salah satu aktivitas atau bisa lebih entah itu aktivitas yang berurutan maupun tidak dan mengakibatkan memperpendek total waktu pelaksanaan proyek yang awalnya telah ditetapkan melalui perjanjian antara pihak pengguna jasa mau kontraktor atau jasa

konstrksi adalah definisi dari percepata (i.e. kontraktor).

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam per hari dihitung dengan sebesar 80%, dan 3 jam per hari diperhitungkan sebesar 70% dari produktivitas normal. Turunnya produktifitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh lelahnya operator dan pembantu operator, terbatasnya pandangan di malam hari, serta keadaan dinginnya cuaca pada malam hari.

Hasil observasi dan wawancara terhadap manajer proyek, keterlambatan penyelesaian proyek ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu keadaan cuaca yang tidak menentu, kerusakan alat yang mengharuskan alat diperbaiki terlebih dahulu, keadaan lapangan seperti berlumpur dan tergenang air, hingga masyarakat sekitar yang melakukan aksi demo menolak adanya kegiatan proyek dilingkungan mereka (Suherman dkk., 2016).

Berikut contoh perhitungan percepatan durasi untuk 1 jam :

Nama pekerjaan : Bak Kontrol Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air STA 0+900 s/d 0+100.0

Volume pekerjaan: 184,46 m³

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

Produktivitas normal per jam (pn) :

$$P_n = \frac{P_p}{J_k} = \frac{1.838,877}{7} = 262,697 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P_p = \frac{12.875,24}{7} = 1.839,32 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi Percepatan (Dp) :

$$D_p = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(0,9 \times P_n) + (\sum j_k \times P_n)}$$

dengan :

Pn = produktivitas normal perjam (m³/jam)

jk = jam kerja normal

pp = produktivitas perhari

Durasi Percepatan (Dp) **lembur 1 jam :**

$$D_p \text{ 1 jam} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(0,9 \times P_n) + (\sum j_k \times P_n)}$$

$$= \frac{12.875,24 \text{ m}^3}{(0,9 \times 262,697) + (262,697 \times 7)}$$

$$= \mathbf{6,20 \text{ hari}}$$

Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan = 7 Hari – 6,20 Hari = 0,8 Hari

Hasil dari kebutuhan resource (perjam) akan dimasukkan melalui aplikasi *Microsoft*

Project 2010 yang pada akhirnya akan digunakan sebagai angka pembanding *Microsoft Excel 2010*.

Tabel 3 Analisis Perhitungan Biaya Percepatan pada *Microsoft Project* Biaya Lembur 1 Jam

| Kegiatan | Durasi | | | |
|---|--------|--------------|--------------|--------------|
| | Normal | Lembur 1 Jam | Lembur 2 jam | Lembur 3 jam |
| Pembersihan Tempat Kerja | 61 | 54,05 | 49,08 | 45,43 |
| Pembongkaran Pasangan Batu/Struktur Beton | 21 | 27,47 | 24,94 | 23,09 |
| Galian Biasa Untuk Timbunan | 90 | 79,75 | 72,41 | 67,02 |
| Common Borrow Material | 151 | 133,57 | 121,49 | 112,45 |
| Selected Borrow Material | 153 | 135,57 | 123,10 | 113,94 |
| Urugan Material Berbutir | 91 | 80,63 | 73,22 | 67,77 |
| Pasangan Batu Kosong | 92 | 81,52 | 74,02 | 68,51 |
| Persiapan Tanah Dasar | 89 | 78,86 | 71,61 | 66,28 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 92 | 81,52 | 74,02 | 68,51 |
| Galian Biasa Box Culvert | 62 | 54,94 | 49,89 | 46,17 |

Pada analisis *cost variance* dan *duration variance* dihitung dengan menggunakan *Microsoft Project 2010* yang akan digunakan untuk perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total.

