

# Studi Optimasi Biaya dan Waktu menggunakan Metode *Duration Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung Ruang Rawat Rumah Sakit Umum Kardinah Kota Tegal

*Optimization Study Of Cost and Time using Duration Cost Trade Off Method on Outpatient Room Kardinah Public Hospital, Tegal City.*

**Mohamad Zaka Zisma Syofianda, Mandiyo Priyo, Yoga Apriyanto Harsoyo**  
*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Optimasi biaya dan waktu sangat penting bagi proyek konstruksi untuk mendapatkan keuntungan optimal. Kegiatan percepatan durasi proyek bertujuan untuk menghindari keterlambatan penyelesaian proyek dari waktu yang telah ditentukan. Keterlambatan penyelesaian akan menyebabkan kontraktor mendapat sanksi berupa denda. Denda perhari karena keterlambatan penyelesaian proyek sebesar 1% dari kontrak. Untuk jam kerja (lembur) maksimal yang sering digunakan adalah 3 jam. Penambahan jam kerja (lembur) harus sesuai dengan peraturan karena produktivitas pekerja pada umumnya akan menurun setiap jam. Dalam menganalisis data pada penelitian ini menggunakan program Microsoft Project 2010 dengan metode *time cost trade off*. Program Microsoft project 2010 akan menghasilkan lintasan kritis dan kenaikan biaya karena penambahan jam kerja (lembur). Dan metode *time cost trade off* akan menghasilkan percepatan durasi dan kenaikan biaya karena durasi yang telah dipercepat dalam setiap pekerjaan. Dari analisis yang telah dilakukan didapatkan hasil yang paling optimum yaitu dengan penambahan 3 jam kerja lembur yaitu Rp.7.262.868.225,04 dari biaya normal sebesar Rp.7.543.474.717,98. Durasi percepatan menjadi 155,04 hari dari durasi normal 204 hari. Dengan selisih biaya sebesar Rp.204.759.454,93 dan selisih durasi 48,96 hari.

Kata-kata kunci : penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, biaya dan waktu, *duration cost trade off*,

*Abstract. Cost optimization and duration are really important for construction project in order to get maximum profit. Accelerating the project duration has the goal to avoid the delay of project's completion. This delay would cause the contractors to get sanctions. Daily fine because of project's delay is 1% of the contract. The most used maximum working hours (overtime) is 3 hours. Addition of working hours (overtime) must meet the regulations as workers productivity in general will decrease every hour. In order to analyze the data in this research, the program that is being used is Microsoft Project 2010 with the method time cost trade off. The Microsoft Project 2010 program will generate a critical path and cost rising as an addition of working hours (overtime). The method of duration cost trade off will generate the acceleration of the duration and cost rising because of the duration has been accelerated in every work. The analysis that has been done gain a result the most optimum way is by adding 3 hours of overtime which is Rp.7.262.868.225,04 from the normal cost Rp.7.543.474.717,98. The acceleration of the duration becomes 155, 04 days from the normal duration which is 204 days. The difference of the cost is Rp.204.759.45, 93 and the difference of the duration is 48, 96 days.*

*Keywords: adding working hours (overtime), adding the labors, cost and duration, duration cost trade off*

## 1. Pendahuluan

Proyek Konstruksi merupakan salah satu bentuk kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan sumber daya tertentu, untuk mencapai hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur. Waktu dan biaya adalah faktor yang dapat memengaruhi keberhasilan atau kegagalan sebuah proyek konstruksi. Hal ini mengakibatkan proyek konstruksi menjadi semakin rumit. Biasanya semakin besar suatu proyek, dapat

menyebabkan masalah yang besar juga untuk dihadapi, misalnya seperti keterlambatan penyelesaian proyek, penyimpangan mutu, pemborosan sumber daya, biaya pembangunan proyek yang tidak sesuai dengan rencana, dan lain sebagainya yang dapat merugikan bagi pelaksana proyek. Keterlambatan pekerjaan suatu proyek konstruksi harus diantisipasi dengan melakukan percepatan, namun harus tetap memperhatikan faktor biaya, sedangkan jika

memperhatikan waktu pelaksanaan maka proyek dapat terhindar dari adanya biaya denda karena keterlambatan penyelesaian proyek. (Yoni dkk., 2013).

Menurut Maddepingeng dkk. (2015) Analisa *Time Cost Trade Off*, atau yang lebih dikenal dengan TCTO, adalah salah satu cara yang dapat dipergunakan untuk menyelesaikan problem apabila suatu proyek mengalami keterlambatan. sebab di dalam TCTO terdapat alternatif untuk mengatasi keterlambatan dan mengkompres jaringan kerja yaitu salah satunya dengan menggunakan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan kombinasi dari keduanya.

