

Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Metode *Crashing* pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang Zona 4 STA 19+225 – 20+725

Cost Efficiency and Time of Construction Project Implementation With Crashing Method on Pandaan-Malang Toll Road Project Zone 4 STA 19+225 – 20+725

Yuris Ihsa M., Mandiyo Priyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Waktu dan biaya merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Keberhasilan suatu proyek dapat dilihat pada tolak ukur penyelesaian proyek tersebut yang singkat dengan biaya sememinimal mungkin tetapi tidak melupakan mutu hasil akhir suatu pekerjaan. 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 penambahan tenaga kerja. Dalam kasus ini, salah satu metode yang sering digunakan adalah metode *time cost trade off* dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project 2010*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk penambahan jam kerja (lembur) selama 1 jam yaitu Rp 189.854.709.808,93 dengan percepatan durasi 316,82 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 2 jam adalah Rp 190.412.232.809,51 dengan percepatan durasi 247,32 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam adalah Rp 195.317.617.336,03 dengan percepatan durasi 196,21 hari. Sementara untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 1 jam biaya yang dikeluarkan adalah Rp 189.004.852.891,41 dengan durasi 316,82 hari, dan untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 2 jam biaya yang dikeluarkan adalah Rp 188.094.555.658,52 dengan durasi 247,32 hari, dan biaya untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 3 jam adalah Rp 187.425.532.616,69 dengan durasi percepatan 196,21 hari.

Kata kunci : *Time Cost Trade Off, Microsoft Project 2010, Penambahan Jam lembur, Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja, Biaya, Waktu*

Abstract. *Time and cost are the most influential factors in the success and failure of a project. The success of a project can be seen on a short project completion benchmark at a minimal cost but not forgetting the quality of the outcome of a work. 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 time cost trade off method with the help of Microsoft Project 2010 applications. The results show that the cost incurred for additional hours of work (overtime) for 1 hour is Rp 189.854.709.808,93 with acceleration duration 316,82 days, for 2 hours surcharge of overtime is Rp 190,412,232,809,51 with acceleration of 247,32 days duration, for 3 hours' extra working hours is Rp 195.317.617.336,03 with acceleration duration of 196.21 days. While for the additional power / heavy equipment for 1 hour the cost incurred is Rp 189.004.852.891,41 with the duration of 316,82 days, and for the addition of power / heavy equipment for 2 hours costs incurred is Rp 188.094.555.658,52 with the duration of 247,32 days, and the cost for adding power / heavy equipment for 3 hours is Rp 187.425.532.616,69 with acceleration duration 196,21 days*

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

1. Pendahuluan

Pelaksanaan proyek konstruksi sangat bergantung akan kebutuhan sumber daya dalam pelaksanaannya yang meliputi, metode pelaksanaan, peralatan, tenaga kerja, biaya, dan material. Keberhasilan dan kegagalan suatu proyek sangat berpengaruh pada mutu, waktu dan biaya, keberhasilan proyek dapat dilihat dari waktu pelaksanaan yang singkat dengan biaya seminimal mungkin tanpa meninggalkan kualitas hasil pekerjaan. Jika sampai terjadi keterlambatan dengan kata lain kegagalan proyek maka akan terjadi penyimpangan mutu, membengkaknya biaya, dan pemborosan sumber daya yang sangat merugikan proyek. Pengelolaan proyek secara sistematis perlu dilakukan guna memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan bisa lebih cepat sehingga dapat memberikan keuntungan, serta terhindar dari denda yang muncul akibat keterlambatan proyek.

Pengendalian merupakan salah satu fungsi dari manajemen proyek yang bertujuan agar pekerjaan-pekerjaan dapat berjalan mencapai sasaran tanpa banyak penyimpangan. Pengendalian proyek adalah suatu usaha sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dengan standar, dan mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran (Soeharto, 1997).

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolok ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan. Dan juga menghindarkan dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek (Priyo dan Aulia, 2015).

Dalam penjadwalan proyek, aspek biaya diperhitungkan dengan membuat hubungan biaya dan waktu untuk setiap aktivitas pada proyek. Pada kondisi dibutuhkan percepatan waktu untuk pelaksanaan maka waktu bersifat minimum dengan maksimum biaya yang mungkin, demikianlah yang disebut dengan Crash Program (Arvianto dkk., 2015).

