

# Analisa Pengendalian Durasi dan Biaya Konstruksi Jalan Di Sumatra Selatan Dengan Metode *Duration and Cost Trade Off*

*Analysis of Duration and Cost Traffic Off Control with Duration and Cost Trade Off Methods*

**Utman Dwi Prabowo, Mandiyo Priyo, Anita Widiyanti**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Pembangunan infrastruktur di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan. Fakta tersebut tercermin dari meningkatnya pembangunan baik di sektor jalan ataupun fasilitas infrastruktur lainnya. Suatu proyek yang dikerjakan akan selalu memiliki resiko yang tinggi, resiko yang tinggi tersebutlah yang dijadikan dasar mengapa suatu perencanaan dan pelaksanaan dalam penyelesaian pekerjaan proyek Pembangunan Peningkatan Jalan Simpang Kabu Danau Raya Simpang 5 Nimbang di Sumatra selatan harus dilakukan secara tepat dan hati-hati. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan antara durasi dan biaya proyek normal dengan durasi dan biaya akibat penambahan jam kerja dan alat berat. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk penambahan jam kerja (lembur) selama 1 jam lebih rendah dari harga normal yaitu sebesar Rp. 24.357.189.241,49 dengan percepatan durasi 152 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 2 jam adalah Rp. 24.343.782.305,97 dengan percepatan durasi 141 hari, dari untuk biaya penambahan kerja (lembur) 3 jam adalah Rp. 24.174.857.220,56 dengan percepatan durasi 128 hari. Untuk penambahan tenaga kerja / alat berat selama 1 jam biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 24.250.867.151,06 dengan percepatan durasi 152 hari, untuk penambahan tenaga kerja / alat berat selama 2 jam biaya yang dikeluarkan sebesar Rp24.136.016.372,69 dengan percepatan durasi 141 hari, dan untuk penambahan tenaga kerja/ alat berat selama 3 jam biaya yang dibutuhkan sebesar Rp24.002.792.329,40 dengan durasi percepatan 128 hari. Dapat disimpulkan bahwa percepatan durasi proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) atau penambahan tenaga kerja / alat berat lebih efektif dan efisien dalam segi biaya dan waktu dibandingkan dengan biaya dan waktu normal proyek.

Kata kunci : Proyek konstruksi, Metode Time and Cost Trade Off, penambahan jam kerja dan alat berat, durasi dan biaya, efektif dan efisien.

**Abstract.** Infrastructure development in Indonesia has experienced a significant development. This fact is reflected in the increasing development both in the road sector and other infrastructure facilities. A project that is carried out will always have a high risk, this high risk is the basis of why a planning and implementation in the completion of the project work Development of the Improvement of Simpang Kabu Danau Raya Cross 5 Nimbang Road in southern Sumatra must be carried out properly and carefully. The purpose of this study was to compare the duration and cost of a normal project with duration and costs due to additional hours of work and machine capacity. From the research shows that the cost incurred for the addition of hours worked (overtime) for 1 hour is lower than the normal price of Rp. 24,357,189,241,49 with Acceleration Duration 152 days, for the cost of additional working hours (overtime) for 2 hours is Rp. 24.343.782.305,97 with acceleration duration 141 days, for the cost of adding work (overtime) 3 hours is Rp. 24.174.857.220,56 with a duration of 128 days acceleration. And while for the addition of labor / heavy equipment for 1 hour the cost incurred of Rp. 24.250.867.151,06 with acceleration duration 152 days, for the addition of labor / heavy equipment for 2 hours cost incurred of Rp24.136.016.372,69 with acceleration duration 141 days, and for the addition of manpower / equipment for 3 hours cost which required Rp24.002.792.329,40 with a duration of 128 days acceleration. So in this study that in accelerating the duration of the project with the addition of working hours (overtime) or the addition of labor / equipment more effective and efficient in terms of cost and time compared with the cost and normal time of the project.

Keywords: Construction Project, Duration and cost Trade Off Method, additional hours and heavy equipment, Duration and cost, effective and efficient

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan. Fakta tersebut tercemin dari meningkatnya pembangunan baik di sektor jalan ataupun fasilitas infrastruktur lainnya. Suatu proyek yang dikerjakan akan selalu memiliki resiko yang tinggi, resiko yang tinggi tersebutlah yang dijadikan dasar mengapa suatu perencanaan dan pelaksanaan dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu pekerjaan proyek harus dilakukan secara tepat dan hati-hati (Laksana dkk., 2014). Pada umumnya proyek adalah setiap pekerjaan yang memiliki kegiatan awal dan memiliki kegiatan akhir, dengan kata lain setiap pekerjaan yang dimulai pada waktu tertentu dan direncanakan selesai atau berakhir pada waktu yang telah ditetapkan. Pembangunan infrastruktur yang saat ini sedang berlangsung yaitu pembangunan Peningkatan Jalan Simpang Kabu di Danau Raya Kecamatan Nimbang, Sumatra Selatan.

Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Peningkatan Jalan Simpang Kabu Danau Raya - SP. 5 Nibung (Lanjutan) , Sumatra Selatan/Musi Rawas Utara dengan Metode Duration and cost Trade Off yaitu dengan penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 jam lembur sampai 3 jam lembur dan penambahan alat berat dengan durasi pekerjaan yang sama dengan durasi lembur, sehingga mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan penambahan biaya minimum, menganalisa sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum dan membandingkan alternatif-alternatif percepatan yang lebih efisien untuk dilaksanakan. Dalam pembangunan proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi yang dapat menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Kondisi ini memicu untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek (Novitasari, 2014).