Sebagai contoh yaitu penelitian yang dilakukan oleh Frederika (2010) pada proyek pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung memperoleh kesimpulan untuk waktu optimum yang diperoleh dari analisis adalah 270 hari dengan biaya total Rp.2.885.582.622,65 dibandingkan dengan durasi normal 284 hari dengan biaya Rp.2.886.283.000,00 dengan kata lain proyek tersebut memperoleh hasil paling efektif untuk menambah jam kerja lembur yang menghasilkan percepatan 14 hari dengan selisih biaya Rp.700.377,35.

Penelitian lainnya telah dilakukan oleh Andhita dan Dani (2017) pada pembangunan My Tower Hotel & Apartemen didapatkan durasi percepatan proyek optimum 272 hari dengan biaya Rp.40.555.095.100,00 dari durasi kondisi normal 280 hari dengan biaya normal Rp.40.563.372.100,00. Selisih untuk biaya total menurun sebesar Rp.8.277.000,00. Pada saat kondisi optimum biaya langsung mengalami kenaikan sebesar Rp.35.491.700,00 menjadi Rp.35.743.360,00 dan biaya tidak langsung mengalami penurunan sebesar Rp.4.811.735.100,00 dari Rp.5.071.672.100,00.

Lalu penelitian lainnya yang dilakukan dengan metode yang sama yang telah dilakukan oleh Al Zakina (2017), Rahayu (2017), Adjie (2016), Novitasari (2014) mendapatkan kesimpulan yang sama bahwa dengan menambah jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja lebih murah dan efektif jika dibandingkan membayar denda akibat keterlambatan proyek.

Pada penelitian ini akan memaparkan perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah menambah jam kerja (lembur) dan menambah tenaga kerja dengan hasil akhir memilih biaya yang paling optimal dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Project 2010*.

## **2. Landasan Teori**

### ***Manajemen Proyek***

Manajemen proyek konstruksi mempunyai arti mengorganisasi, merencanakan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya pada sebuah perusahaan guna mencapai sasaran jangka pendek yang sudah ditentukan sebelumnya (Soeharto, 1999).

Adapun tujuan dari semua tahapan/proses manajemen proyek menurut (Soeharto, 1999) adalah sebagai berikut:

- a. Supaya semua rangkaian kegiatan tersebut berjalan tepat waktu, dalam arti lain tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.
- b. Biaya yang sesuai, dalam arti lain tidak ada tambahan biaya lagi diluar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan.
- c. Kualitas sesuai dengan persyaratan.
- d. Semua proses kegiatan sesuai dengan persyaratan.

### ***Network Planning***

*Network Planning* adalah sebuah gambaran dari kejadian dan kegiatan yang akan terjadi secara logis yang saling berhubungan antara sebuah kegiatan dengan yang lainnya.

Untuk menganalisis penjadwalan proyek dengan menggunakan *network planning*, maka dapat diketahui aktivitas mana yang harus dikerjakan terlebih dahulu sehingga proyek konstruksi dapat dilaksanakan sesuai jadwal yang telah disetujui. (Narowi dan Pristiana, 2016).

### ***Biaya Total***

Biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya dapat berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Walaupun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu,

tetapi pada umumnya semakin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal diperoleh dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

### **Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Duration Cost Trade Off)**

Biaya merupakan aspek penting dalam manajemen, oleh karena itu biaya yang ada harus dikendalikan seminimal mungkin dengan memperhatikan faktor waktu. Pada faktor waktu terdapat hubungan antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya yang dikeluarkan pada proyek tersebut.

Analisa *duration cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan, dan apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang (Priyo dan Sumanto, 2016).

### **Produktivitas Pekerja**

Definisi produktivitas yaitu rasio antara *input* dan *output*, dalam arti lain adalah sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang ada. Rasio dari produktivitas itu sendiri adalah nilai yang sapat diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisah jadi biaya tenaga kerja, biaya material, alat dan metode. Keberhasilan proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektivitas pengelolaan sumber dayanya, dan pekerja adalah sumber daya yang sulit untuk dikelola. Upah yang diberikan tergantung pada kecakapan pekerja masing-masing karena setiap pekerja mempunyai karakter yang berbeda-beda.

### **Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Secara umum, produktivitas merupakan perbandingan antara output dan input. Dibiidang konstruksi, output dapat dilihat dari kuantitas pekerjaan yang telah dilakukan. Sedangkan inputnya merupakan jumlah sumber daya yang dipergunakan (Izzah, 2017)

Cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek yaitu dengan menambah jam kerja (lembur).

Penambahan jam kerja (lembur) sering dilakukan karena bisa memberdayakan sumber daya yang sudah ada di proyek, cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang harus dikeluarkan kontraktor. Semakin besar penambahan jam kerja (lembur) menyebabkan nilai indeks produktivitas bertambah dan prestasi kerja menurun.