Dari penjelasan di atas perlu dilakukan pengendalian waktu dan biaya dengan menggunakan metode *crashing*. Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang Zona 4 STA 19+225 – 19+725 dengan metode penambahan jam kerja lembur yang terdiri dari 1 jam lembur, 2 jam lembur, dan 3 jam lembur juga menentukan perubahan proyek setelah dilakukan lembur, dan penambahan alat berat, serta membandingkan antara biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat berat menggunakan program *Microsoft Project 2010*.

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah salah satu cara yang ditawarkan untuk maksud pengelolaan suatu proyek, yaitu suatu metode pengelolaan yang dikembangkan secara ilmiah dan intensif sejak pertengahan abad ke-20 untuk menghadapi kegiatan khusus yang berbentuk proyek (Soeharto, 1999).

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1995).

Network Planning

Network planning adalah gambaran *Network planning* prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variable*) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila

perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi (Badri, 1997).

Biaya Total

Hubungan biaya langsung dan biaya tak langsung terhadap waktu memiliki kecenderungan bertolak belakang. Jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat akan mengakibatkan peningkatan biaya tidak langsung terjadi penurunan (Sudarsana, 2008).

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya langsung tersingkat untuk menyelesaikan proyek dengan durasi normal (Maddepongeng 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 logistik (Mangitung, 2008).

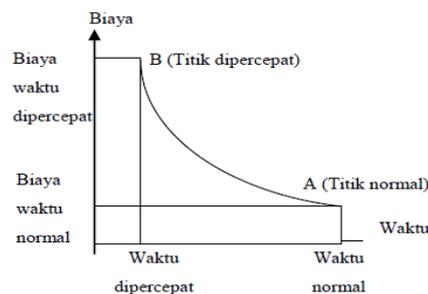
Menurut Soeharto (1999), biaya proyek terdiri dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Yang termasuk biaya tidak langsung adalah :

1. Gaji dan pengeluaran lain bagi tenaga administrasi, tim penyedia, dan manajemen proyek.
2. Biaya pengadaan fasilitas sementara untuk pekerja, seperti perumahan atau asrama sementara, tempat rekreasi, dan lain-lain, yang biasanya diperlukan untuk proyek besar yang letaknya terpencil.
3. Biaya penyewaan atau pembelian alat-alat berat untuk konstruksi.
4. Biaya guna menyewa kantor, itu juga termasuk keperluan utiliti seperti biaya listrik, air, dan internet.
5. Bunga dari dana yang diperlukan proyek.

Jadi, total biaya proyek adalah sama dengan jumlah biaya langsung. Keduanya akan berubah sesuai dengan kemajuan proyek dan waktu. Namun tidak akan dapat dihitung menggunakan rumus tertentu, tetapi pada umumnya, semakin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang akan diperlukan.

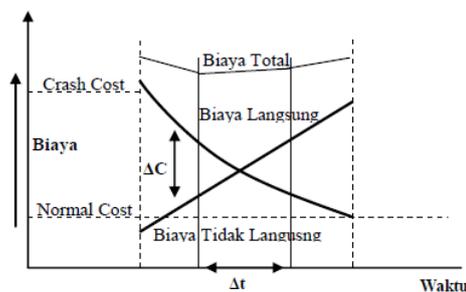
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Pada gambar 1 menunjukkan biaya total proyek sangatlah bergantung pada waktu pelaksanaan proyek.



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

Pada gambar 1 dijelaskan bahwa pada titik A menunjukkan kondisi normal dan titik B menunjukkan kondisi yang dipercepat. Garis yang menghubungkan titik A dan titik B disebut dengan kurva waktu biaya. Dijelaskan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam lembur maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi dengan konsekuensi terjadinya penambahan biaya yang harus dikeluarkan.



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

Pada gambar 2 diatas menunjukkan hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total dalam satu grafik. Dapat dilihat jika biaya optimum didapatkan dengan cara mencari total proyek yang terkecil.

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Duration Cost Trade Off)

Dalam perencanaan suatu proyek variable biaya (*cost*) mempunyai peranan yang vital daripada dua variable lainnya yaitu variable waktu dan sumber daya. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, di mana biaya yang timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Dalam pengendalian biaya yang harus diperhatikan adalah faktor waktu karena terdapat hubungan yang tak dapat dipisahkan antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya yang bersangkutan.