## 2. Landasan Teori

### *Proyek Konstruksi*

Proyek merupakan satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimasukkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Perkembangan proyek konstruksi saat ini menjadikan proyek semakin kompleks dan rumit, karena dalam proyek yang besar dan kompleks membutuhkan sumber daya dari awal hingga akhir proyek (Huibert dkk., 2012). Ada tiga faktor yang mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan pada suatu proyek yaitu waktu, biaya dan mutu. Tolak 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 ( Sartika, 2014).

Penyimpangan–penyimpangan yang dapat terjadi dalam suatu proyek antara lain keterlambatan suatu proyek dibanding jadwal yang direncanakan ataupun biaya yang melampaui anggaran sehingga para pengusaha jasa konstruksi cenderung mengalami kerugian. Untuk itu diperlukan analisis yang memerlukan suatu sistem pengendalian biaya dan jadwal terpadu agar rencana pelaksanaannya data terserap secara efisien dan parameter yang di kontrol benar–benar efisien dan dapat menunjukkan dengan tepat kondisi proyek (Mitchel dkk., 2015).

Untuk menghindari keterlambatan proyek maka perlunya percepatan proyek. Mempercepat proyek berarti melakukan usaha untuk menyelesaikan proyek konstruksi dengan durasi waktu yang lebih cepat dari jadwal yang ditentukan sebelumnya. Crashing adalah suatu proses yang disengaja sistematis, dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua

kegiatan dalam proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan hambatan (Soeharto, 1999).

### Manajemen konstruksi

Manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumber daya organisasi perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu (Santoso, 2003).

Manajemen proyek konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Soeharto, 1999). Tujuan dari proses manajemen proyek adalah sebagai berikut :

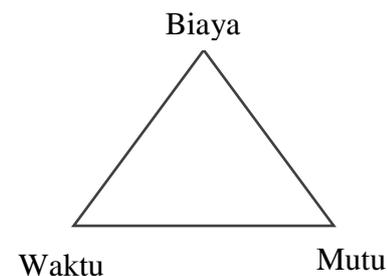
1. Agar semua rangkaian kegiatan tersebut tepat waktu, dalam hal ini tidak terjadi keterlambatan penyelesaian suatu proyek.
2. Biaya yang sesuai, maksudnya agar tidak ada biaya tambahan lagi di luar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan.
3. Kualitas sesuai dengan persyaratan.
4. Proses kegiatan sesuai persyaratan.

Menurut Novitasari (2014) dalam manajemen proyek penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu:

1. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia dan alat berat (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
2. Proses pengendalian (*controlling*).

Dalam proses untuk mencapai tujuan proyek terdapat batasan yang harus dipenuhi yaitu biaya atau anggaran, waktu atau jadwal, serta kualitas atau mutu. Tiga hal tersebut merupakan parameter penting dalam penyelenggaraan suatu proyek dan sering disebut juga *triple constrain*.

1. Biaya atau anggaran  
Suatu proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak boleh melebihi anggaran. Proyek berskala besar dan proses pelaksanaannya bertahun-tahun, biayanya tidak hanya ditentukan dalam total proyek, akan tetapi terbagi atas bagian-bagian atau periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian penyelesaian bagian-bagian proyek harus memenuhi sasaran anggaran perperiode.
2. Waktu  
Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan dan penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.
3. Kualitas atau mutu  
Hasil kegiatan atau produk harus memenuhi spesifikasi dan kriteria mutu yang telah dipersyaratkan.



Gambar 2.1 Hubungan triple constrain (Soeharto, 1999)

Tiga batasan tersebut diatas bersifat saling bersangkutan dan saling tarik-menarik. Jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah ditentukan, maka secara umum harus diikuti dengan meningkatkan mutu. Hal ini selanjutnya berakibat pada naiknya biaya sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya jika ingin menekan atau memperkecil biaya, maka biasanya harus memperhatikan jadwal atau waktu dan mutu juga.

Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Oleh karena itu durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk

melaksanakan percepatan suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan, sehingga dalam suatu penelitian yang dilakukan dengan metode yang sama dapat berbeda optimalisasi biaya dan waktunya, karena dipengaruhi empat faktor tersebut (Frederika, 2010).

*Time Cost Trade Off (TCTO)* atau pertukaran durasi dan biaya merupakan suatu cara yang digunakan untuk mempercepat waktu pelaksanaan pada proyek dengan cara pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang disengaja dan sistematis (Izzah, 2007). Metode ini memungkinkan untuk dilakukannya pertukaran waktu terhadap biaya proyek dengan cara menganalisis penambahan biaya proyek yang akan terjadi akibat dilakukannya pengurangan durasi pelaksanaan, sehingga pada suatu kondisi tertentu proyek akan mencapai kondisi durasi dan biaya optimum (Chusairi dan Suryanto, 2015). Apabila waktu penyelesaian aktivitas dipercepat, maka biaya langsung akan bertambah sedangkan biaya tidak langsung berkurang. Sehingga mempengaruhi durasi normal, durasi percepatan, biaya normal dan biaya percepatan (Andhita & Dani, 2017).

### **Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan proyek merupakan fase menterjemahkan suatu perencanaan kedalam suatu diagram-digram yang sesuai dengan skala waktu, dengan penjadwalan proyek dapat ditentukan kapan mulainya aktivitas-aktivitas proyek, waktu selesainya, bahkan waktu tundanya (Frederika, 2010). Menurut Husen (dalam Madepungeng, 2015) penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada.

Untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan secara cepat, tepat dan efektif, maka perlu berfikir secara mendalam melalui berbagai persoalan-persoalan, menguji jalur-jalur yang logis, serta menyusun berbagai

macam tugas, yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap, dan menuliskan bermacam-macam kegiatan dalam kerangka yang logis dan rangkaian waktu yang tepat (Luthan dan Syafriandi, 2006). Jadwal proyek berisikan hal-hal yang pokok tentang capaian- capaian waktu penyelesaian proyek, kebutuhan sumber daya dan alur tunai biaya proyek.

Penjadwalan yang baik bukanlah hanya menyusun kegiatan atau pekerjaan proyek saja, tetapi juga penyusunan sumber daya, baik tenaga ataupun biaya (Luthan dan Syafriandi, 2017). Secara umum penjadwalan proyek mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut :

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan / kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana dan manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.

Penjadwalan proyek dapat berupa :

1. Kurva S

Kurva S mempresentasikan bobot pekerjaan kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Bobot pekerjaan adalah nilai persentase proyek yang menggambarkan kemajuan proyek tersebut. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan (Luthan dan Syafriandi, 2006).

Adapun manfaat dari Kurva S adalah :

- a. Sebagai jadwal pelaksanaan proyek
  - b. Dasar untuk manajemen keuangan proyek
  - c. Melihat pekerjaan lintasan kritis
  - d. Menghitung prestasi pekerjaan
2. *Network Planning*

Perencanaan jaringan kerja (*network planning*) adalah suatu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya berupa informasi mengenai

kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang bersangkutan.

Adapun kegunaan network planning adalah :

- a. Memberikan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek secara menyeluruh.
- b. Dapat memperkirakan waktu, biaya serta sumber daya yang diperlukan
- c. Mengetahui lintasan kritis pekerjaan.

### **Rencana Anggaran Biaya**

RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain. Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS ( Rencana Kerja dan Syarat ) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat.

Rencana anggaran biaya proyek diperlukan untuk melakukan pemampatan setelah menyusun network diagram. Rencana anggaran biaya proyek berisi tentang volume, harga satuan dan harga dari tiap-tiap pekerjaan. Selain rencana anggaran proyek diperlukan juga analisa harga satuan. Di dalam analisa harga satuan dapat dilihat jumlah bahan, jumlah tenaga kerja untuk setiap pekerjaan.

### **Produktivitas Pekerja**

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Di dalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap

pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas, indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) .

Tabel 2.1 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

### **Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek**

Percepatan Proyek dapat didefinisikan sebagai suatu perubahan proyek dengan cara memperpendek satu atau lebih aktivitas baik yang berurutan maupun tidak berurutan yang akibatnya memperpendek total waktu pelaksanaan proyek sebagaimana yang telah ditetapkan sebelumnya melalui perjanjian antara pihak pengguna jasa dengan penyedia jasa konstruksi (Mangintung, 2008).

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 hal ini menggunakan penambahan shift kerja dan kapasitas alat (Handayani dkk., 2017)

Proses menyusun jaringan kerja dilakukan secara berulang-ulang sebelum sampai pada suatu perencanaan atau jadwal yang dianggap cukup realistis. Metode jaringan kerja memungkinkan aplikasi konsep *management by exception*, karena metode tersebut dengan jelas mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis bagi proyek, terutama dalam aspek jadwal dan perencanaan. Umumnya kegiatan kritis tidak boleh lebih dari 20% total kegiatan proyek, dan dengan telah diketahuinya bagian ini maka pengelola dapat memberikan prioritas perhatian (Soeharto, 1997).

Biaya langsung akan meningkat bila waktu pelaksanaan proyek dipercepat, namun biaya langsung ini akan meningkat juga bila waktu pelaksanaan proyek diperlambat. Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kuantitas pekerjaan, melainkan tergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek. Bila biaya tidak langsung ini dianggap tetap selama umur proyek, maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek yang dilaksanakan (Laksana dkk., 2014).

### **Biaya Proyek**

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

1. Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek, yang meliputi :
  - a. Biaya bahan / material
  - b. Biaya upah kerja
  - c. Biaya alat
  - d. Biaya subkontraktor dan lain-lain.
2. Biaya tidak langsung adalah segala sesuatu yang tidak merupakan komponen hasil akhir proyek, tetapi dibutuhkan dalam rangka proses pembangunan yang biasanya terjadi diluar proyek dan sering disebut dengan biaya tetap (*fix cost*). Walaupun sifatnya tetap, tetapi harus dilakukan pengendalian agar tidak melewati anggarannya. Jadi biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi komulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

### **Diagram Network Planning**

Perencanaan adalah suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya.

Perencanaan memberikan pegangan bagi pelaksanaan mengenai alokasi daya untuk melakukan kegiatan (Soeharto, 1997).

### **Network Planning**

Suatu kegiatan yang merupakan rangkaian penyelesaian pekerjaan haruslah direncanakan dengan sebaik-baiknya. Sedapat mungkin semua kegiatan atau aktivitas dalam perusahaan dapat diselesaikan dengan efisien. Semua aktivitas tersebut diusahakan untuk dapat selesai dengan cepat sesuai dengan yang diharapkan serta terintegrasi dengan aktivitas yang lainnya.

*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.