Dari uraian di atas dapat ditulis persamaan sebagai berikut ini:

1. Produktivitas harian  

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$
2. Produktivitas tiap jam  

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

$$= (c \times d) + (a \times b \times d)$$

Keterangan :

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

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

c = jam kerja per hari

d = produktivitas tiap jam

Tabel berikut ini adalah nilai koefisien penurunan produktivitas

Tabel 1 Koefisien penurunan produktivitas *crash duration*

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

### **4. Crash Duration**

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesudah Crash}}$$

### **Penambahan Tenaga Kerja**

Pada tahap ini penambahan tenaga kerja harus diperhatikan supaya pekerja lain tidak terganggu. Berikut ini cara perhitungan tenaga kerja.

1. Jumlah tenaga kerja normal  

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}}$$
2. Jumlah tenaga kerja percepatan  

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi percepatan}}$$

### **Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)**

Crash cost merupakan jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan

dengan kurun waktu tersingkat. Biaya ini dikeluarkan setelah dilakukan percepatan (Ardika dkk., 2014)

Menurut Chusairi dan Suryanto (2015) perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari slope biaya (*cost slope*) masing-masing aktivitas. Melakukan penambahan waktu kerja tentunya akan menambah biaya untuk tenaga kerja.

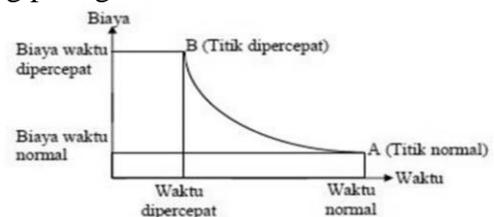
Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal diperhitungkan bahwa upah penambahan tenaga kerja bervariasi. Penambahan waktu kerja 1 jam pertama para pekerja akan mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal. Untuk penambahan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

Berikut ini adalah rumus perhitungan untuk biaya tambahan pekerja.

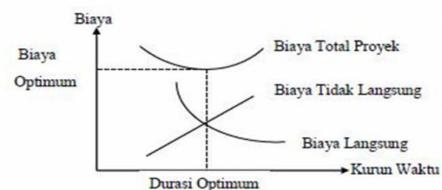
1. Biaya normal pekerja per hari  
= Produktivitas harian x Harga satuan upah pekerja
2. Biaya normal pekerja per jam  
= Produktivitas perjam x Harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja  
=  $1,5 \times$  upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama +  $2 \times n \times$  upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya.  
dengan:  $n$  = jumlah penambahan jam kerja (lembur)
4. *Crash cost* pekerja per hari  
= (jam kerja per hari x biaya normal pekerja) + ( $n \times$  biaya lembur per jam)
5. *Cost Slope*  
=  $(\text{Crash Cost} - \text{Durasi normal}) / (\text{Durasi normal} - \text{durasi crash})$

### Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Total biaya proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Total biaya proyek sendiri sangat bergantung dari penyelesaian proyek tersebut. Hubungan antara biaya dengan waktu ada pada gambar 1. Untuk titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B pada gambar menunjukkan kondisi sudah dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut dinamakan dengan kurva waktu dan biaya. Gambar 1 menjelaskan bahwa semakin besar penambahan jam kerja (lembur) maka secara otomatis akan semakin cepat pula waktu penyelesaian proyek. Tetapi berakibat biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Gambar 2 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total dalam grafik, dan terlihat bahwa untuk biaya optimum dapat diperoleh dengan mencari total biaya proyek yang paling kecil.



Gambar 1 Grafik hubungan waktu dengan biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan



Gambar 2 Grafik Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung

### Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian suatu proyek dapat menyebabkan kontraktor terkena sanksi berupa denda yang telah disetujui dalam dokumen kontrak. Denda perhari karena keterlambatan proyek sebesar 1% dari nilai kontrak.

### **Microsoft Project**

Menurut Wowor dkk. (2013) dalam penelitiannya menyatakan *Microsoft project* merupakan salah satu bagian dari *Microsoft Office Professional* yang mampu mengelola data-data mengenai kegiatan dalam sebuah proyek konstruksi. Salah satu manfaat dari *Microsoft project* itu sendiri dapat melakukan penyimpanan secara detail mengenai proyek di dalam *database* nya yang meliputi tugas-tugas dan hubungan 1 dengan yang lain, biaya, lintasan kritis, sumber daya yang dipakai, dan lain-lain.

### **3. Metode Penelitian**

#### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan gedung ruang rawat ICU, ICCU, NICU, PICU Rumah Sakit Umum Kardinah yang berlokasi di JL. AIP. KS. Tubun No. 2, Kota Tegal.

#### **Tahap dan Prosedur Penelitian**

Setiap suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan urutan yang baik, jelas, dan teratur, supaya hasil yang diperoleh sesuai dengan harapan. Berikut ini adalah tahapan penelitian yang harus diperhatikan.

