

---

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

---

## **PENGURANGAN RISIKO PINALTI DENGAN *TIME COST TRADE OFF* PADA PROYEK KONSTRUKSI**

**Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya**  
**Jl. Arief Rachman Hakim No. 100 Surabaya**  
**email: [felicia@itats.ac.id](mailto:felicia@itats.ac.id)**

### **ABSTRAC**

*The construction industry in Indonesia is developing quite well, making small-scale construction service businesses get a lot of new project opportunities. On the other hand, a new project can make construction service businesses have problems due to their failure to manage existing resources. One of the risks is the delay in project completion time, which results in the threat of penalty by the construction project owner. This study aims to reduce the risk of penalties faced by small-scale construction service businesses using Time cost trade-off (TCTO). TCTO is a method used to increase the productivity of human resources by substitute using several costs. In increasing the productivity of human resources, this study uses two work systems, namely a four-hour overtime system and a Shift work system. The results of this study found that by using shift work system, it can accelerate the project complementation time by 70 days and reduce the risk of penalties by Rp. 2,525,634,233.*

*Keyword: small-scale construction service, delay, productivity, Time cost trade-off*

### **ABSTRAK**

Industri konstruksi di Indonesia yang berkembang cukup baik, membuat pelaku usaha jasa konstruksi skala kecil mendapatkan banyak peluang proyek baru. Disisi lain proyek baru dapat membuat pelaku usaha jasa konstruksi mengalami masalah dikarenakan kegagalan mereka dalam mengelola sumber daya yang ada. Salah satu risiko yang terjadi akibat kegagalan mengelola sumber daya adalah keterlambatan waktu penyelesaian proyek yang berakibat pada ancaman penalti oleh pihak pemilik pengguna jasa konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi risiko penalti yang dihadapi pelaku usaha jasa konstruksi skala kecil dengan cara *Timecosttradeoff* (TCTO). TCTO adalah sebuah metode yang digunakan untuk meningkatkan kapasitas produktivitas sumber daya manusia dengan menggantinya menggunakan sejumlah biaya. Dalam menaikkan produktivitas sumber daya manusia, penelitian ini menggunakan dua sistem kerja yaitu sistem kerja lembur selama empat jam dan sistem kerja *Shift*. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa dengan menaikkan produktivitas kerja dengan sistem *shift* dapat mempercepat waktu pelaksanaan sampai dengan 70 hari dan mengurangi risiko denda sebesar Rp. 2.525.634.233

Kata kunci: Jasa Konstruksi Kecil, keterlambatan, produktivitas, *Timecosttradeoff*

### **PENDAHULUAN**

Industri konstruksi di Indonesia mempunyai andil besar dalam produk nasional bruto. Industri konstruksi menyumbang 10,5% dari total produk nasional bruto Indonesia dan juga menyerap tenaga kerja sebanyak 5.3% dari total serapan tenaga kerja yang ada [1]. Hal ini membuktikan bahwa kondisi industri konstruksi di Indonesia berjalan dengan cukup baik. Kondisi yang baik tentu berdampak positif bagi pelaku usaha konstruksi di Indonesia baik pelaku usaha besar maupun pelaku usaha kecil. Peluang yang baik dapat dimanfaatkan oleh pelaku usaha konstruksi kecil – menengah untuk dapat mengembangkan skala perusahaan mereka.

Proyek konstruksi sendiri memiliki sifat unik karena dibatasi oleh mutu, waktu, dan biaya, melibatkan sejumlah sumber daya, dan membutuhkan organisasi [2]. Bagi pelaku usaha konstruksi terutama penyedia jasa konstruksi, Kondisi Industri yang bagus berarti terbukanya banyak kesempatan bagi penyedia jasa konstruksi untuk dapat mencari pelanggan yang hendak memanfaatkan jasa mereka. Namun kondisi industri yang bagus juga bisa menjadi “bumerang” bagi penyedia jasa konstruksi terutama penyedia jasa konstruksi berskala kecil. Semakin banyak proyek baru yang didapat artinya semakin banyak sumber daya yang harus dikelola. Dan jika mereka tidak mempunyai kesiapan yang baik dalam mengelolanya, maka peluang ini hanya akan membuat perusahaan jasa konstruksi berskala kecil semakin “kebingungan”. Hal ini terutama banyak terjadi kepada penyedia jasa konstruksi berskala kecil karena perusahaan jasa konstruksi berskala kecil rata-rata belum cukup

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
*Jurnal Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

---

pengalaman dalam mengelola sumber daya yang besar. Pengelolaan sumber daya yang besar tentu saja membutuhkan usaha yang besar pula untuk mengelolanya. Jika mereka tidak mempunyai pengalaman atau pengetahuan yang cukup untuk mengatasi masalah-masalah dan mengelola sumber daya yang ada di lapangan, maka mereka harus siap menerima risiko dari kegagalan mereka dalam mengelola sumber daya. Pengelolaan sumber daya berhubungan erat dengan produktivitas. Produktivitas yang diukur selama proses konstruksi, serta akan dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, uang, metode, alat [2]. Pekerja merupakan sumberdaya yang tidak mudah dikelola tetapi merupakan salah satu sumber daya yang sangat substansial dalam menentukan profitabilitas perusahaan adalah tenaga kerja. Untuk tetap bertahan dalam bisnis, setiap perusahaan harus mampu meningkatkan produktivitasnya.