### **Metode CPM (Critical Path Method**

*CPM (Critical Path Method)* adalah suatu metode dengan menggunakan *arrow diagram* didalam menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis. *CPM* menggunakan satu angka estimasi durasi kegiatan yang tertentu (*deterministic*), selain itu didalam *CPM* mengenal adanya *EET (Earliest Event Time)* dan *LET (Last Event Time)*, serta *Total Float* dan *Free Float*. *EET* adalah peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari suatu kegiatan, sedangkan *LET* adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari suatu kegiatan. Metode *CPM* membantu mendapatkan lintasan kritis, yaitu lintasan yang menghubungkan kegiatan – kegiatan kritis, atau dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan kegiatan yang tidak boleh terlambat ataupun mengalami penundaan pelaksanaan karena keterlambatan tersebut akan menyebabkan keterlambatan pada waktu total penyelesaian proyek.

### **Menghitung Jumlah Sumber Daya (resource)**

Sumber daya meliputi 2 hal, yaitu sumber daya manusia dan juga sumber daya bukan manusia seperti fasilitas – fasilitas, peralatan dan bahan baku yang disertakan

dalam pengerjaan proyek tersebut. Sumber daya juga bisa diartikan orang yang bertanggung jawab atas selesainya pekerjaan.

Dalam suatu proyek, sumber daya yang dipergunakan mempunyai porsi biaya terbesar, sehingga sudah merupakan keharusan bagi seorang pimpinan/manajer proyek memperhatikan dengan cermat hal tersebut agar tidak terjadi pemborosan. Dengan Microsoft Project dibuat masing-masing sumber daya sehingga jika suatu sumber daya telah menyelesaikan tugasnya, segera dapat ditempatkan pada pekerjaan berikutnya.

### **Menentukan Estimasi Durasi Dalam Microsoft Project**

*Duration* merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Durasi optimum adalah durasi dimana terjadi biaya pelaksanaan proyek yang paling efisien. Adanya durasi optimum tersebut telah memberikan petunjuk baik kepada owner maupun kontraktor dalam menentukan durasi pelaksanaan proyek. Durasi ini untuk menentukan lintasan kritis tersebut untuk melakukan percepatan waktu sehingga mendapatkan durasi optimum suatu pelaksanaan proyek.

### **3. Metode Percepatan Kegiatan Kerja Proyek (*Crashing*)**

#### ***Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja***

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan dari jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada dilapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas,

indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

$$1. \text{ Produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (2.1)$$

$$2. \text{ Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Perhati}} \quad (2.2)$$

$$\text{Produktivitas harian sesudah crash} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam}) \quad (2.3)$$

Dengan:

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$3. \text{ Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{P. \text{ Harian Sesudah Crash}} \quad (2.2)$$

#### ***Pelaksanaan Penambahan Alat Berat***

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan 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 dirumuskan sebagai berikut ini:

$$1. \text{ Jumlah tenaga kerja normal} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}} \quad (2.5)$$

$$2. \text{ Jumlah tenaga kerja dipercepat} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi dipercepat}} \quad (2.6)$$

Dari rumus di atas maka akan diketahui jumlah pekerja normal dan jumlah penambahan tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek.

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

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. Normal ongkos pekerja perhari

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (2.7)$$

2. Normal ongkos pekerja perjam

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (2.8)$$

3. Biaya lembur pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + 2 \times n \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya} \quad (2.9)$$

Dengan:

$n$  = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Normal cost pekerja}) + (n \times \text{Biaya lembur perjam}) \quad (2.10)$$

5. *Cost slope*

$$= \frac{(\text{Crash Cost} \times \text{Normal Cost})}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crash}} \quad (2.11)$$

Dengan adanya percepatan durasi pelaksanaan pada aktivitas tertentu, maka akan terjadi pertambahan biaya akibat percepatan durasi tersebut. Pertambahan biaya tersebut tergantung besarnya durasi percepatan yang direncanakan secara total biaya setelah percepatan (*crash cost*). Semakin besar *crash cost*-nya, maka akan semakin besar nilai *cost slopenya* (Sani dan Septiropa, 2014).

### Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian proyek akan menyebabkan kontraktor terkena sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Penelitian

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Peningkatan Jalan Simpang Kabu Kabupaten Musi Rawas, Provinsi Sumatera Selatan ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : A

Konsultan Supervisi : PT. B

Kontraktor : PT. C

Anggaran : Rp 4.421.046.238,19

Waktu pelaksanaan : 167 Hari kerja

Tanggal pekerjaan dimulai : 9 September 2015

Tanggal pekerjaan selesai : 23 Februari 2016

### Data – data Kegiatan Kritis

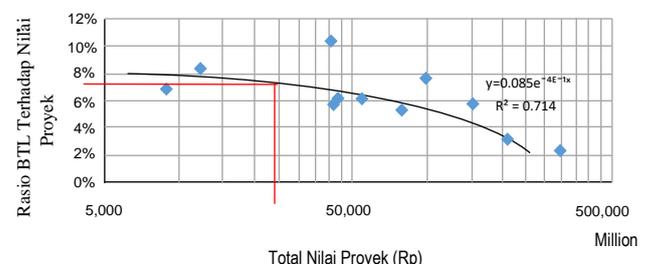
Beberapa pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan kegiatan - kegiatan kritis adalah kegiatan yang memiliki unsur tenaga kerja, beberapa kegiatan – kegiatan tersebut dengan kode kegiatan I, J, AA, AB, AD, dan AF.

Tabel 2 Koefisien Penurunan Produktivitas

Kode	Jenis Pekerjaan	Durasi (Hari)
A	Mobilisasi/Demobilisasi	7
I	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	14
J	Pasangan Batu dengan Mortar	7
AA	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	21
AB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	21
AD	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	21
AF	Laston Lapis Antara (AC-BC)	21

### Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi oleh Soemardi dan Kusumawardani (2010).