Dalam beberapa kasus pekerjaan konstruksi sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pemimpin proyek atau *project manager* dihadapkan kepada masalah bagaimana caranya untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya yang seminimum mungkin. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Duration Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya).

Di dalam analisis *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan 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). Ada beberapa cara yang digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Adapun cara – cara tersebut antara lain :

1. Penambahan jam kerja (kerja lembur)

Penambahan jumlah jam kerja dilakukan tanpa adanya penambahan pekerja. Penambahan kerja lembur (*working time*) bertujuan untuk memperbesar hasil produksi suatu item pekerjaan selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas item pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah lamanya waktu yang dilakukan seorang pekerja dalam satu hari. Bila seorang pekerja terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas

pekerja tersebut akan menurun karena terlalu lelah.

2. Penambahan tenaga kerja

Penambahan tenaga kerja bertujuan untuk penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melakukan suatu aktivitas item pekerjaan tertentu tanpa penambahan jam kerja atau lembur (*working time*). Yang perlu diperhatikan dalam penambahan jumlah pekerja adalah apakah tersedianya ruang kerja. Apakah itu terlalu penuh atau cukup longgar, karena penambahan tenaga kerja akan berdampak pada suatu aktivitas item pekerjaan. Penambahan tenaga kerja tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas item pekerjaan yang lain yang sedang dilaksanakan secara bersamaan. Selanjutnya, peningkatan pengawasan perlu dilakukan guna mengurangi dampak ruang kerja yang sesak yang akan mengakibatkan menurunnya produktivitas pekerja. Dalam penambahan tenaga kerja juga perlu diperhatikan tentang sumber daya manusia yang memiliki produktivitas yang baik dengan hasil kerja yang memuaskan atau bisa dikatakan baik.

3. Penambahan peralatan

Penambahan peralatan bertujuan untuk menambah produktivitas. Yang perlu diperhatikan adalah munculnya biaya langsung untuk mobilitas dan demobilitas alat. Dengan dipercepatnya durasi proyek maka alat yang digunakan adalah alat yang memiliki produktivitas yang lebih tinggi. Perlunya perhatian khusus untuk luas lahan guna menyediakan tempat bagi alat-alat dan pengaruh penambahan alat berat bagi produktivitas tenaga kerja.

4. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Penggunaan metode konstruksi yang efektif ini berperan vital bagi sistem kerja dan tingkat penguasaan pelaksanaan terhadap metode yang dilakukan serta ketersediaan sumber daya yang akan dibutuhkan.

Cara diatas dapat dilakukan secara kombinasi maupun terpisah, misalnya dilakukan secara kombinasi adalah penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut pembagian waktu kerja (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda orang dan waktu dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

Metode pengumpulan data data yang digunakan adalah:

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

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

- a. Jam kerja normal adalah pukul 08.00-16.00 dengan 1 jam istirahat siang. Maka jam kerja efektif adalah 7 jam sedangkan jam lembur adalah pukul 16.00-19.00 sehingga durasi lembur adalah 3 jam.
- b. Perlu diperhatikan karena kemampuan fisik pekerja maka pada saat lembur sudah menurun dan kondisi penerangan buatan maka produktivitasnya hanya diperhitungkan 75% dari produktivitas normal. (Ardika dkk., 2014)

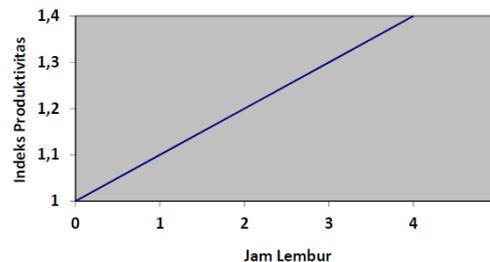
Produktivitas Pekerja

Produktivitas adalah rasio antara masukan (*input*) dengan keluaran (*output*), atau dengan kata lain dapat dikatakan sebagai perbandingan antara hasil produksi dann total sumber daya yang dipakai. Dalam suatu pekerjaan proyek konstruksi, perbandingan dari produktivitas yaitu nilai yang telah diukur dalam proses selama pekerjaan konstruksi. Ada empat macam nilai-nilainya yaitu biaya tenaga, biaya material, biaya metode, dan biaya alat. Pekerjaan proyek konstruksi dapat dikatakan berhasil tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, salah satu sumber daya yang tidak mudah dikelola adalah tenaga kerja.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Cara guna mempercepat waktu penyelesaian pekerjaan konstruksi yaitu dengan menggunakan strategi penambahan jam kerja (lembur). Waktu kerja normal biasanya adalah 7 jam dimulai pada pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat. Pelaksanaan jam kerja (lembur) biasanya dilakukan setelah aktifitas jam kerja normal selesai