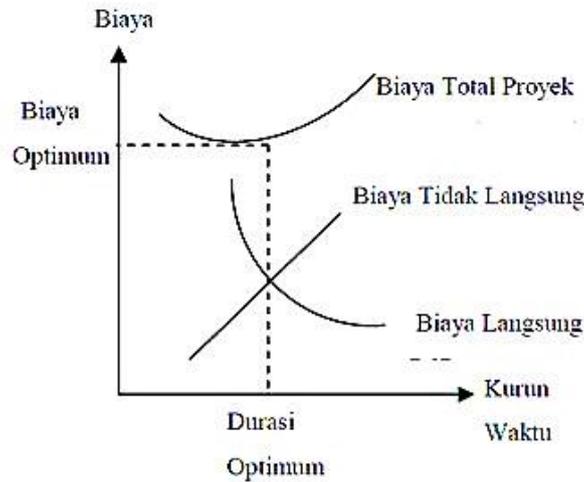
Tingkat produktivitas sangat dipengaruhi oleh beragam kondisi kerja, yang mana nilainya dapat berubah antara satu proyek dengan proyek lainnya. Produktivitas dipengaruhi oleh, yang pertama yaitu metode teknologi yang terdiri desain rekayasa, metode konstruksi, pengukuran kerja, yang kedua dipengaruhi oleh manajemen lapangan yang terdiri dari perencanaan, penjadwalan, tata letak, komunikasi lapangan, serta manajemen sumberdaya, yang ketiga adalah lingkungan kerja yang terdiri dari keselamatan kerja, lingkungan fisik, kualitas pengawasan, yang terakhir adalah faktor manusia terdiri dari upah pekerja, kepuasan kerja, insentif, hubungan kerja mandor-pekerja. Tetapi secara sederhana produktivitas didefinisikan sebagai rasio anatar input dan output. Perlu dideskripsikan dengan jelas apa yang akan diukur dan bagaimana cara mengukurnya. Bila tujuan pengukuran adalah mengukur produktivitas tenaga kerja maka sebagai input adalah jumlah sumber daya tenaga kerja yang diekspresikan sebagai orang – jam (OJ) atau orang –hari (OH) yang dibutuhkan untuk menghasilkan output per unit. Sedangkan sebagai output diekspresikan sebagai ukuran kuantitas hasil kerja dari satu jenis pekerjaan, misalnya pekerjaan dinding pasangan, satuan output yang digunakan adalah luasan atau m<sup>2</sup> atau pekerjaan pipa satuannya adalah panjang atau m [3]

Pemilihan metode yang digunakan pada pelaksanaan proses konstruksi harus disesuaikan manfaat dan efisiensinya, proses inilah harus dievaluasi secara simultan dikarenakan waktu merupakan salah satu kendala karena ketepatan & kecepatan dalam melaksanakan pekerjaan. Risiko yang sering timbul dalam perusahaan jasa konstruksi berskala kecil adalah keterlambatan penyelesaian proyek [5], [6]. Jika sebuah penyedia jasa konstruksi mengalami keterlambatan dalam menyelesaikan proyek mereka, maka pilihan yang tersedia di antaranya adalah meningkatkan produktivitas dari tenaga kerja sehingga dapat mengejar ketertinggalan penyelesaian proyek yang mereka laksanakan. Bagi penyedia jasa konstruksi skala kecil untuk dapat menentukan skema penambahan produktivitas yang paling optimum dan sesuai dengan keuangan dan kemampuan mereka adalah bukan perkara yang mudah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan menentukan skema penambahan produktivitas yang paling optimum pada penyedia jasa konstruksi berskala kecil.

Selama masa konstruksi diperlukannya sumber daya yaitu tenaga kerja, material, metode, dan peralatan. Kebutuhan sumberdaya akan secara langsung akan mempengaruhi keuangan pada masalah biaya dan pendapatan proyek. Biaya total terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Seluruh biaya yang dikeluarkan secara langsung serta berhubungan dengan seluruh aktivitas proyek yang berjalan disebut biaya langsung, biaya langsung antara lain biaya bahan material, biaya upah, tenaga kerja, biaya alat, dan biaya subkontraktor. Biaya Tidak Langsung adalah biaya yang diperlukan untuk kegiatan proyek tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan [4]. Salah satu cara untuk mengejar keterlambatan maka percepatan waktu penyelesaian yang berarti melakukan usaha penyelesaian proyek dengan waktu yang lebih cepat (*Crashing*). Metode yang digunakan merupakan metode pertukaran waktu dan biaya atau yang biasa dikenal dengan *Timecost Trade off (TCTO)*. Secara sederhana metode ini menghitung berapa biaya dan waktu yang paling optimum yang harus di alokasikan untuk dapat mengejar ketertinggalan dalam hal durasi suatu proyek.

Pada proses percepatan proyek akan terjadi pengurangi durasi kegiatan yang besarnya tergantung oleh lamanya waktu pelaksanaan proyek. Durasi dan biaya total akan berubah sesuai dengan kemajuan proyek walaupun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, akan tetapi pada umumnya semakin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan [8]. Perlakuan hubungan antara waktu dan biaya dapat dilihat pada Gambar 1.

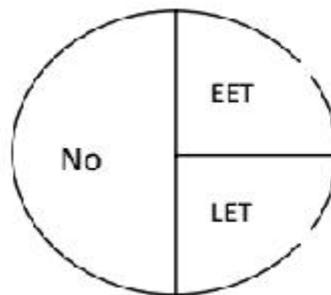
Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11



Gambar 1 Grafik hubungan waktu dan biaya

#### METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian dimulai dari analisis kurva ‘S’ suatu proyek guna mengetahui konektivitas antar kegiatan dalam suatu proyek untuk mendapatkan lintasan kritis. Tahap kedua adalah analisis rencana anggaran biaya guna mengetahui volume pekerjaan yang diikuti oleh harga satuan pekerjaannya. Tahap ketiga adalah diketahuinya jumlah data pekerja untuk setiap pekerjaan, khususnya pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis. Tahapan selanjutnya masuk pada tahap *timecosttradeoff* maka perlu diketahui lintasan kritis dari keseluruhan aktivitas yang ada, Lintasan kritis adalah lintasan pada sebuah aktivitas tidak boleh mengalami penundaan dikarenakan akan berdampak pada keseluruhan aktivitas. Jika aktivitas tersebut mengalami keterlambatan, maka keseluruhan aktivitas juga mengalami keterlambatan[4]. Dikarenakan penyedia jasa konstruksi berskala kecil, maka pengelolaan dan data yang tersedia sangat terbatas oleh karena itu berdasarkan rencana anggaran biaya dan Kurva-S dikembangkan menjadi *Network Diagram* terlebih dahulu agar mendapatkan mudah lintasan kritis dengan mudah dari kegiatan proyek ini. *Network diagram* atau jaringan kerja adalah sebuah Kumpulan *node* yang menggambarkan hubungan setiap aktivitas dari pekerjaan yang berisikan durasi dimulainya sebuah aktivitas dan akhir dari sebuah aktivitas dalam sebuah proyek[8].