Gambar 2. Model hubungan biaya tidak langsung pada kontraktor besar

Pada proyek pembangunan Jalan dengan nilai total proyek sebesar Rp24.421.046.238,19 didapatkan *presentase*

untuk biaya tidak langsung sebesar 7,5 % dari nilai total proyek tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini :

$$\begin{aligned}
 &\text{Biaya Tidak Langsung} \\
 &= 7,5 \% \times \text{Rp}24.421.046.238,19 \\
 &= \text{Rp}1.831.578.467,86 \\
 &= \text{Rp}10.967.535,74/\text{hari} \\
 &\text{Biaya Langsung} \\
 &= \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya Tidak} \\
 &\quad \text{Langsung} \\
 &= \text{Rp}24.421.046.238,19 - \text{Rp}1.831.578.467,86 \\
 &= \text{Rp}22.589.467.770,32
 \end{aligned}$$

### ***Analisa Biaya Lembur Untuk Pekerja dan Alat Berat***

Perhitungan analisa biaya lembur digunakan untuk mengetahui besarnya biaya upah lembur dari penggunaan alat berat dan tenaga kerja bantu alat berat tersebut. Berikut ini adalah contoh analisa tenaga kerja dan alat berat untuk Pekerjaan Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air :

#### **1. Durasi Percepatan**

Menurut Mangintung (2008), Percepatan Proyek dapat didefinisikan sebagai suatu perubahan jadwal proyek dengan cara memperpendek satu atau lebih aktivitas baik yang berurutan maupun tidak berurutan yang akibatnya memperpendek total waktu pelaksanaan proyek sebagaimana yang telah ditetapkan sebelumnya melalui perjanjian antara pihak pengguna jasa dengan penyedia jasa konstruksi.

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume pekerjaan perhari (Vk)} \\
 &= V \text{ pekerjaan} : \text{durasi pekerjaan} \\
 &= 2.401,88 : 14 = 171,56 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &\text{Jumlah alat perhari (Ja)} \\
 &= V \text{ pek perhari} : \text{produktivitas alat} \\
 &= 171,56 : 132,326 \\
 &= 1,29 \text{ unit/hari} \approx 0,18 \text{ unit/jam} \\
 &\text{Lembur 1 jam} \\
 &= \frac{2.401,88}{(171,56) + (0,185 \times 0,9 \times 171,56)} \\
 &= 12,40 \text{ hari} \\
 &\text{Lembur 2 jam} \\
 &= \frac{2.401,88}{(171,56) + (0,185 \times 0,8 \times 171,56)} \\
 &= 11,26 \text{ hari} \\
 &\text{Lembur 3 jam} \\
 &= \frac{2.401,88}{(171,56) + (0,185 \times 0,7 \times 171,56)}
 \end{aligned}$$

$$= 10,42 \text{ hari}$$

#### **2. Analisa upah lembur pekerja dan alat berat Tenaga Kerja**

Untuk Pekerja dengan biaya per hari adalah sebesar Rp. 12.727,14 dengan 7 jam perhari

Biaya lembur pekerja

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur jam ke 1} &= \text{Rp. } 12.727,14 \times 1,5 \\
 &= \text{Rp. } 19.090,71 \\
 \text{Lembur jam ke 2} &= \text{Rp. } 12.727,14 \times 2 \\
 &= \text{Rp. } 25.454,28 \\
 \text{Lembur jam ke 3} &= \text{Rp. } 12.727,14 \times 2 \\
 &= \text{Rp. } 25.454,28
 \end{aligned}$$

Untuk mandor dengan biaya per hari adalah sebesar Rp. 15.000,00 dengan 7 jam perhari

Biaya lembur pekerja

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur jam ke 1} &= \text{Rp. } 15.000,00 \times 1,5 \\
 &= \text{Rp. } 22.500,00 \\
 \text{Lembur jam ke 2} &= \text{Rp. } 15.000,00 \times 2 \\
 &= \text{Rp. } 30.000,00 \\
 \text{Lembur jam ke 3} &= \text{Rp. } 15.000,00 \times 2 \\
 &= \text{Rp. } 30.000,00
 \end{aligned}$$

#### **Alat Berat**

Untuk alat berat : *Excavator*  
 Biaya per jam : Rp 623.971,00  
 Jam kerja per hari : 7 jam/hari  
 Biaya sewa alat lembur lembur :

$$\begin{aligned}
 &\text{Lembur 1 jam} \\
 &= \text{Biaya alat perjam} + (0,5 (\text{b. Operator} + \text{b.} \\
 &\quad \text{Pembantu operator})) \\
 &= \text{Rp } 623.971,00 + (0,5 \times (\text{Rp. } 19.480,00 + \\
 &\quad \text{Rp. } 11.687,14)) \\
 &= \text{Rp. } 639.554,57
 \end{aligned}$$

Untuk alat berat : *Dump Truck*  
 Biaya per jam : Rp 326.655,83  
 Jam kerja per hari : 7 jam/hari  
 Biaya sewa alat lembur lembur :

$$\begin{aligned}
 &\text{Lembur 1 jam} \\
 &= \text{Biaya alat perjam} + (0,5(\text{b. Operator} + \text{b.} \\
 &\quad \text{Pembantu operator})) \\
 &= \text{Rp } 326.655,83 \times (0,5 (\text{Rp. } 19.480,00) + \\
 &\quad (\text{Rp. } 11.687,14)) \\
 &= \text{Rp. } 342.239,41
 \end{aligned}$$