##### **Tahap 1** : Tahap persiapan

Sebelum penelitian ini dilakukan, terlebih dahulu harus melakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang terkait dengan topik penelitian agar mendapatkan hasil yang baik dan sesuai harapan.

##### **Tahap 2** : Tahap pengumpulan data

Berikut ini data- data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini, yaitu.

1. Data RAB (Rencana Anggaran Biaya)
2. Data AHSP (Analisa Harga Satuan Pekerjaan)
3. Kurva-S (*Time schedule*)

**Tahap 3** : Tahap Analisis dan Pembahasan  
Analisis penelitian ini dibantu dengan program *microsoft project* 2010 dengan cara menginput data-data perencanaan proyek. Selanjutnya melakukan analisa yang difokuskan ke kegiatan- kegiatan kritis untuk melakukan analisis percepatan agar hasil yang didapat berupa waktu dan biaya akan optimal. Setelah mendapatkan semua hasil,

maka langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil hari sebelum percepatan dan setelah percepatan.

#### **Tahap 4** : Kesimpulan

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah kesimpulan yang merupakan keputusan terakhir untuk menentukan hasil yang paling efektif.

### **4. Hasil dan Pembahasan**

#### **Data Umum Proyek**

Data umum proyek pembangunan gedung ruang rawat ICU, ICCU, NICU, PICU Rumah Sakit Umum Kardinah, kota Tegal. Mempunyai detail data seperti pemilik Proyek adalah X dengan konsultan upervisi PT. Y dan Kontraktor PT. Z. Anggaran pada proyek ini sebesar Rp.7.543.474.717,98 dengan waktu yang direncanakan 204 hari.

#### **Daftar Lintasan Kritis**

Berikut daftar kegiatan- kegiatan kritis yang diperoleh berdasarkan analisis menggunakan *microsoft project* 2010.

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis kondisi normal

Kode	Nama Pekerjaan	Durasi
Pg	Pagar Proyek	12
Btpa (S2)	Pek. Beton Plat Atap (S2)	6
Ppa (S2)	Pek. Pembesian Plat Atap (S2)	12
Bspa (S2)	Pek. Bekisting Plat Atap (S2)	6
Pka	Pek. Pembesian Kolom Atap	12
Bspa	Pek. Bekisting Kolom Atap	6
Pka (Kp)	Pek. Pembesian Kolom Kp Atap	12
Bska (Kp)	Pek. Bekisting Kolom Kp Atap	6
Btal (B3)	Pek. Beton Atap Lift B3	6
Pal (B3)	Pek. Pembesian Atap Lift B3	12
Bsal (B3)	Pek. Bekisting Atap Lift B3	6
Btal (Bp)	Pek. Beton Atap Lift Bp	6
Pal (Bp)	Pek. Pembesian Atap Lift Bp	12
Bsal (Bp)	Pek. Bekisting Atap Lift Bp	6
Btal (B4)	Pek. Beton Atap Lift (B4)	6
Pal (B4)	Pek. Pembesian Atap Lift (B4)	12
Bsal (B4)	Pek. Bekisting Atap Lift (B4)	6
Btpal	Pek. Beton Plat Atap Lift	6
Ppal	Pek. Pembesian Plat Atap Lift	12
Bspal	Pek. Bekisting Plat Atap Lift	6
Lk	Pek. Lisplank Kayu	6
Clk	Pek. Cat Lisplank Kayu	6
Rodp	Pek. Rangka Ornamen Dan Penutup	12

#### **Analisis Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Penambahan jam kerja (lembur) menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi nomor KEP.102/MEN/VI/2004 yaitu maksimal 3

jam, karena dipengaruhi oleh penurunan produktivitas setiap jam. Langkah awal analisis pada penambahan jam kerja (lembur) adalah dengan menentukan biaya lembur pada setiap tenaga kerja. Berikut ini adalah contoh perhitungan upah lembur:

Resource name = Pekerja  
 Biaya normal per hari = Rp.60.000,00  
 Jam kerja normal per hari = 8 jam/hari  
 Biaya normal per jam =  $\frac{\text{Rp.60.000,00}}{8 \text{ jam/hari}}$   
 = Rp.7.500,00

Untuk biaya lembur setiap jam dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

1 jam =  $1,5 \times$  biaya normal per jam  
 2 jam =  $(1,5 \times \text{biaya normal per jam}) + (2 \times (1 \times \text{biaya normal per jam}))$   
 3 jam =  $(1,5 \times \text{biaya normal per jam}) + (2 \times (2 \times \text{biaya normal per jam}))$

Tabel 3 hasil setelah dilakukan perhitungan biaya lembur:

Lembur (jam)	Biaya per jam (Rp)	Biaya Total (Rp)
1	11.250,00	11.250,00
2	13.125,00	26.250,00
3	18.750,00	56.250,00