Penambahan jam kerja (lembur) merupakan suatu hal yang wajar dilakukan disetiap pekerjaan proyek konstruksi dikarenakan dapat mempekerjakan sumber daya yang ada di lapangan dan cukup efisien bagi tambahan biaya yang dikeluarkan oleh kontraktor. Dalam melakukan penambahan jam kerja dapat dilakukan sesuai dengan waktu yang diinginkan, biasanya dilakukan penambahan 1 jam, 2 jam, atau hingga 3 jam. Semakin besar penambahan jam lembur akan mengakibatkan menurunnya produktivitas. Indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1999) Dari penjelasan diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \quad (1)$$
2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}} \quad (2)$$
3. Produktivitas harian sesudah *crash*

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

dengan :

a: Lama penambahan jam kerja (lembur)

b : Koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

Pada Tabel 1 dapat dilihat nilai koefisien penurunan produktivitas.

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. *Crash duration*

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

Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja

Yang perlu diperhatikan dalam penambahan jumlah pekerja adalah apakah tersedianya ruang kerja. Apakah itu terlalu penuh atau cukup longgar, karena penambahan tenaga kerja akan berdampak pada suatu aktivitas item pekerjaan. Penambahan tenaga kerja atau alat berat tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja atau alat berat untuk aktivitas item pekerjaan yang lain yang sedang dilaksanakan secara bersamaan. Selanjutnya, peningkatan pengawasan perlu dilakukan guna mengurangi dampak ruang kerja yang sesak yang akan mengakibatkan menurunnya produktivitas pekerjaan.

Besarnya penambahan tenaga kerja dan penambahan alat berat yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$1. \text{ Jumlah tenaga kerja normal} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}} \quad (5)$$

$$2. \text{ Jumlah tenaga kerja dipercepat} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi dipercepat}} \quad (6)$$

Dari perhitungan rumus diatas nanti akan didapatkan hasil dari jumlah pekerja normal dan jumlah penambahan tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek yang dilakukan.

Perhitungan *Crash Cost* (Biaya Tambahan Pekerja dan Alat Berat)

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur pasal

3, pasal 7, dan pasal 11 diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah per jam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah per jam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat jam lembur dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$1. \text{ Normal upah pekerja per hari} = \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (7)$$

$$2. \text{ Normal upah pekerja per jam} = \text{Produktivitas per jam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (8)$$

$$3. \text{ Biaya lembur per jam} \\ \text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} \times 1,5 \quad (9) \\ \text{Lembur 2 jam} = \text{Biaya lembur 1 jam} + (\text{biaya normal} \times 2,0) \quad (10)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{Biaya lembur 2 jam} + (\text{biaya normal} \times 2,0) \quad (11)$$

$$4. \text{ Biaya lembur alat berat} \\ \text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} + (0,5 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (12)$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{Lembur 1 jam} + \text{biaya normal} + (1,0 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (13)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{Lembur 2 jam} + \text{biaya normal} + (1,0 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (14)$$

Keterangan :

Bo = Biaya operator (Rp)

Bpo = Biaya pembantu operator (Rp)

$$5. \text{ Crash cost pekerja per hari} = (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi crashing}) + (\Sigma \text{biaya material}) \quad (15)$$

$$6. \text{ Cost Slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi crash}} \quad (16)$$

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang Zona 4 STA 19+225 – 20+725. Lokasi proyek terletak di Desa Pandowo hingga Desa Sumberwaras, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Dikerjakan oleh PT. PP (persero) Tbk sebagai kontraktor utama dengan anggaran yang berasal dari PT. Jasa Marga Pandaan-Malang dengan nilai proyek

Rp 615.165.371.087,- dengan waktu konstruksi 721 hari kalender.

Tahap dan Prosedur Penelitian

Suatu tahapan penelitian dilaksanakan dengan tahapan yang sistematis dan teratur agar menghasilkan penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan.

Tahapan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut :

1. Menentukan latar belakang masalah

Dalam melakukan penelitian, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan latar belakang masalah untuk mengetahui masalah yang terjadi pada obyek penelitian.