Gambar 2 Contoh node[6]

Pembuatan network diagram dengan metode pendekatan CPM dikarenakan CPM memiliki kelebihan dalam menunjukkan hubungan antar kegiatan dan lintasan kritis secara spesifik. Setelah diagram kerja selesai dibuat, maka selanjutnya melakukan penentuan jalur kritis, pada metode CPM adalah metode penjadwalan dengan menggunakan waktu cadangan pada setiap aktivitas untuk melindungi aktivitas-aktivitas tersebut[8].

*Critical Path Method* adalah metode berdasarkan jaringan yang menginginkan keseimbangan waktu-biaya linier. Setiap kegiatan dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Menurut Handoko (2000), dalam proses identifikasi jalur kritis ada beberapa istilah yang digunakan, yaitu:

- *Earliest Start Time (ES)* adalah Waktu paling awal (tercepat) suatu kegiatan dimulai

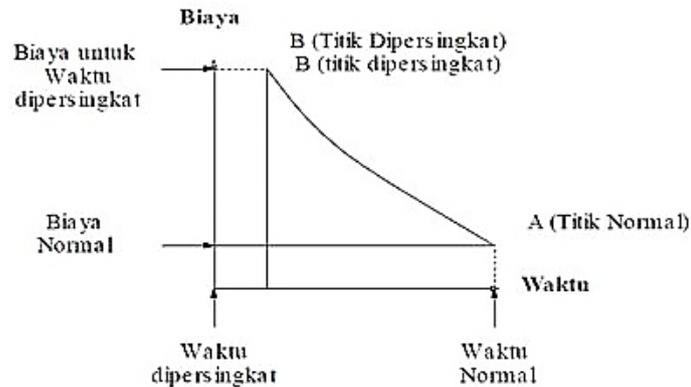
Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

- *Latest Start Time (LS)* adalah Waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek
- *Earliest Finish Time (EF)* adalah Waktu paling awal kegiatan dapat diselesaikan
- *Latest Finish Time (LF)* adalah Waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan

*Float* adalah sejumlah waktu pada suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk pemanfaatan dan pengendalian sumber daya seoptimal mungkin dari jadwal suatu proyek [5] *Float* didapatkan dari selisih nilai *earliest start time* dan nilai *latest finish time* pada dua kejadian.

Perhitungan jalur kritis menggunakan metode *CPM*, dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama adalah perhitungan maju (*Forwardpass*), di mana perhitungan dimulai dari *node* awal dan bergerak maju hingga *node* akhir. Di setiap *node* nantinya akan ada sebuah angka yang mewakili waktu tercepat untuk sebuah aktivitas [7]. Sedangkan tahap dua disebut perhitungan mundur, yaitu memulai perhitungan dari *node* akhir menuju *node* awal untuk melihat kembali kesesuaian nilai pada tahap pertama. Setelah lintasan kritis dapat ditentukan, dan jaringan kerja dapat dibuat, maka pada bagian akhir kita dapat melihat normal *duration* pada proyek tersebut. (+ Pekerjaan Kritis)

Saat mendapatkan *normal duration*, selanjutnya adalah menentukan biaya dari masing-masing kegiatan yang diambil dari data rencana anggaran biaya atau disebut juga dengan *normal cost*. Selanjutnya menghitung *crash duration* yang merupakan hasil dari pemampasan waktu dari setiap aktivitas yang bisa dimampatkan diluar lintasan kritis. Besarnya waktu percepatan sangat bergantung pada nilai durasi awal (*Early start*) setiap aktivitas dibandingkan dengan batas akhir durasi suatu aktivitas dapat dimulai (*late start*). Dengan adanya *crash duration*, maka akan ada biaya baru yang timbul akibat *crash duration* tersebut yang disebut dengan *crash cost*. Selanjutnya adalah mencari *cost slope*. Rasio pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek disebut *cost slope*, grafik hubungan biaya dan waktu yang dipercepat (*cost slope*) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik hubungan waktu-biaya normal dan biaya dipersingkat

Perhitungan nilai *cost slope* didapatkan dengan cara membagi hasil pengurangan dari *crash cost* dan *normal cost* dengan hasil pengurangan *normal duration* dan *crash duration*. Untuk lebih sederhananya dapat dilihat pada Persamaan 1 dibawah ini.

$$Cost\ Slope = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Duration - Crash\ Duration} \quad (1)$$

Dengan adanya perubahan total durasi, maka lintasan kritis juga akan berubah mengikuti alur yang ada. bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka yang dilakukan adalah mempercepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi *Cost slope* terendah. Oleh karena itu iterasi ini dilakukan hingga semua aktivitas berubah menjadi lintasan kritis, sehingga tidak ada lagi aktivitas yang dapat dipercepat.