### Percepatan waktu (Crashing)

Tahap *crashing* yaitu tahap percepatan durasi untuk kegiatan- kegiatan kritis. Dalam perhitungan ini terdapat produktivitas kerja untuk setiap waktu lembur. Produktivitas kerja lembur 1 jam per hari sebesar 0,9 atau 90%, 2 jam per hari sebesar 0,8 atau 80%, dan 3 jam per hari sebesar 0,7 atau 70%. Perhitungannya dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\frac{\text{Volume}}{(\sum pp \times pn \times \text{jam lembur}) + (pn \times \text{jam kerja normal})}$$

Keterangan

pp = penurunan produktivitas kerja  
 pn = produktivitas normal per jam

Contoh perhitungan yang diambil yaitu pekerjaan pembesian plat atap S2. Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4 Durasi sebelum dan sesudah melakukan percepatan

Durasi (hari)	
Normal	12
Lembur 1 jam	10,63

Lembur 2 jam	9,66
Lembur 3 jam	8,94

### Biaya Lembur

Untuk perhitungan biaya normal atau biaya lembur mempunyai persamaan yang sama yaitu jumlah tenaga kerja dikalikan harga normal/lembur. Berikut ini hasil dari perhitungan pekerjaan pembesian plat atap S2.

Tabel 5 Biaya sebelum dan sesudah lembur

Durasi	Biaya (Rp)
Normal	92.261.696,63
Lembur 1 jam	92.636.837,92
Lembur 2 jam	93.386.859,19
Lembur 3 jam	95.443.141,55

### Cost Variance

*Cost variance* adalah selisih antara biaya setelah percepatan dan biaya normal suatu kegiatan proyek. Tabel berikut ini adalah hasil perhitungan *cost variance* pekerjaan pembesian plat atap S2.

Tabel 6 Hasil *cost variance*

Lembur (jam)	<i>Cost variance</i> (Rp)
1	634.215,33
2	1.677.865,04
3	4.276.919,94

### Cost Slope

*Cost Slope* adalah perbandingan antara selisih biaya percepatan dengan biaya normal dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Tabel berikut ini adalah hasil perhitungan *cost slope* pekerjaan pembesian plat atap S2.

Tabel 7 Hasil *cost slope*

Lembur (jam)	<i>Cost slope</i> (Rp)
1	462.930,90
2	717.036,34
3	1.397.689,99

### Duration Variance

*Duration variance* adalah selisih antara durasi normal dan durasi percepatan. Tabel berikut ini adalah hasil perhitungan *duration variance* pekerjaan pembesian plat atap S2.

Tabel 8 Hasil *duration variance*

Lembur (jam)	<i>Duration variance</i> (hari)
1	1,37
2	2,34
3	3,06

**Biaya langsung dan biaya tidak langsung pada penambahan jam kerja (lembur)**

Biaya langsung yaitu elemen biaya yang mempunyai kaitan langsung dengan volume pekerjaan yang sudah ada dalam item pembayaran yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Sedangkan biaya tidak langsung yaitu elemen biaya yang tidak terkait langsung dengan besaran volume komponen fisik dihasil akhir proyek, tapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian kegiatan proyek (Laksana dkk., 2014). Persamaan untuk mencari biaya langsung dan tidak langsung adalah.

$$y = -0,95-(4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2))) + \varepsilon$$

Keterangan :

y = biaya tidak langsung

x<sub>1</sub> = nilai proyek

x<sub>2</sub> = durasi pelaksanaan proyek

ε = random error

$$y = -0,95-(4,888(\ln(\text{Rp.}7.543.474.717,98 - 0,21) - \ln(204))) + \varepsilon$$

$$y = 0,153 = 15,3\%$$

Tabel berikut ini hasil analisa biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Tabel 9 Biaya tidak langsung dan biaya langsung

Durasi (hari)	Biaya tidak langsung (Rp)	Biaya langsung (Rp)
204	1.154.595.010,63	6.388.879.707,35
185,56	1.050.228.677,32	6.390.755.732,69
174,75	1.002.290.345,26	6.389.928.598,93
165,75	955.427.371,30	6.389.928.598,93

Biaya total dari proyek ini pada waktu normal adalah Rp. 7.543.474.717,98, untuk waktu lembur 1 jam dengan durasi 185,56 hari didapat Rp.7.441.031.590,46, penambahan jam kerja (lembur) 2 jam dengan durasi 174,75 hari didapat biaya sebesar Rp.7.381.668.189,49, penambahan jam kerja (lembur) 3 jam dengan durasi 165,75 mendapatkan biaya sebesar Rp.7.336.648.471,75

Tabel 10 Hubungan percepatan waktu dengan biaya percepatan untuk lembur 1 – 3 jam.