Cost Slope merupakan biaya perhari dari selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungan *cost slope* dari item pekerjaan yang kritis adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Cost variance :

Lembur 1 jam = Rp. 3.831.134,00

Lembur 2 jam = Rp. 14.831.133,00

Lembur 3 jam = Rp. 23.519.091,00

Duration variance :

Lembur 1 jam = 10,48 hari

Lembur 2 jam = 17,98 hari

Lembur 3 jam = 23,49 hari

Cost slope :

$$\text{Lembur 1 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}}$$

$$= \frac{\text{Rp.3.831.134}}{10,48 \text{ hari}}$$

$$= \mathbf{\text{Rp. 101.203,47}}$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}}$$

$$= \frac{\text{Rp.14.831.133}}{17,98 \text{ hari}}$$

$$= \mathbf{\text{Rp. 824.868,354}}$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}}$$

$$= \frac{\text{Rp.23.519.091}}{23,49 \text{ hari}}$$

$$= \mathbf{\text{Rp. 1.001.238,44}}$$

Biaya tidak langsung merupakan hasil antara perkalian biaya normal pada aplikasi Mincrosoft Project dengan persentase biaya tidak langsung, dimana perhitungan persentase biaya tidak langsung adalah sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon \quad (18)$$

Dengan, $x1$ adalah nilai total proyek, $x2$ adalah durasi proyek, $\varepsilon = \text{random error}$, y adalah prosentase biaya tak langsung sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x1 = \text{Rp. } 123.038.493.927$$

$$x2 = 698 \text{ hari}$$

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

$$y = -0,9 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0,9 - 4,888(\ln(123.038.493.927 - 0,21) - \ln(270)) + \varepsilon$$

$$y = 7,542558 \%$$

$$\text{Biaya tidak langsung} = y \times x1$$

$$= 7,542558 \% \times \text{Rp. } 123.038.493.927$$

$$= \text{Rp. } 9.280.250.043,40$$

Biaya Langsung = Biaya Normal pd Ms Project – Biaya Tidak Langsung

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= 123.038.493.927 - 9.280.250.043,4 \\ &= \text{Rp. } 113.758.243.883,60 \end{aligned}$$

Untuk menentukan total biaya terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut (Kode LPAKA) :

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

sehingga nilai dari total biaya pada proyek adalah

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp. } 29.819.483.105,98 + \text{Rp. } 3.082.888.951,75 \\ &= \text{Rp. } 32.901.411.503,40 \end{aligned}$$

Dari tabel perbandingan dihasilkan biaya total untuk penambahan jam lembur 1 jam Rp. 121.885.861.337,53, penamahan jam lembur 2 jam Rp. 121.205.520.982,92, penambahan jam lembur 3 jam Rp. 120.785.666.897,50. Dari biaya penambahan jam lembur normal Rp. 123.038.493.927,00.

Analisa Penambahan Tenaga Kerja dan Alat

Kondisi terhadap durasi percepatan dari waktu lembur 1 jam

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Durasi pekerjaan : 92 Hari Jam kerja : 7 jam/hari

Volume Pekerjaan : 12.782,24m³

Durasi percepatan : 81,52 hari (dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari)

Kebutuhan *resource* (kr) :

Pekerja = 1,10 orang/jam

Operator = 0,08 orang/jam

Mandor = 0,0,08 orang/jam

Vibro = 0,08 unit/jam

Water Tanker = 0,11 unit/jam

Motor Garder = 0,03 unit/jam

Biaya *resource* (Brj) :

Pekerja = Rp. 10.000 /jam

Operator = Rp 30.000

Mandor = Rp. 20.000 /jam

Vibro = Rp. 115.361,53 /jam

Water Tanker = Rp. 130.093,78 /jam

Motor Grader = Rp 172.606,91

Sehingga,

Biaya *resource* perhari (Brh) :

Brh =

$jk \times kr \times Brj$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Brh Pekerja} &= 7 \times 1,10 \times 10,000 \\ &= \text{Rp. } 77.000 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Operator} &= 7 \times 0,24 \times 20000 \\ &= \text{Rp. } 33,600 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Mandor} &= 7 \times 0,08 \times 31,250 \\ &= \text{Rp } 17,500 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Vibro} &= 7 \times 0,08 \times 115,361.53 \\ &= \text{Rp } 64,602.46 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Water} &= 7 \times 0,19 \times 130,093.78 \\ &= \text{Rp } 173.024,727 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Motor G} &= 7 \times 0,03 \times 172,606.91 \\ &= \text{Rp } 36,247.45 / \text{hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* harian (Btrh) :

$$\text{Btrh} = \sum \text{Brh}$$

=

(Pekerja+Operator+Mandor+Vibro
Roller+Water Tanker+Motor Grader)

$$= \text{Rp } 285.722,12 / \text{hari}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\text{Btr} = (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{Aggregat}$$