Dalam memperlakukan peningkatan produktivitas atau percepatan waktu proyek, [11] memberikan beberapa metode yang dapat dilakukan di antaranya adalah:

1. Penambahan jumlah jam kerja
2. Penambahan tenaga kerja

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

3. Pergantian atau penambahan peralatan
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif.

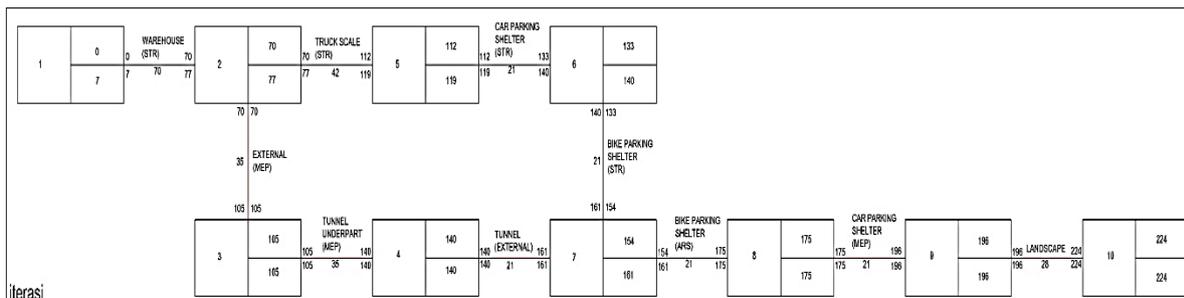
Dalam studi ini peneliti menggunakan alternatif satu sebagai sarana peningkatan produktivitas. Adapun penambahan jumlah jam kerja kami bagi menjadi dua sistem kerja, yaitu sistem *shift* dan Pelaksanaan jam lembur. Penelitian ini juga membandingkan dari kedua sistem kerja tersebut yang sesuai dan dengan kondisi dari jasa konstruksi sendiri yang menjadi obyek dari penelitian. Dalam alternatif penambahan produktivitas dengan sistem shift ini, pelaksanaan proyek dilakukan selama 16 Jam namun pekerjaan yang digunakan berbeda antara delapan jam pertama dan delapan jam kedua. Sedangkan pada sistem lembur, tenaga kerja yang digunakan adalah sama namun jam kerja ditambah hingga pukul 22.00 atau 4 jam setiap harinya.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan maju dan mundur dengan menggunakan metode pendekatan CPM maka didapatkan jalur lintasan kritis pada suatu proyek konstruksi. Lintasan kritis pada proyek konstruksi berfungsi sebagai penyusunan urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks, untuk prakiraan penjadwalan yang ekonomis, dan mengusahakan fluktuatif minimal penggunaan sumber daya. Data uraian pekerjaan yang termasuk pada lintasan kritis yaitu untuk pekerjaan struktur terdapat pekerjaan warehouse, truckscale, carparking shelter, dan bike parking shelter. Untuk pekerjaan arsitektur terdapat pekerjaan bike parking shelter. Pekerjaan MEP terdapat pekerjaan car parking shelter, external, dan tunnel. Terakhir untuk pekerjaan external terdapat pekerjaan external yaitu pekerjaan landscape, untuk normal *duration* dapat diliahta pada Tabel 1.

Tabell *Normal Duration* pada setiap aktivitas

No	Aktivitas	Normal Duration
<b>PEKERJAAN STRUKTUR</b>		
1	Warehouse	70
2	Truckscale	42
3	Carparkingshelter	21
4	Bikeparkingshelter	21
<b>PEKERJAAN ARSITEKTUR</b>		
1	Bikeparkingshelter	21
<b>PEKERJAAN MEP</b>		
1	Carparkingshelter	21
2	External (carshelter, motor cycleparking)	35
3	Tunnel : underpart	35
<b>PEKERJAAN EXTERNAL</b>		
4	Landscape	28

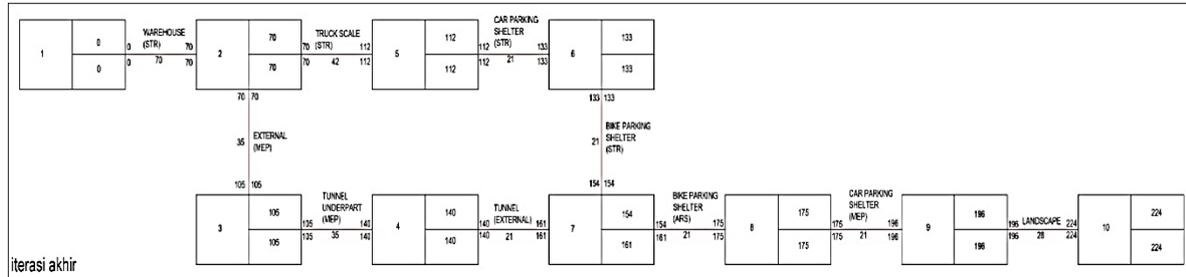


Gambar 4 Jaringan kerja awal pada sistem kerja Shift

**Error! Reference source not found.** merupakan diagram kerja untuk sistem kerja *shift*. Penentuan jumlah durasi yang dipercepat adalah dengan melihat *early start* dan *late start* setiap aktivitas. Sebagai contoh paada

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

aktivitas *truckscale, early start* aktivitas tersebut adalah pada durasi ke 70 sedangkan *late start* pada durasi ke 77, sehingga kegiatan ini dapat dipercepat sejauh 7 hari. Dengan percepatan ini membuat semua aktivitas pada proyek mengalami perubahan dan menjadikan semua aktivitas berada pada lintasan kritis. **Error! Reference source not found.** menunjukkan diagram kerja pada semua aktivitas yang telah berubah menjadi lintasan kritis (berwarna merah).



Gambar 5 crasingduration pada sistem kerja shift

Tahap kedua perhitungan Normal *duration* dengan produktivitas yang ada sekarang, maka didapatkan durasi penyelesaian pekerjaan proyek adalah sebesar 294 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 45.782.000.000.