2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap yang bertujuan untuk mempertegas tujuan dari penelitian. Tahap ini merupakan tahap yang mengacu pada latar belakang masalah yang dihadapi.

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data dari suatu pekerjaan proyek konstruksi ini berguna untuk evaluasi optimasi biaya dan waktu secara keseluruhan. Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu data yang didapat dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang. Salah satu variabel yang berpengaruh dalam biaya pelaksanaan dan pengoptimasian waktu proyek adalah variabel biaya dan waktu

Variabel waktu yang dibutuhkan merupakan data yang didapat dari kontraktor pelaksana yang mengerjakan proyek konstruksi. Data-data variable waktu tersebut adalah kurva-s yang meliputi uraian pekerjaan, durasi proyek, dan prosentase bobot pekerjaan. Selain itu ada yang termasuk ke dalam variable waktu adalah laporan kemajuan proyek.

Data-data yang termasuk variabel biaya diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data – data yang diperlukan dalam variabel biaya adalah daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi jumlah biaya normal, durasi normal, daftar – daftar harga bahan dan upah tenaga kerja, dan gambar rencana proyek.

4. Analisis data

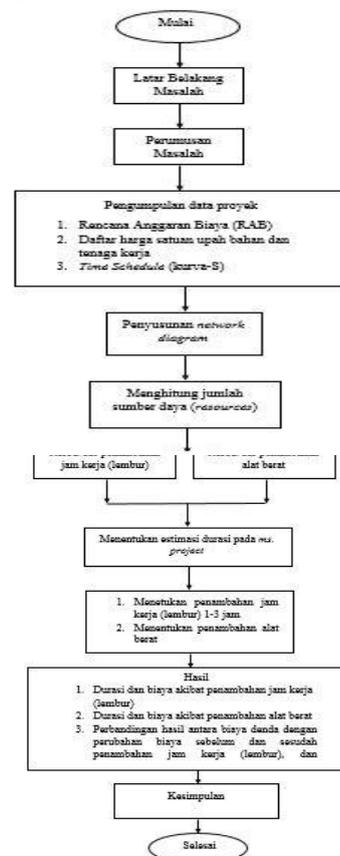
Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project* 2010. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis ke dalam progam, maka *Microsoft*

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 semua item pekerjaan yang dipusatkan pada item pekerjaan 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.

5. Kesimpulan

Kesimpulan disebut juga pengambilan keputusan. Pada tahap ini, merupakan tahap akhir dalam suatu penelitian. Dari hasil analisis dan perhitungan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang mengacu pada tujuan penelitian yang telah direncanakan sebelumnya.



Gambar 4 Bagan alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Data Penelitian

Data umum dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang zona 4 STA 19+225-20+725 Kabupaten Malang, Jawa Timur sebagai berikut :

Kontraktor Utama : PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk

Konsultan Pengawas : PT. Virama Karya (Persero)

Konsultan Perencana : PT. Wira Nusantara Bumi

Nilai Proyek : Rp 190.853.781.603,00

Waktu Pelaksanaan : 414 Hari kerja

Tanggal pekerjaan dimulai : 1 September 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	PPJAB	Pembongkaran Perkerasan Jalan Aspal atau Beton	31
2	GBMPM	Galian Biasa untuk Material Pengisi Median	30
3	GB	Galian Batu (<i>Rock Excavation</i>)	92
4	CBM	<i>Common Borrow Material</i>	122
5	SBM	<i>Selected Borrow Material</i>	91
6	UMB	Urugan Material Berbutir (<i>Granular Backfill</i>)	30
7	PBK	Pasangan Batu Kosong (<i>Blinding Stone</i>)	28
8	GS	<i>Geotextile Separator</i> (Kelas 1)	61
9	PTD	Persiapan Tanah Dasar	92
10	LPA	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	92
11	PBDW	Perkerasan Beton (t=30 cm). <i>Double Wire Mesh</i>	92
12	LC	<i>Lean Concrete</i> (t=15 cm)	92

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 bn

= 1,5 x 10.000

L1 = Rp 15.000,00

Lembur 1 jam = $\left(\frac{15.000}{1 \text{ jam}}\right)$

= Rp 15.000,00

2. Alat Berat

Resource Name : *Vibro Roller*

Biaya normal alat per jam (bn) :

Rp 115.361,53

Biaya lembur per jam :

Lembur 1 jam (L1)

= bn + 0,5 x (bo + bpo)