Kode	Durasi				Biaya			
	Normal	1 jam	2 jam	3 jam	Normal	1 jam	2 jam	3 jam
PG	12	10,63	9,66	8,94	98.914.800,00	99.234.011,39	99.856.617,24	101.563.573,40
BTPA (S2)	6	5,32	4,83	4,47	159.041.289,95	159.366.715,80	158.477.899,65	161.818.257,49
PPA (S2)	12	10,63	9,66	8,94	92.259.674,81	92.636.837,92	93.386.859,19	95.443.141,55
BSPA (S2)	6	5,32	4,83	4,47	220.018.879,23	200.081.571,68	226.572.187,59	238.597.340,17
PKA	12	10,63	9,66	8,94	12.613.189,97	12.671.039,40	12.773.628,71	13.054.890,84
BSPA	6	5,32	4,83	4,47	19.027.469,92	19.254.283,03	19.690.738,63	20.887.339,28
PKA (KP)	12	10,63	9,66	8,94	1.558.610,00	1.562.619,49	1.575.271,02	1.609.956,86
BSKA (KP)	6	5,32	4,83	4,47	3.040.299,99	3.107.617,97	3.178.061,38	3.371.191,28
BTAL (B3)	6	5,32	4,83	4,47	1.243.201,00	1.242.743,76	1.247.853,07	1.261.860,92
PAL (B3)	12	10,63	9,66	8,94	1.067.450,00	1.074.026,60	1.082.722,30	1.106.562,73
BSAL (B3)	6	5,32	4,83	4,47	1.505.689,99	1.524.675,07	1.559.236,36	1.653.990,72
BTAL (BP)	6	5,32	4,83	4,47	991.416,00	999.498,44	1.003.607,69	1.014.873,74
PAL (BP)	12	10,63	9,66	8,94	723.230,00	734.521,65	740.468,60	756.772,96
BSAL (BP)	6	5,32	4,83	4,47	2.154.239,99	2.179.994,01	2.229.410,06	2.364.890,68
BTAL (B4)	6	5,32	4,83	4,47	2.829.769,00	2.837.730,18	2.849.396,98	2.881.383,05
PAL (B4)	12	10,63	9,66	8,94	1.921.685,00	1.940.172,00	1.955.880,34	1.998.946,80
BSAL (B4)	6	5,32	4,83	4,47	3.658.679,99	3.713.603,48	3.797.783,35	4.028.573,58
BTPAL	6	5,32	4,83	4,47	9.183.615,00	9.201.844,72	9.239.676,39	9.343.396,90
PPAL	12	10,63	9,66	8,94	5.403.199,99	5.425.433,54	5.469.359,80	5.589.789,47
BSPAL	6	5,32	4,83	4,47	12.694.819,96	12.790.548,18	13.043.043,76	13.735.293,73
LK	6	5,32	4,83	4,47	13.685.450,00	13.814.532,11	14.045.529,84	14.678.840,63
CLK	6	5,32	4,83	4,47	1.016.880,00	1.029.638,95	1.046.593,73	1.093.077,51
RODP	12	10,63	9,66	8,94	88.828.850,00	91.077.885,03	95.566.564,27	107.872.871,25

### **Efisiensi waktu dan biaya proyek**

Efisiensi waktu yaitu perbandingan antara selisih durasi normal dengan durasi kumulatif kegiatan dan durasi normal dalam bentuk persen (%). Untuk efisiensi biaya sendiri mempunyai arti yang sama dengan efisiensi waktu, tetapi efisiensi biaya merupakan perbandingan antara biaya total. Cara untuk menentukan nilai efisiensi dapat menggunakan cara seperti berikut ini. Contoh perhitungan pembesian plat atap S2.

Tabel 11 Efisiensi waktu dan biaya

Lembur (jam)	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
1	9,04	1,36
2	14,34	2,14
3	18,75	2,74

### **Analisa penambahan tenaga kerja**

Setelah selesai melakukan perhitungan penambahan jam kerja (lembur) langkah selanjutnya yaitu mengitung kembali percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja tanpa harus menambah waktu lembur per hari.

### **Analisa biaya**

Analisa biaya didapat dari perbandingan koefisien dikalikan dengan volume dan durasi kemudian dikalikan dengan upah per tenaga kerja

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(\text{koefisien} \times \text{volume})}{\text{durasi}}$$

$$\text{Upah} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga upah}$$

Tabel berikut ini hasil perhitungan biaya penambahan tenaga kerja pada pekerjaan pembesian plat atap S2

Tabel 12 Biaya penambahan tenaga kerja

Durasi	Biaya (Rp)
Normal	92.259.674,81
Lembur 1 jam	92.263.637,00
Lembur 2 jam	92.262.859,95
Lembur 3 jam	92.263.591,35

### **Cost variance, cost slope, dan duration variance**

Tabel 13, 14, 15 adalah hasil dari cost variance, cost slope, dan duration variance untuk pekerjaan pembesian plat atap S2