Penentuan *crasing duration* didapatkan dengan melihat jaringan kerja setiap aktivitas. Penelitian menggunakan dua metode *crashing* yaitu jam lembur dan sistem shift. Tahapan perhitungan jam lembur, salah satu pekerjaan pada lintasan kritis adalah pekerjaan warehouse dengan sub item slab berikut penentuan *crash duration* :

- **Produktivitas harian**

$$\text{Form work} = 65,08 \text{ m}^2 / 5 \text{ hari} = 13,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = 6071,25 \text{ m}^2 / 5 \text{ hari} = 1214,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Concrete} = 1214,25 \text{ m}^3 / 5 \text{ hari} = 242,85 \text{ m}^3$$

- **Produktivitas per jam**

$$\text{Form work} = 13,02 \text{ m}^2 / 7 \text{ jam} = 1,86 \text{ m}^2$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = 1214,25 \text{ m}^2 / 7 \text{ jam} = 173,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Concrete} = 242,85 \text{ m}^3 / 7 \text{ jam} = 34,69 \text{ m}^3$$

Perhitungan produktivitas dalam jam lembur yakni dengan mengalikan jumlah jam lembur dengan koefisien penurunan produktivitas kerja lembur dan dikali lagi dengan produktivitas tiap jam .

- **Produktivitas kerja lembur**

Jumlah jam kerja dibedakan menjadi 2 sesuai dengan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur Pasal 11, dimana untuk upah jam lembur pertama adalah 1,5 x kali upah satu jam normal dan untuk upah jam lembur kedua dan seterusnya adalah 2 x kali upah satu jam normal, maka :

$$\text{Form work} = 2 \times 1,18 \times 1,86 = 4,39 \text{ m}^2 \text{ (18.00-20.00)}$$

$$\text{Form work} = 2 \times 1,34 \times 1,86 = 4,98 \text{ m}^2 \text{ (20.00-22.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = 2 \times 1,18 \times 173,46 = 409,38 \text{ m}^2 \text{ (18.00-20.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = 2 \times 1,34 \times 173,46 = 464,88 \text{ m}^2$$

$$\text{(20.00-22.00)}$$

$$\text{Concrete} = 2 \times 1,18 \times 34,69 = 81,88 \text{ m}^3 \text{ (18.00-20.00)}$$

$$\text{Concrete} = 2 \times 1,34 \times 34,69 = 92,98 \text{ m}^3 \text{ (20.00-22.00)}$$

- **Produktivitas sesudah *crash***

**Pekerjaan Warehouse (Sub item slab)**

$$\text{Form work} = (7 \times 1,86) + (2 \times 1,18 \times 1,86) = 17,40 \text{ m}^2 \text{ (jam 18.00-20.00)}$$

$$\text{Form work} = (7 \times 1,86) + (2 \times 1,34 \times 1,86) = 18 \text{ m}^2 \text{ (jam 20.00-22.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = (7 \times 173,46) + (2 \times 1,34 \times 173,46) = 1623,63 \text{ m}^2 \text{ (jam 18.00-20.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = (7 \times 173,46) + (2 \times 1,34 \times 173,46) = 1679,13 \text{ m}^2 \text{ (jam 20.00-22.00)}$$

$$\text{Concrete} = (7 \times 34,69) + (2 \times 1,18 \times 34,69) = 324,73 \text{ m}^3 \text{ (jam 18.00-20.00)}$$

---

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

---

$$\text{Concrete} = (7 \times 34,69) + (2 \times 1,34 \times 34,69) = 335,83 \text{ m}^2 \text{ (jam20.00-22.00)}$$

Tahap terakhir perhitungan *crash duration* adalah menghitung *crash duration* dengan membagi volume pekerjaan dengan produktivitas harian sesudah *crash*.

- **Crash Duration**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = 65,08 / 17,40 \text{ m}^2 = 3,74 \text{ (jam18.00-20.00)}$$

$$\text{Form work} = 65,08 / 18 \text{ m}^2 = 3,62 \text{ (jam20.00-22.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = 6071,25 / 1623,63 \text{ m}^2 = 3,74 \text{ (jam18.00-20.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = 6071,25 / 1679,13 = 3,62 \text{ (jam20.00-22.00)}$$

$$\text{Concrete} = 1214,25 / 324,73 \text{ m}^3 = 3,74 \text{ (jam18.00-20.00)}$$

$$\text{Concrete} = 1214,25 / 335,83 \text{ m}^3 = 3,62 \text{ (jam20.00-22.00)}$$

Perhitungan selanjutnya dengan menghitung *crash cost*. Langkah pertama menghitung normal cost pekerja perjam dengan cara harga satuan upah pekerjaan dikalikan produktivitas tiap jam.

- **Normal cost pekerja perjam**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = \text{Rp. } 112.000 \times 1,86 \text{ m}^2 = \text{Rp } 208.320,-$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = \text{Rp. } 96180 \times 173,46 \text{ m}^2 = \text{Rp. } 16.683.383,-$$

$$\text{Concrete} = \text{Rp. } 875.305 \times 34,69 \text{ m}^3 = \text{Rp } 30.364.330,-$$

Normal cost pekerja perhari, dengan perhitungan tujuh jam kerja dikalikan *normal cost* setiap jam. Berikut perhitungannya :

- **Normal cost pekerja perhari**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = \text{Rp. } 208.320 \times 7 \text{ jam} = \text{Rp } 1.458.240,-$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = \text{Rp. } 16.683.383 \times 7 \text{ jam} = \text{Rp. } 116.783.682,-$$

$$\text{Concrete} = \text{Rp. } 30.364.330 \times 7 \text{ jam} = \text{Rp } 212.550.313,-$$

- **Normal cost**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = \text{Rp. } 1.458.240 \times 5 \text{ hari} = \text{Rp } 7.291.200,-$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = \text{Rp. } 16.683.383 \times 5 \text{ hari} = \text{Rp. } 583.918.398,-$$

$$\text{Concrete} = \text{Rp. } 212.550.313 \times 5 \text{ hari} = \text{Rp } 1.062.751.566,-$$