#### **3. Biaya Total Lembur**

##### **Tenaga Kerja**

Lembur 1 jam untuk pekerja

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Durasi} \times \text{Koef. pekerja} \times \text{Harga Pekerja}) \\
 &\quad + ((\text{Durasi} \times \text{koef. pekerja} \times \text{Harga lembur} \\
 &\quad \text{pekerja}) \\
 &= (12,40 \times 0,0302 \times 12.727,14) + (12,40 \times \\
 &\quad 0,0302 \times 19.090,71) \\
 &= \text{Rp. } 994.234,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 2 jam untuk pekerja} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{Koef. pekerja} \times \text{Harga Pekerja}) \\ & \quad + (\text{Durasi} \times \text{koef. pekerja} \times \text{Harga 1 jam} \\ & \quad \text{lembur pekerja}) + (\text{Durasi} \times \text{koef. pekerja} \\ & \quad \times \text{Harga 2 jam lembur pekerja}) \\ & = (11,26 \times 0,0302 \times 12.727,14) + (11,26 \times \\ & \quad 0,0302 \times 19.090,71) + (11,26 \times 0,0302 \times \\ & \quad 25.454,28) \\ & = \text{Rp. 1.223.400,74} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 3 jam untuk pekerja} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{Koef. pekerja} \times \text{Harga Pekerja}) + \\ & \quad (\text{Durasi} \times \text{koef. pekerja} \times \text{Harga 1 jam} \\ & \quad \text{lembur pekerja}) + (\text{Durasi} \times \text{koef. pekerja} \\ & \quad \times \text{Harga 2 jam lembur pekerja}) \\ & = (10,42 \times 0,0302 \times 12.727,14) + (10,42 \times \\ & \quad 0,0302 \times 19.090,71) + ((10,42 \times 0,0302 \times \\ & \quad 25.454,28) \times 2) \\ & = \text{Rp. 1.155.066,74} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 1 jam untuk mandor} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{Koef. mandor} \times \text{Harga Pekerja}) \\ & \quad + (\text{Durasi} \times \text{koef. mandor} \times \text{Harga 1jam} \\ & \quad \text{lembur mandor}) \\ & = (12,40 \times 0,0076 \times 15.000) + (12,40 \times \\ & \quad 0,0076 \times 22.500,00) \\ & = \text{Rp. 292.947,13} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 2 jam untuk mandor} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{Koef. mandor} \times \text{Harga Mandor}) \\ & \quad + (\text{Durasi} \times \text{koef. mandor} \times \text{Harga 1 jam} \\ & \quad \text{lembur mandor}) + (\text{Durasi} \times \text{koef. mandor} \\ & \quad \times \text{Harga 2 jam lembur pekerja}) \\ & = (11,26 \times 0,0076 \times 15.000) + (11,26 \times \\ & \quad 0,0076 \times 30.000) \\ & = \text{Rp. 360.469,97} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 3 jam untuk mandor} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{Koef. mandor} \times \text{Harga Mandor}) + \\ & \quad (\text{Durasi} \times \text{koef. mandor} \times \text{Harga 1 jam} \\ & \quad \text{lembur mandor}) + ((\text{Durasi} \times \text{koef.} \\ & \quad \text{mandor} \times \text{Harga 2 jam lembur pekerja}) \times \\ & \quad 2) \\ & = \text{Rp. 361.867,08} \end{aligned}$$

#### Alat Berat

##### *Dump Truck*

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 1 jam untuk } \textit{Dump Truck} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Normal}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat perjam} \times \\ & \quad \text{Harga Sewa alat Lembur 1jam}) \\ & = (12,40 \times 18,41 \times 326.656) + (12,40 \times \\ & \quad 2,63 \times 373.407) \\ & = \text{Rp. 86.786.209,21} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Lembur 2 jam untuk } \textit{Dump Truck} \\ & = (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Normal}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat perjam} \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Harga Sewa alat Lembur 1jam}) + (\text{Durasi} \\ & \quad \times \text{jml. Alat perjam} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Lembur 2jam}) \\ & = (11,26 \times 18,41 \times 326.656) + (11,26 \times 2,63 \\ & \quad \times 373.407) + (11,26 \times 2,63 \times 435.741) \\ & = \text{Rp. 91.715.254,52} \end{aligned}$$

##### *Lembur 3 jam untuk Dump Truck*

$$\begin{aligned} & = (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Normal}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat perjam} \times \\ & \quad \text{Harga Sewa alat Lembur 1jam}) + (\text{Durasi} \\ & \quad \times \text{jml. Alat perjam} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Lembur 2jam}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \\ & \quad \text{perjam} \times \text{Harga Sewa alat Lembur 3jam}) \\ & = (10,42 \times 18,41 \times 326.656) + (10,42 \times 2,63 \\ & \quad \times 373.407) + ((10,42 \times 2,63 \times 435.741) + \\ & \quad (10,42 \times 2,63 \times 498.075)) \\ & = \text{Rp. 96.833.444,32} \end{aligned}$$

##### *Exavator*

##### *Lembur 1 jam untuk Exavator*

$$\begin{aligned} & = (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Normal}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat perjam} \times \\ & \quad \text{Harga Sewa alat Lembur 1jam}) \\ & = (12,40 \times 1,297 \times 11.352.848) + (12,40 \times \\ & \quad 0,185 \times 639.554,57) \\ & = \text{Rp. 11.576.449,00} \end{aligned}$$

##### *Lembur 2 jam untuk Exavator*

$$\begin{aligned} & = (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Normal}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat perjam} \times \\ & \quad \text{Harga Sewa alat Lembur 1jam}) + (\text{Durasi} \\ & \quad \times \text{jml. Alat perjam} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Lembur 2jam}) \\ & = (11,26 \times 1,297 \times 11.352.848) + (11,26 \times \\ & \quad 0,185 \times 639.554,57) + (11,26 \times 0,185 \times \\ & \quad 733.056) \\ & = \text{Rp. 12.041.521,79} \end{aligned}$$