Tabel 13 Hasil *cost variance*

Lembur (jam)	Cost variance (Rp)
1	3.962,19
2	3.185,14
3	3.916,54

Tabel 14 Hasil *cost slope*

Lembur (jam)	Cost slope (Rp)
1	2.892,11
2	1.361,17
3	1.279,92

Tabel 15 Hasil *duration variance*

Lembur (jam)	Duration variance (hari)
1	1,37
2	2,34
3	3,06

### **Biaya langsung dan biaya tidak langsung penambahan tenaga kerja**

Cara untuk menentukan biaya langsung dan biaya tidak langsung penambahan tenaga kerja sama dengan penentuan biaya pada penambahan jam kerja (lembur). Tabel berikut ini adalah hasil analisa biaya langsung dan biaya tidak langsung pada proyek ini.

Tabel 16 Biaya tidak langsung dan biaya langsung

Durasi (hari)	Biaya tidak langsung (Rp)	Biaya langsung (Rp)
204	1.154.595.010,63	6.388.879.707,35
195,81	1.108.241.416,82	6.385.239.592,84
188,79	1.068.509.764,98	6.385.241.245,51
182,58	1.033.362.534,51	6.385.245.502,07

Biaya total dari proyek ini pada waktu normal adalah Rp.7.543.474.717,98, untuk penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 1 jam dengan durasi 195,81 hari didapat Rp.7.493.481.009,66. Penambahan tenaga kerja yang setara lembur 2 jam durasi dipercepat menjadi 188,79 hari dan biaya optimasinya adalah Rp.7.453.751.010,49 dan yang setara dengan lembur 3 jam durasi pekerjaan menjadi 182,58 mendapatkan biaya sebesar Rp.7.418.608.036,58

Tabel 17 Hubungan percepatan waktu dengan biaya percepatan untuk penambahan tenaga kerja.

Kode	Durasi				Biaya			
	Normal	1 jam	2 jam	3 jam	Normal	1 jam	2 jam	3 jam
PG	12	10,63	9,66	8,94	98.914.800,00	99.234.011,39	99.856.617,24	101.563.573,40
BTPA (S2)	6	5,32	4,83	4,47	159.041.289,95	159.366.715,80	158.477.899,65	161.818.257,49
PPA (S2)	12	10,63	9,66	8,94	92.259.674,81	92.636.837,92	93.386.859,19	95.443.141,55
BSPA (S2)	6	5,32	4,83	4,47	220.018.879,23	200.081.571,68	226.572.187,59	238.597.340,17
PKA	12	10,63	9,66	8,94	12.613.189,97	12.671.039,40	12.773.628,71	13.054.890,84
BSPA	6	5,32	4,83	4,47	19.027.469,92	19.254.283,03	19.690.738,63	20.887.339,28
PKA (KP)	12	10,63	9,66	8,94	1.558.610,00	1.562.619,49	1.575.271,02	1.609.956,86
BSKA (KP)	6	5,32	4,83	4,47	3.040.299,99	3.107.617,97	3.178.061,38	3.371.191,28
BTAL (B3)	6	5,32	4,83	4,47	1.243.201,00	1.242.743,76	1.247.853,07	1.261.860,92
PAL (B3)	12	10,63	9,66	8,94	1.067.450,00	1.074.026,60	1.082.722,30	1.106.562,73
BSAL (B3)	6	5,32	4,83	4,47	1.505.689,99	1.524.675,07	1.559.236,36	1.653.990,72
BTAL (BP)	6	5,32	4,83	4,47	991.416,00	999.498,44	1.003.607,69	1.014.873,74
PAL (BP)	12	10,63	9,66	8,94	723.230,00	734.521,65	740.468,60	756.772,96
BSAL (BP)	6	5,32	4,83	4,47	2.154.239,99	2.179.994,01	2.229.410,06	2.364.890,68
BTAL (B4)	6	5,32	4,83	4,47	2.829.769,00	2.837.730,18	2.849.396,98	2.881.383,05
PAL (B4)	12	10,63	9,66	8,94	1.921.685,00	1.940.172,00	1.955.880,34	1.998.946,80
BSAL (B4)	6	5,32	4,83	4,47	3.658.679,99	3.713.603,48	3.797.783,35	4.028.573,58
BTPAL	6	5,32	4,83	4,47	9.183.615,00	9.201.844,72	9.239.676,39	9.343.396,90
PPAL	12	10,63	9,66	8,94	5.403.199,99	5.425.433,54	5.469.359,80	5.589.789,47
BSPAL	6	5,32	4,83	4,47	12.694.819,96	12.790.548,18	13.043.043,76	13.735.293,73
LK	6	5,32	4,83	4,47	13.685.450,00	13.814.532,11	14.045.529,84	14.678.840,63
CLK	6	5,32	4,83	4,47	1.016.880,00	1.029.638,95	1.046.593,73	1.093.077,51
RODP	12	10,63	9,66	8,94	88.828.850,00	91.077.885,03	95.566.564,27	107.872.871,25