= 115.361,53 + 0,5 x (20.000 + 10.000)

= Rp 133.218,67

Lembur 1 jam = $\left(\frac{133.218,67}{1 \text{ jam}}\right)$

= Rp 133.218,67

Analisis Durasi Percepatan

Hal yang harus diperhatikan dalam menganalisis durasi percepatan adalah produktivitas normal alat berat, kebutuhan alat per jam, volume dan durasi normal, dan produktivitas lembur. Produktivitas normal per hari setiap item pekerjaan, yang digunakan dalam perhitungan diambil berdasarkan produktivitas alat berat per jam terbesar, kebutuhan alat tiap jam, serta jam kerja per hari.

Untuk produktivitas kerja lembur dalam 1 jam per hari akan diperhitungkan sebesar 90 %, untuk 2 jam per hari akan dihitung 80 %, sedangkan kerja lembur 3 jam per hari akan dihitung 70 %. Penghambat atau penurunan produktivitas kerja lembur disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor cuaca, faktor kebugaran dari tenaga kerja maupun alat berat, serta keterbatasan pandangan pada malam hari. Durasi percepatan untuk kegiatan yang kritis dihitung berdasarkan penambahan jam lembur dari durasi normal yang ada.

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan analisis percepatan :

Nama Pekerjaan : Persiapan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Volume Pekerjaan : 259.874,94 m³

Durasi Normal : 92 hari (dengan 7 jam kerja/hari)
 Produktivitas Alat :
Vibro Roller : 71,14 m³/jam
Motor Grader : 124,50 m³/jam
 Kebutuhan Alat :
Vibro Roller : 5.67 unit/jam
Motor Grader : 3.24 unit/jam

Durasi Percepatan (Dp) :

$$Dp = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)} \quad (17)$$

dengan :

k = kebutuhan alat (unit/jam)
 Pa = produktivitas alat (m³/jam)
 Jk = jam kerja (jam/hari)

Durasi Percepatan **lembur 1 jam** :

$$Dp = \frac{259.874,94}{(5,67 \times 71,14 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 71,14 \times 5,67)}$$

$$= 81,52 \text{ hari}$$

Selisih *Crashing*

= Durasi Normal – Durasi Percepatan

= 92 hari – 81,52 hari

= 10,48 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
Pembongkaran				
Perkerasan Jalan Aspal atau Beton	31	27,47	24,94	23,09
Galian Biasa untuk Material Pengisi Median	30	26,58	24,14	22,34
Galian Batu (<i>Rock Excavation</i>)	92	81,52	74,02	68,51
<i>Common Borrow Material</i>	122	108,10	98,16	90,85
<i>Selected Borrow Material</i>	91	80,63	73,22	67,77
Urugan Material Berbutir (<i>Granular Backfill</i>)	30	26,58	24,14	22,34
Pasangan Batu Kosong (<i>Blinding Stone</i>)	28	24,81	22,53	20,85
<i>Geotextile Separator</i> (kelas 1)	61	54,05	49,08	45,43
Persiapan Tanah Dasar	92	81,52	74,02	68,51

Lapis Pondasi Agregat Kelas A	92	81,52	74,02	68,51
Perkerasan Beton (t=30 cm). <i>Double Wire Mesh</i>	92	81,52	74,02	68,51
<i>Lean Concrete</i> (t= 15 cm)	92	81,52	74,02	68,51

Pada analisis *cost variance* dan *duration variance* dihitung dengan menggunakan *Microsoft Project 2013* 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 : Persiapan Tanah Dasar

Cost variance :

Lembur 1 jam = Rp 70.384.816,27

Lembur 2 jam = Rp 191.752.781,97

Lembur 3 jam = Rp 310.764.110,32

Duration variance :

Lembur 1 jam = 10,48 hari

Lembur 2 jam = 17,98 hari

Lembur 3 jam = 23,49 hari

Cost slope :

$$\text{Lembur 1 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}} = \frac{\text{Rp } 70.384.816,27}{10,48 \text{ hari}} = \text{Rp } 6.715.459,52$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}} = \frac{\text{Rp } 191.752.781,97}{17,98 \text{ hari}} = \text{Rp } 10.666.555,01$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}} = \frac{\text{Rp } 310.764.110,32}{23,49 \text{ hari}} = \text{Rp } 13.229.993,83$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}} = \frac{\text{Rp } 310.764.110,32}{23,49 \text{ hari}} = \text{Rp } 13.229.993,83$$