##### *Lembur 3 jam untuk Exavator*

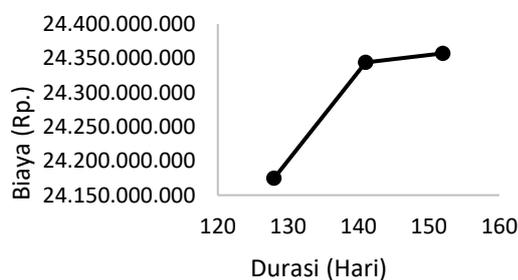
$$\begin{aligned} & = (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Normal}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat perjam} \times \\ & \quad \text{Harga Sewa alat Lembur 1jam}) + (\text{Durasi} \\ & \quad \times \text{jml. Alat perjam} \times \text{Harga Sewa alat} \\ & \quad \text{Lembur 2jam}) + (\text{Durasi} \times \text{jml. Alat} \\ & \quad \text{perjam} \times \text{Harga Sewa alat Lembur 3jam}) \\ & = (10,42 \times 1,297 \times 11.352.848) + (10,42 \times \\ & \quad 0,185 \times 639.554,57) + (10,42 \times 0,185 \times \\ & \quad 733.056) + (10,42 \times 0,185 \times 795.390) \\ & = \text{Rp. 12.560.331,33} \end{aligned}$$

Pada penambahan 1 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp 24.357.189.241,49 dengan durasi percepatan sebesar 152 hari sedangkan penambahan 2 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp 24.343.782.305,97 dengan durasi

percepatan sebesar 141 hari dan untuk penambahan 3 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp 24.174.857.220,56 dengan durasi percepatan sebesar 128 hari. Dari ketiga nya penambahan jumlah lembur 3 jam adalah yang paling efektif dari segi durasi percepatan dan efektif dari segi biayanya.

Tabel 3 Tabel perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur.

Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
1	152	Rp 24.357.189.241,49
2	141	Rp 24.343.782.305,97
3	128	Rp 24.174.857.220,56



Gambar 3 Grafik perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur.

### Analisa Biaya Penambahan Alat Berat

#### Exavator

Volume pekerjaan = 2.401,88 M<sup>3</sup>/Jam  
 Produktifitas alat = 132,326 M<sup>3</sup>/Jam  
 Durasi pekerjaan normal = 14 hari  
 Durasi percepatan = 12,04 hari  
 Harga sewa alat = Rp 623.971  
 Volume pekerjaan perhari = V pekerjaan : durasi pekerjaan = 2.401,88 : 12,04 = 199,49 M<sup>3</sup>/Jam  
 Jumlah alat perhari = V pek perhari : produktivitas alat = 199,49 : 132,326 = 1,21 unit/hari  
 Jumlah Biaya alat = Durasi x Jumlah alat x harga sewa alat = 12,04 X 1,21 X 623.971 = Rp. 11.325.848,00  
 Durasi percepatan = 11,26 hari  
 Harga sewa alat = Rp 623.971  
 Volume pekerjaan perhari = V pekerjaan : durasi pekerjaan = 2.401,88 : 11,26 = 213,23 M<sup>3</sup>/Jam  
 Jumlah alat perhari

= V pek perhari : produktivitas alat = 213,23 : 132,326 = 1,61 unit/hari  
 Jumlah Biaya alat = Durasi x Jumlah alat x harga sewa alat = 11,26 X 1,61 X 623.971 = Rp. 11.325.848,00

Durasi percepatan = 10,43 hari  
 Harga sewa alat = Rp 623.971

Volume pekerjaan perhari = V pekerjaan : durasi pekerjaan = 2.401,88 : 10,43 = 230,37 M<sup>3</sup>/Jam

Jumlah alat perhari = V pek perhari : produktivitas alat = 230,37 : 132,326 = 1,74 unit/hari

Jumlah Biaya alat = Durasi X Jumlah alat X harga sewa alat = 10,43 X 1,74 X 623.971 = Rp. 11.325.848,00

#### Dump Truck

Volume pekerjaan = 2.401,88 M<sup>3</sup>/Jam  
 Produktifitas alat = 132,326 M<sup>3</sup>/Jam

Durasi pekerjaan normal = 14 hari  
 Durasi percepatan = 12,04 hari  
 Harga sewa alat = Rp 326.656

Volume pekerjaan perhari = Durasi x Jumlah alat x harga sewa alat = 11,26 x 22,88 x 326.656 = Rp. 84.195139,00

Durasi percepatan = 10,43 hari  
 Harga sewa alat = Rp 326.656

Volume pekerjaan perhari = V pekerjaan : durasi pekerjaan = 2.401,88 : 10,43 = 230,37 M<sup>3</sup>/Jam

Jumlah alat perhari = V pek perhari : produktivitas alat = 230,37 : 9,32 = 24,72 unit/hari

Jumlah Biaya alat = Durasi X Jumlah alat X harga sewa alat = 10,43 X 24,72 X 623.971 = Rp. 84.195139,00

Volume pekerjaan perhari = V pekerjaan : durasi pekerjaan = 2.401,88 : 12,04 = 199,49 M<sup>3</sup>/Jam

Jumlah alat perhari = V pek perhari : produktivitas alat = 199,49 : 9,32 = 21,41 unit/hari