Dilanjutkan dengan menghitung biaya lembur perhari. Berikut perhitungannya:

- **Biaya lembur per hari**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = (2 \times 1,5 \times \text{Rp. } 208.320) + (2 \times 2 \times \text{Rp. } 208.320) = \text{Rp. } 1.458.240,-$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm}$$

$$= (2 \times 1,5 \times \text{Rp. } 16.683.383) + (2 \times 1,5 \times \text{Rp. } 16.683.383) = \text{Rp. } 116.783.680,-$$

$$\text{Concrete} = (2 \times 1,5 \times \text{Rp. } 30.364.330) + (2 \times 1,5 \times \text{Rp. } 30.364.330) = \text{Rp. } 212.550.313,-$$

Perhitungan biaya lembur maka akan dilanjutkan pada perhitungan *crash cost* pekerja yakni *normal cost* ditambah dengan biaya lembur perhari.

- **Crash cost pekerja**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = \text{Rp } 1.458.240 + \text{Rp } 1.458.240 = \text{Rp. } 2.916.480,-$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm} = \text{Rp. } 116.783.680 + \text{Rp. } 116.783.680 = \text{Rp. } 233.567.359,-$$

$$\text{Concrete} = \text{Rp. } 212.550.313 + \text{Rp. } 212.550.313 = \text{Rp. } 425.100.626,-$$

Maka dilanjutkan dengan mencari *crash cost* pekerjaan. Berikut perhitungannya:

- **Crash cost**

- **Pekerjaan Warehouse(Sub item slab)**

$$\text{Form work} = 3,74 \text{ hari} \times \text{Rp. } 2.916.480,- = \text{Rp. } 10.905.641,- \text{ (18.00-20.00)}$$

$$\text{Form work} = 3,62 \text{ hari} \times \text{Rp. } 2.916.480,- = \text{Rp. } 10.545.124,- \text{ (20.00-22.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm } 3,74 \text{ hari} \times \text{Rp. } 233.567.359,- = \text{Rp. } 873.382.219,- \text{ (18.00-20.00)}$$

$$\text{Wiremesh double dia 8 -150 mm } 3,62 \text{ hari} \times \text{Rp. } 233.567.359,-$$

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

= Rp.844.510.080,- (20.00-22.00)

Concrete= 3,74 hari x Rp.425.100.626,- = Rp.1.589.585.675,- (18.00-20.00)

Concrete= 3,62 hari x Rp.425.100.626,- = Rp.1.537.037.388,- (20.00-22.00)

Setelah tahap perhitungan *crash duration* dan *crash cost* selesai maka dilanjutkan dengan perhitungan *cost slope*. *Cost slope* adalah perbandingan antara pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek.

- **Cost slope**

- **Pekerjaan Warehouse (Sub item slab)**

Form work = Rp.10.905.641 - Rp.7.291.200/ 5 hari-3,74 hari = Rp.2.867.048,-(18.00-20.00)

Form work = Rp.10.545.124 - Rp.7.291.200/ 5 hari-3,62 hari = Rp.2.611.029,-(20.00-22.00)

Wiremesh double dia 8 -150 mm = Rp.873.382.219-Rp.583.918.398/5 hari - 3,74 hari = Rp.229.608.590,-(18.00-20.00)

Wiremesh double dia 8 -150 mm = Rp.844.510.080-Rp.583.918.398/5 hari - 3,62 hari = Rp.209.105.208,- (20.00-22.00)

Concrete=Rp.1.589.585.675-Rp1.062.751.566/5hari-3,74hari= Rp.417.895.530,-(18.00-20.00)

Concrete=Rp.1.537.037.388-Rp1.062.751.566/5hari-3,62hari= Rp.380.578.670,- (20.00-22.00)

Hasil dari perhitungan *cost slope* pekerjaan *form work* jika dikerjakan hanya dua jam antara 18.00 – 20.00 adalah Rp.10.545.124,-. Dan bila dikerjakan antara 20.00 – 22.00 adalah Rp.2.611.029,-.

Tahapan perhitungan pekerjaan shift, langkah pertama yaitu menghitung produktivitas harian dengan cara membagi volume pekerjaan dengan durasi normal sub item pekerjaan.

- **Produktivitas harian**

Form work = 65,08 m<sup>2</sup> / 5 hari = 13,02 m<sup>2</sup>

Wiremesh double dia 8 -150 mm = 6071,25 m<sup>2</sup> / 5 hari = 1214,25 m<sup>2</sup>

Concrete = 1214,25 m<sup>3</sup> / 5 hari = 242,85 m<sup>3</sup>

Setelah melakukan perhitungan produktivitas harian maka dilanjutkan dengan menghitung produktivitas sesudah *crash*. Dengan mengalikan produktivitas harian normal dengan jumlah *shift*. Berikut perhitungannya :

- **Produktivitas sesudah Crash**

Form work = (13,02 x 2) = 26,03 m<sup>2</sup>

Wiremesh double dia 8 -150 mm = (1214,25 x 2) = 2428,50 m<sup>2</sup>

Concrete = (242,85 x 2) = 485,70 m<sup>2</sup>

Tahap terakhir dalam perhitungan *crash duration* dalam metode kerja *shift* adalah menghitung *crash duration* yakni dengan membagi volume pekerjaan dengan produktivitas harian sesudah *crash*. Berikut perhitungannya:

- **Crash Duration**

Form work = 65,08 / 26,03 m<sup>2</sup> = 2,50 hari = 3 hari

Wiremesh double dia 8 -150 mm = 6071,25 / 2428,50 m<sup>2</sup> = 2,50 hari = 3 hari

Concrete = 1214,25 / 485,70 m<sup>3</sup> = 2,50 hari = 3 hari

- **Crash Cost**

Langkah pertama yaitu menghitung normal cost per shift dengan cara jumlah pekerja dikalikan upah pekerja perhari. Berikut perhitungannya :

**Normal cost shift**

**Slab (shift pertama)**

- Mandor = 2 x Rp. 82.500 = Rp. 165.000
- Tukang = 3 x Rp. 77.500 = Rp. 232.500
- Pekerja = 5 x Rp. 61.500 = Rp. 307.500

**Crash cost shift**

**Slab (shift kedua)**

- Mandor = 2 x (7/6) x Rp. 82.500 = Rp. 192.500
- Tukang = 3 x (7/6) x Rp. 77.500 = Rp. 271.270
- Pekerja = 5 x (7/6) x Rp. 61.500 = Rp. 358.750

Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan *crash cost* yakni menjumlahkan biaya langsung normal dengan *crash duration* diakalikan dengan biaya shift total, yakni Rp. 1.653.961.163 + (2,5 x Rp. 1.527.520) = Rp. 1.655.736.164. *Cost slope* adalah perbandingan antara pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek. Perhitungan *cost slope* untuk pekerjaan shift adalah (Rp.1.655.736.164 - Rp.1.653.961.164) / 5hari-2,5hari = Rp.710.000,-

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

Besarnya biaya disesuaikan dengan jumlah percepatan yang dilakukan dan sistem upah dari masing-masing sistem kerja. Tabel 3 merupakan rangkuman jumlah biaya yang harus dikeluarkan setelah dilakukan *crash duration* pada setiap aktivitas proyek.

Tabel 2 Crashcost untuk jam lembur

No.	Predecesor	Normal cost	Crash Cost	Selisih (Rp)
Jam lembur 20.00-22.00				
PEKERJAAN STRUKTUR				
1	Warehouse	Rp. 1.156.505.283	Rp. 1.826.797.212	Rp. 706.291.929
2	Truck Scale	Rp. 6.477.845	Rp. 9.368.784	Rp. 2.890.939
3	Car parking shelter	Rp. 29.007.703	Rp. 45.950.022	Rp. 16.942.320
4	Bike parking shelter	Rp. 33.454.394	Rp. 48.384.454	Rp. 14.930.060
PEKERJAAN ARSITEKRUR				
5	Bike parking shelter	Rp. 9.337.950	Rp. 13.505.299	Rp. 4.167.350
PEKERJAAN MEP				
6	Car parking shelter	Rp. 1.240.000	Rp. 1.793.388	Rp. 553.388
7	External (car shelter, motor cycle parking)	Rp. 186.232.300	Rp. 269.344.235	Rp. 83.111.936
8	Tunnel : under part	Rp. 22.323.300	Rp. 32.298.780	Rp. 9.966.481
PEKERJAAN EXTERNAL				
9	Landscape	Rp. 103.889.200	Rp. 150.252.975	Rp. 46.363.775
				Rp. 885.218.178

Tabel 3 Crashcost untuk Shift

No.	Aktivitas	Normal cost(Rp.)	Crash Cost(Rp.)	Selisih(Rp.)
PEKERJAAN STRUKTUR				
1	Warehouse	1.156.505.283	1.369.470.955	212.965.672
2	Truck Scale	6.477.845	11.277.845	4.800.000
3	Car parking shelter	29.007.703	67.263.408	38.255.706
4	Bike parking shelter	33.454.394	101.990.214	68.535.820
PEKERJAAN ARSITEKRUR				
5	Bike parking shelter	9.337.950	76.907.220	67.569.270
PEKERJAAN MEP				
6	Car parking shelter	1.240.000	16.936.500	15.696.500
7	External (car shelter, motor cycle parking)	186.232.300	215.968.300	29.736.000
8	Tunnel : under part	22.323.300	258.899.100	236.566.800
PEKERJAAN EXTERNAL				
9	Landscape	103.889.200	108.869.200	4.980.000
				679.105.767

Dengan adanya percepatan waktu selama total 70 hari, maka durasi pekerjaan menjadi 224 untuk sistem kerja *shift* dan 67 hari pada sistem kerja lembur.

Hasil dari proses percepatan menunjukkan bahwa percepatan dengan alternatif sistem jam kerja empat jam menghasilkan durasi total lebih banyak, yaitu 76 hari jika dibandingkan dengan alternatif kerja *shift* yaitu 72 hari. Hal tersebut dikarenakan produktivitas tenaga kerja pada alternatif sistem *shift* kerja lebih besar.

Tabel 4 Tabel total cost

	DIRECT COST (Rp)	INDIRECT COST (Rp)	TOTAL BIAYA PROYEK(Rp)
79 HARI	Rp5.450.505.724	Rp575.429.371	Rp6.025.935.094
77 HARI	Rp6.255.580.518	Rp560.861.538	Rp6.816.442.057
71 HARI	Rp6.934.963.154	Rp517.158.042	Rp7.452.121.196
69 HARI	Rp7.676.018.403	Rp502.590.210	Rp8.178.608.613
67 HARI	Rp6.518.465.103	Rp488.022.378	Rp7.006.487.481
65 HARI	Rp6.843.022.031	Rp473.454.545	Rp7.316.476.847

---

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
*Jurnal Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

---

Sedangkan biaya tambahan yang harus dikeluarkan untuk sistem kerja *shift* adalah sebesar 679.105.767 dan 885.218.178 dengan sistem kerja lembur. Besarnya biaya di dapatkan dengan cara mengalikan upah kerja tiap sistem kerja dengan durasi yang dapat dipercepat dan jumlah pekerja yang ada. Dari kedua sistem kerja tersebut, sistem kerja *shift* ternyata mempunyai biaya percepatan yang paling rendah. Hal ini disebabkan sistem kerja lembur menghasilkannilai upah yang lebih besar, di mana sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur Pasal 11 yang menyebutkan bahwa upah jam lembur pertama sama dengan 1,5 x kali upah satu jam normal dan upah jam lembur kedua dan seterusnya sama dengan 2 kali upah satu jam normal. Jika dibandingkan secara durasi maka sistem lembur dan sistem *shift* tidak mengalami perbedaan yang berarti. sehingga berdasarkan perhitungan di atas, sistem kerja *shift* dirasa lebih optimum untuk dapat mengejar ketertinggalan proyek ini.

Meskipun sudah dilakukan percepatan dengan sistem *shift* penyedia jasa tetap tidak bisa melaksanakan pekerjaan selesai tepat waktu. Berdasarkan kontrak yang ada, pekerjaan harus selesai pada hari ke 203. Yang artinya meskipun dilaksanakan percepatan dengan sistem *shift*, penyedia jasa mengalami keterlambatan selama 21 hari. Sebagai perbandingan jika tidak dilakukan percepatan durasi penyelesaian dan digunakan denda perhari. Denda ini diatur dalam peraturan LKPP No.14/2012, dan besarnya denda kepada penyedia atas keterlambatan adalah:

- 1/1000 dari harga bagian kontrak yang tercantum dalam kontrak dan belum dikerjakan, apabila bagian pekerjaan dimaksud sudah dilaksanakan dan dapat berfungsi atau
- 1/1000 (satu perseribu) dari harga kontrak, apabila bagian barang yang sudah dilaksanakan belum berfungsi.

Maka dapat kita hitung denda perharinya yaitu:  $(1/1000 \times \text{Nilai kontrak}) \times \text{jumlah hari terlambat}$

$$1/1000 \times \text{Rp. } 45.782.000.000 \times 21 \text{ hari} = \text{Rp. } 961.422.000,-$$

Sehingga biaya keseluruhan yang harus dikeluarkan untuk dapat menyelesaikan proyek ini adalah

$$\begin{aligned} & \text{Biaya Kontrak} + \text{Biaya percepatan} + \text{Biaya Denda} \\ & = \text{Rp. } 45.782.000.000 + \text{Rp. } 679.105.767 + \text{Rp. } 961.422.000 = \text{Rp. } 47.422.527.767 \end{aligned}$$

Sedangkan biaya keseluruhan proyek tanpa percepatan adalah

$$\text{Biaya Kontrak} + \text{Biaya Denda} = \text{Rp. } 45.782.000.000 + \text{Rp. } 4.166.162.000 = \text{Rp. } 49.948.162.000$$

Ini artinya penyedia jasa konstruksi dapat menghemat Rp. 2.525.634.233 dengan melakukan percepatan sistem kerja *shift*.

## SIMPULAN

Sistem *TCTO* dengan menambah jam kerja memberikan dampak terhadap pengeluaran pelaku jasa konstruksi. Dari dua perbandingan sistem kerja lembur dan *shift* kerja didapatkan bahwa sistem lembur kurang efektif untuk dapat mengejar ketertinggalan proyek, hal ini dikarenakan kenaikan upah yang signifikan. Berbeda dengan sistem *shift* di mana biaya upah yang dikeluarkan tidak mengalami kenaikan di karenakan meskipun mereka bekerja pada malam hari, namun mereka tetap bekerja selama delapan jam per hari. Selain itu dengan *TCTO* sistem *shift* ini, penyedia jasa konstruksi dapat mengurangi besarnya nilai penalti akibat keterlambatan yaitu sebesar Rp. 2.525.634.233

## REFERENSI

- [1] R. Z. Tamin, P. F. Tamin, F. Shahab, I. Widiyanti, dan A. Oktavianus, "Improving Indonesian Construction Consulting Services," *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 47, no. 2, hlm. 189–200, Mei 2015.
- [2] Ervianto, I. Wulfram, "Manajemen Proyek Konstruksi", Andi Offset, 2005.
- [3] Wuryanti, Wahyu, "Standarisasi Pedoman Pengukuran Produktivitas Tenaga Kerja Untuk Pekerjaan Konstruksi Bangunan Gedung", Banjarmasin, 2010.

Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady, Putut A. Wibowo. 2019. Pengurangan Risiko Pinalti dengan Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi.  
*Jurnal Qua Teknika*, (2019), 9(2) : 1-11

---

- [4] Widyatmoko, Yurry, “Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode Crashing Pada Kegiatan Pemancangan di Proyek Dermaga 115 Tanjung Priok dengan Aplikasi Program PERTMaster ”, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [5] Dimiyanti , H., Nurjaman, K., “Manajemen Proyek” Cetakan Pertama, Pustaka Setia, Bandung.
- [5]R. Amalia, M. A. Rohman, C. B. Nurcahyo, dan J. A. R. Hakim, “Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA),” vol. 1, no. 1, hlm. 4, 2012.
- [6]N. L. Y. Ekawati, GAP. C. Dharmayanti, dan I. W. Yansen, “Analisis Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Jalan Lingkungan Permukiman Di Kabupaten Badung,” *Jurnal Spektran*, vol. 3, no. 2, Jul 2015.
- [7]F. S. Hillier, G. J. Lieberman, E. Gunawan, dan A. W. Mulia, *Pengantar Riset Operasi*. Erlangga, 1994.
- [8]I. Soeharto, *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*, vol. 2. Erlangga, 2001.
- [9]Desi Yasri, “Pengaruh Overtime Terhadap Analisa Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Gudang Arsip Dan Perlengkapan Pekanbaru,” *SJTS*, vol. 4, no. 1, Apr 2018.
- [10]M. F. N. Aulady dan C. Orleans, “Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi AntaraMetode CriticalPathMethod (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Menara Rungkut),” *Jurnal IPTEK*, vol. 20, no. 1, hlm. 13–24, 2016.
- [11] Husen, Abrar, “Manajemen Proyek ”, Andi, Yogyakarta.