Biaya tidak langsung merupakan hasil antara perkalian biaya normal pada aplikasi *Microsoft 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, ε = *random error*, y adalah prosentase biaya tak langsung sehingga biaya

tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x1 = \text{Rp}190.853.781.603,00$$

$$x2 = 414 \text{ hari}$$

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

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

$$y = -0,9 - 4,888(\ln(190.853.781.603,00 - 0,21) - \ln(414)) + \varepsilon$$

$$y = 2,84 \%$$

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

$$= 2,84 \% \times \text{Rp} 190.853.781.603,00$$

$$= \text{Rp } 5.421.096.853,79$$

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

$$\text{Biaya Langsung} = 190.853.781.603,00 - 5.421.096.853,79$$

$$= \text{Rp } 185.432.684.749,21$$

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

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

sehingga nilai dari total biaya pada proyek adalah

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 5.421.096.853,79 + \text{Rp } 185.432.684.749,21$$

$$= \text{Rp } 190.853.781.603,00$$

Dari tabel perbandingan dihasilkan biaya total untuk penambahan jam lembur 1 jam Rp 189.854.709.808,93, penambahan jam lembur 2 jam Rp 189.650.282.747,92, penambahan jam lembur 3 jam Rp 189.529.680.001,67. Dari biaya penambahan jam lembur normal Rp 190.853.781.603,00.

Analisa Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Kondisi terhadap durasi percepatan dari waktu lembur 1 jam

Nama pekerjaan : Persiapan Tanah Dasar

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

Volume Pekerjaan : 259.874,94 m³

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

Kebutuhan *resource* (kr) :

Pekerja = 34,03 orang/jam

Mandor = 5,67 orang/jam

Operator = 22,69 orang/jam

Vibro Roller = 5,67 unit/jam

Motor Grader = 3,24 unit/jam

Biaya *resource* (Brj) :

Pekerja = Rp 10.000 /jam

Mandor = Rp 31.250 /jam

Operator = Rp 20.000 /jam

Vibro Roller = Rp 115.361,53 /jam

Motor Grader = Rp 172.606,91 /jam

Sehingga,

Biaya *resource* perhari (Brh) :

Brh = jk x kr x brj

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Brh Pekerja} &= 7 \times 34,03 \times 10.000 \\ &= \text{Rp } 2.382.100,00 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Mandor} &= 7 \times 5,67 \times 31.250 \\ &= \text{Rp } 1.242.500,00 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Operator} &= 7 \times 22,69 \times 20.000 \\ &= \text{Rp } 3.178.000,00 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh } \textit{Vibro Roller} &= 7 \times 5,67 \times 115.361,53 \\ &= \text{Rp } 4.578.699,18 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh } \textit{Motor Grader} &= 7 \times 3,24 \times 172.606,91 \\ &= \text{Rp } 3.914.724,61 / \text{hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* harian (Btrh) :

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

= (Pekerja + Mandor + Operator + *Vibro Roller* + *Motor Grader*)

$$= \text{Rp } 15.296.023,79 / \text{hari}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\text{Btr} = \text{btrh} \times \text{durasi}$$

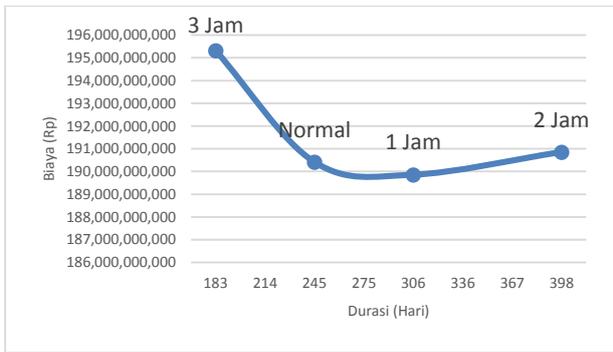
$$= 15.296.023,79 / \text{hari} \times 7 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 1.407.242.792,23$$