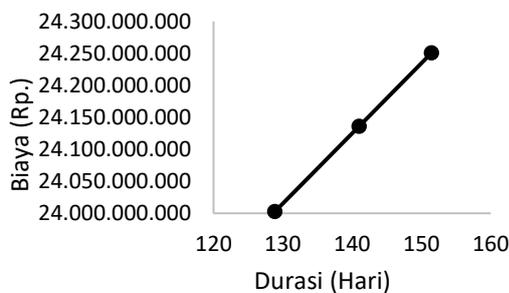
Jumlah Biaya alat = Durasi x Jumlah alat x harga sewa alat = 12,04 X 21,41 X 326.656 = Rp. 84.195139,00

Durasi percepatan = 11,26 hari  
 Harga sewa alat = Rp. 326.656

<sup>33</sup> Volume pekerjaan perhari  
= V pekerjaan : durasi pekerjaan  
= 2.401,88 : 11,26 = 213,23 M<sup>3</sup>/Jam  
Jumlah alat perhari  
= V pek perhari : produktivitas alat  
= 213,23 : 9,32 = 22,88 unit/hari  
Jumlah biaya alat grafik biaya total proyek pada penambahan tenaga kerja 1 didapatkan biaya total sebesar Rp Rp 24.250.867.151,06 dengan durasi percepatan sebesar 151 hari sedangkan penambahan 2 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp Rp24.136.016.372,69 dengan durasi percepatan sebesar 141 hari dan untuk penambahan 3 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp24.002.792.329,40 dengan durasi percepatan sebesar 128 hari. Dari ketiga nya penambahan Tenaga kerja 128 adalah yang paling efektif dari segi durasi percepatan maupun dari segi biaya.

Tabel. 4 Tabel perbandingan antara biaya total dengan Tenaga kerja

Tenaga Kerja	Durasi Percepatan	Biaya Total
1	151	Rp24.250.867.151,06
2	141	Rp24.136.016.372,69
3	129	Rp24.002.792.329,40



Gambar 4 Grafik biaya total akibat penambahan Tenaga Kerja.

Dari ketiga nya penambahan Tenaga kerja 129 adalah yang paling efektif dari segi durasi percepatan maupun dari segi biaya.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Jembatan Sungai Naik - Kabupaten Musi Rawas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Durasi dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 167 hari dengan biaya Rp.24.421.046.238,19, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 152 hari dan dengan biaya sebesar Rp.24.357.189.241,49, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 141 hari dan biaya sebesar Rp.24.343.782.305,97 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 128 hari dengan biaya Rp.24.174.857.220,56.
2. Durasi dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 167 hari dengan biaya Rp.24.421.046.238,19, setelah penambahan alat berat 1 didapatkan durasi crashing 152 hari dan dengan biaya sebesar Rp 24.250.867.151,06, untuk penambahan Tenaga kerja 2 didapatkan durasi crashing 141 hari dan biaya sebesar Rp24.136.016.372,69 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 128 hari dengan biaya Rp24.002.792.329,40.
3. Dalam metode yang dipakai disimpulkan bahwa penambahan alat berat lebih efektif atau efisien dalam biaya dan waktu.

## 6. Daftar Pustaka

- Andhita, A., dan Dani, H., 2017, Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya Pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartemen Project dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO), *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 3, 47-55.
- Chusairi, M., dan Suryanto., 2015, Studi Optimasi Durasi dan biaya dengan Metode Time and Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe SMPN Baru Siwalankerto, *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 2, No. 2, 9-15.
- Frederika, A., 2010, Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah JamKerja Optimum pada Proyek Konstruksi, *Jurnal Ilmiah Teknik*, Vol. 14, No. 2, 113-126.
- Handayani, F.S., Sulistiofany, R.A.I., dan Sugiyanto., 2017, Penerapan Time Cost Trade Off dalam Optimalisasi

- Biaya dan Waktu dengan Penambahan Shif Kerja dan Kapasitas Alat (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Semarang, Ruas Bawen – Solo Seksi II), *Jurnal Matrik Teknik Sipil*, Vol. 5, No. 733-743.
- Husen, A., 2011, *Manajemen Proyek Edisi I Revisi*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Izzah, N., 2017, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT X, *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 10, No. 1, 51-58.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Kulo, E.N., Wani, J.E., dan Kasake, O.H., 2017, Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 5, No.7, 467-474.
- Laksana, A.W., Prasetyo, H.S., Wibowo, M.A., dan Hidayat, A., 2014, Optimasi Waktu Dan Biaya dengan Analisis Crash Program, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 3, 747-759.
- Luthan, P.F., dan Syafriandi, 2006, *Aplikasi Microsoft Project Untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*, CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Mitchel, D.M.P., Mandagi, R.J.M., dan Mangare, J., 2015, Pengendalian Biaya dan Waktu dengan Metode Analisis Nilai dan Hasil dengan Microsoft Project 2010 (Studi Kasus : Gedung Mantos Tahap III), *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3, No. 12, 787-803.
- Novitasari, V., 2014, *Penambahan Jam Kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time and Cost Trade Off*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sani, I., dan Septiropa, Z., 2014, Analisa Biaya dan Waktu dengan Menggunakan Metode Time and Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Hotel Aston Paramaount, *Media Teknik Sipil*, Vol. 12, No. 1, 38-47.
- Santosa, B., 2003, *Manajemen proyek : konsep & implementasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sartika, 2014, Analisis Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol 17, No. 2, 98-105.
- Soeharto, Iman., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Iman., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I Edisi Kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Soemardi, B.W., dan Kusumawardani, R.G, 2010, Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Konstruksi, *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4*. Sanur – Bali, 2 -3 Juni 2010, 295 – 300.