Kasar+Aggregat Halus

$$= (\text{Rp}285.722,12/\text{hari} \times 92 \text{ hari})$$

$$+ 2.129.582.098 + 2.194.282.955$$

$$= \text{Rp. } 4.783.310.921.52$$

Tabel 4 Perbandingan Biaya Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Berat dengan Biaya Normal Pekerjaan

| Normal | | Crash | |
|--------|--------------------|--------|--------------------|
| Durasi | Total Biaya Harian | Durasi | Total Biaya Harian |
| 92 | 4,783,310,922 | 81.52 | 4,783,387,333.50 |
| 92 | 4,783,310,922 | 74.02 | 4,783,398,221 |
| 92 | 4,783,310,922 | 68.51 | 4,783,344,836 |

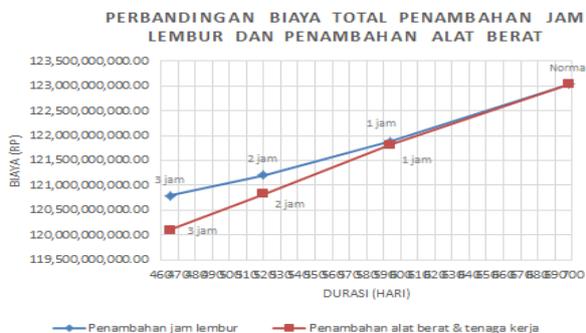
Dari tabel perbandingan dapat ditentukan bahwa biaya penambahan tenaga/ alat selama 1 jam adalah Rp. 121.814.597.164,04, penambahan tenaga/ alat selama 2 jam Rp. 120.826.574.876,35, penambahan tenaga/ alat selama 3 jam Rp. 120.099.646.859,31 dengan biaya normal Rp. 123.038.493.927,00



Gambar 3 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Lembur 1 – 3 Jam



Gambar 4 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Tenaga/ Alat Berat



Gambar 5 Grafik Perbandingan Penambahan Jam Lembur dan Tenaga/ Alat

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja, biaya diatas adalah biaya yang langsung dibebankan kepada proyek sesuai urutan dari item pekerjaan berdasarkan *cost slope*.

Pada penambahan lembur 1 jam jika dibandingkan dengan penambahan alat berat 1 yang lebih efektif adalah dengan penambahan lembur 1 jam. Untuk selanjutnya pada penambahan jam lembur 2 jam jika di bandingkan dengan penambahan alat 2 yang lebih efektif adalah dengan menambah jam lembur karena dari segi durasi dan biaya lebih cepat dan murah. Pada penambahan jam lembur 3 jam jika di bandingkan dengan penambahan alat berat 3 yang lebih efektif dengan menambah alat berat di bandingkan dengan menambah jam lembur jika di lihat dari durasi dan biayanya.

Untuk biaya denda akibat keterlambatan proyek dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

dengan :

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

Total hari keterlambatan= 0,80 hari

Biaya total proyek = Rp. 32.901.411.503,40

Total denda

$$= 10,48 \times \frac{1}{1000} \times 123.038.493.927$$

$$= \mathbf{Rp. 1.289.568.012,30}$$

Dengan cara yang sama dihitung biaya percepatan untuk item pekerjaan yang lain. Demikian juga untuk perhitungan biaya percepatan durasi lembur 2 jam dan 3 jam.

Hubungan percepatan durasi dengan biaya percepatan untuk lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam hasilnya ditampilkan pada tabel dibawah:

| Kegiatan | Durasi | | | | Biaya | | | |
|--|--------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Normal | Lembur 1 Jam | Lembur 2 jam | Lembur 3 jam | Normal | Lembur 1 Jam | Lembur 2 jam | Lembur 3 jam |
| Pembersihan Tempat Kerja | 61 | 54.05 | 49.08 | 45.43 | 257,959,547 | 258,036,795.04 | 258,087,670 | 258,067,509 |
| Pembongkaran Pasangan Batu atau Struktur E | 31 | 27.47 | 24.94 | 23.09 | 407,102,070 | 407,180,279.26 | 407,160,615.30 | 407,115,376.82 |
| Galian Biasa untuk Timbunan | 90 | 79.75 | 72.41 | 67.02 | 697,173,882 | 697,494,726.25 | 697,365,600.14 | 697,321,860.78 |
| Common Borrow Material | 151 | 133.80 | 121.49 | 112.45 | 29,333,845,885 | 29,334,083,492.24 | 29,334,154,173.54 | 29,334,058,926.53 |
| Selected Borrow Material | 153 | 135.57 | 123.10 | 113.94 | 28,834,447,153 | 28,834,723,283.28 | 28,834,753,098 | 28,834,648,785 |
| Urugan Material Berbutir (Granular Backfill) | 91 | 80.63 | 73.22 | 67.77 | 1,251,436,502.08 | 1,407,579,395.65 | 1,407,547,744 | 1,407,564,714 |
| Pasangan Batu Kosong (Blinding Stone) | 92 | 81.52 | 74.02 | 68.51 | 82,437,060 | 82,469,497.38 | 82,446,516 | 82,452,621 |
| Persiapan Tanah Dasar | 89 | 78.86 | 71.61 | 66.28 | 703,621,396 | 703,698,254.89 | 703,731,364 | 703,672,929 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 92 | 81.52 | 74.02 | 68.51 | 4,783,310,922 | 4,783,387,333.50 | 4,783,398,221 | 4,783,344,836 |
| Galian Biasa Box Culvert | 62 | 54.94 | 49.89 | 46.17 | 3,299,577 | 3,468,462.64 | 3,417,450 | 3,407,701 |

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 698 hari dan biaya sebesar Rp. 123,038,917,724.00
2. Setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 594.11 hari dengan biaya sebesar Rp. 121.885.861.337,53 Kemudian setelah penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 519,79 hari dengan biaya sebesar Rp. 121.205.520.982,92 dan pada penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 465.15 hari dengan biaya sebesar Rp. 120.785.666.897,50
3. Pada penambahan alat berat yang setara durasi 1 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 594.11 hari dengan biaya Rp. 121.814.597.164,04 Kemudian setelah penambahan alat berat yang setara durasi 2 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 519,79 hari dengan biaya Rp. 120.826.574.876,35 dan pada penambahan alat berat yang setara durasi 3 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 465.15 hari dengan biaya Rp 120.099.646.859,31
4. Untuk biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan alat berat lebih efisien dan murah jika dibandingkan dengan penambahan jam lembur kerja dan juga lebih murah jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

6. Daftar Pustaka

- Ardika, O.P.C., Sugiyarto, Handayani, F.S., 2014, Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Road Seksi II A), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 2, pp, 273-280.
- Arvianto, R., Handayani, F.S., Setiono., 2017, Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 69-70.
- Handayani, F.S., Sulistiofanny, R.A.I., Sugiyarto., 2017, Penerapan Time Cost Trade Off Dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Penambahan Shift Kerja dan Kapasitas Alat (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Semarang, Ruas Bawen – Solo Seksi II), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 733-734.
- 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, 51-53.
- Jayadewa, O. F., 2016, *Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya*, Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya
- Khair, M., 2013, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta

- Kisworo, R.W., Handayani, F.S., Sunarmasto., 2017, Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 766-776.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, No KEP.102/MEN/VI/2004, Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Maddepungeng, A., Suryani, I., Hermawan, D., 2015, Analisis Optimasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode TCTO, *Jurnal Fondasi*, Vol. 4, pp, 1-23.
- Mangitung, D, M., 2008, Analisis Dampak Percepatan Jadwal Proyek Terhadap Biaya Konstruksi Dengan Teknik Statistika Non Parametrik, *Jurnal SMARtek*, Vol. 6, pp, 71-79.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, KEP/102/MEN/VI/2013, Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
- Priyo, M., Sudiro, S., 2017, Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 20, pp, 172-174.
- Setiawan, B., dan Trijeti, 2012, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta, *Jurnal Konstruksia*, Vol. 4, pp. 25-34
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek*, edisi kedua, Jakarta: Erlangga.
- Suherman., 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*, Vol. 2, pp, 199-200.
- Suryanto, S., 2013, *Analisis Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Pekerjaan Struktur Pembangunan Gedung Inspektorat Kota Yogyakarta*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta