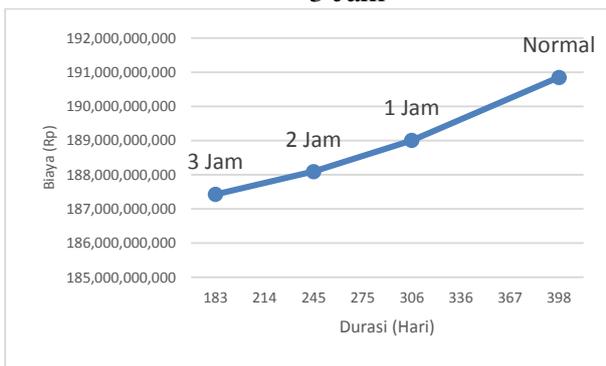
Tabel 4 Perbandingan Biaya Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Berat dengan Biaya Normal Pekerjaan

No	Penambahan Alat	Durasi	Biaya Penambahan jam Lembur	Biaya Penambahan Tenaga/Alat
1	Normal	414	190,853,781,603.00	190,853,781,603.00
2	1	316.82	189,854,709,808.93	189,004,852,891.41
3	2	247.32	190,412,232,809.51	188,094,555,658.52
4	3	196.21	195,317,617,336.03	187,425,532,616.69

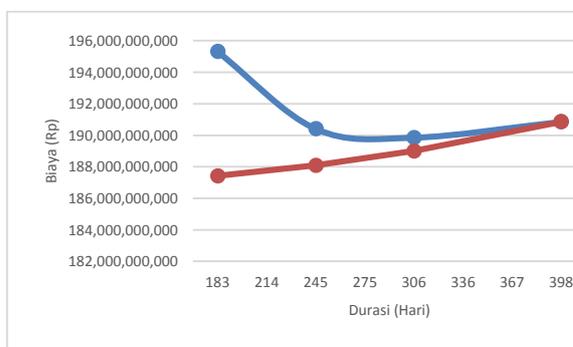
Dari tabel perbandingan dapat ditentukan bahwa biaya penambahan tenaga/ alat selama 1 jam adalah Rp 189.004.852.891,41, penambahan tenaga/ alat selama 2 jam Rp 188.094.555.658,52, penambahan tenaga/ alat selama 3 jam Rp 187.425.532.616,69 dengan biaya normal Rp 190.853.781.603,00



Gambar 5 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Lembur 1 – 3 Jam



Gambar 6 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Tenaga/ Alat Berat



Gambar 7 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 lembur 1 jam yang lebih efektif adalah dengan penambahan lembur alat berat 1. Untuk

selanjutnya pada penambahan jam lembur 2 jam jika di bandingkan dengan penambahan jam lembur yang lebih efektif adalah dengan menambah alat berat 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= 10,48 hari

Biaya total proyek = Rp. 32.901.411.503,40

Total denda

$$= 10,48 \times \frac{1}{1000} \times 190.853.781.603,00$$

$$= \text{Rp } 2.000.340.900,85$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang STA 19+225 – STA 20+725, dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 414 hari dan biaya sebesar Rp 190.853.781.603,00
2. Setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 316,82 hari dengan biaya sebesar Rp 189.854.709.808,93, kemudian setelah penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 247,32 hari dengan biaya sebesar Rp190.412.232.809,51 dan pada penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 196,21 hari dengan biaya sebesar Rp195.317.617.336,03
3. Pada penambahan alat berat yang setara durasi 1 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 316,82 hari dengan biaya Rp189.004.852.891,41. Kemudian setelah penambahan alat berat

yang setara durasi 2 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 247,32 hari dengan biaya Rp188.094.555.658,52 dan pada penambahan alat berat yang setara durasi 3 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 196,21 hari dengan biaya Rp 187.425.532.616,69

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., 2015, Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 69-70.
- Badri, S., 1997, *Dasar – Dasar Network Planning*, Rineka Cipta:Indonesia.
- Frederika, A., 2010, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget – Bandung)*, *Jurnal Imiah Teknik Sipil*, Vol. 14, pp, 113-126.
- Handayani, F.S., Arvianto, R., Setiono, S., 2017, Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol 5, pp. 69-74.
- 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.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- 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.
- 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.
- Nissa, F.S., 2016, *Analisis 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 Gedung Mayora Head Office)*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Novitasari, V., 2014, *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off* . Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah 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*, Vol 18, pp. 30-43.

Soeharto, I., 1995, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga:Jakarta.

Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Edisi Kedua*: Penerbit Erlangga:Jakarta.

Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1 Edisi Kedua*. Erlangga:Jakarta.

Sudarsana, D.K., 2008, Pengendalian Biaya dan Jadwal Terpadu pada Proyek Konstruksi, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol 12, pp. 117-125.