**Efisiensi waktu dan biaya proyek**

Efisiensi waktu yaitu perbandingan antara selisih durasi normal dengan durasi kumulatif kegiatan dan durasi normal dalam bentuk persen (%). Untuk efisiensi biaya sendiri mempunyai arti yang sama dengan efisiensi waktu, tetapi efisiensi biaya merupakan perbandingan antara biaya total. Tabel berikut ini hasil efisiensi pada pekerjaan pembesian plat atap S2.

Tabel 18 Efisiensi waktu dan biaya

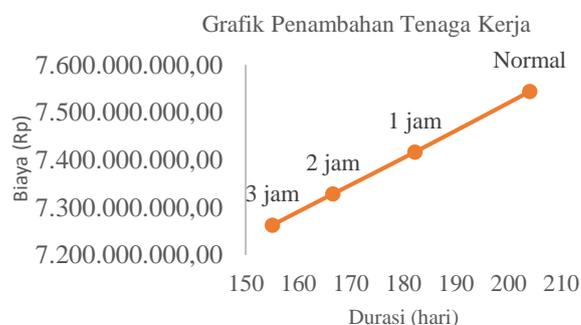
Lembur (jam)	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
1	4,01	0,66
2	7,46	1,19
3	10,50	1,66

**Perbandingan biaya total penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja**

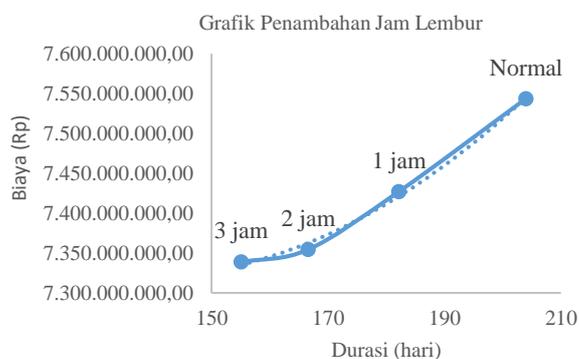
Tabel 19 Perbandingan biaya total

Durasi (hari)	Biaya total penambahan jam kerja (lembur) (Rp)	Biaya penambahan tenaga kerja (Rp)
204	7.543.474.717,98	7.543.474.717,98
182,15	7.426.963.798,14	7.416.306.917,20
166,56	7.354.383.763,08	7.328.490.066,01
155,04	7.338.715.263,05	7.262.868.225,04

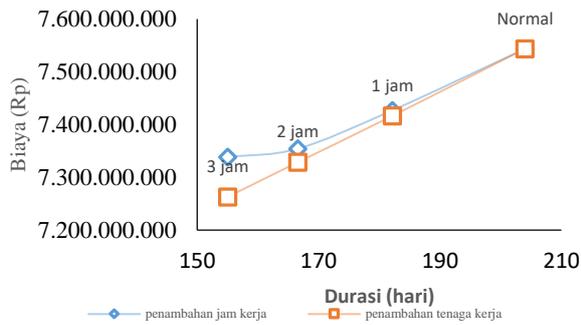
Jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka perbandingan antara biaya total penambahan jam kerja (lembur) dengan penambahan tenaga kerja menjadi seperti pada grafik.



Gambar 3 Grafik perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan tenaga kerja



Gambar 4 Grafik perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan jam lembur



Gambar 5 Grafik perbandingan biaya penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja

### Denda

Denda berlaku jika proyek mengalami keterlambatan dalam penyelesaian. Ketentuan denda pada proyek konstruksi adalah 1‰ dari biaya total setiap 1 hari keterlambatan. Maka denda pada proyek ini didapat menggunakan persamaan.

Total denda

$$= 1 \times \frac{1}{1000} \times \text{biaya total proyek}$$

Total denda

$$= 1 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp.7.543.474.717,98}$$

$$= \text{Rp.7.543.474,71 / hari}$$

Denda tidak lebih murah jika dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Sehingga pemilihan dengan menambah jam kerja atau menambah tenaga kerja adalah cara paling efektif.

## 5. Kesimpulan

Setelah melakukan pengolahan data, hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada proyek pembangunan gedung ruang rawat ICU, ICCU, NICU, PICU Rumah Sakit Umum Kardinah, kota Tegal dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Waktu dan biaya proyek dengan penambahan jam lembur pada kondisi normal sebesar 204 hari dengan biaya normal Rp.7.543.474.717,98. Kondisi lembur 1 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 182,15 hari dengan biaya Rp.7.426.963.798,14, lembur 2

jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 166,56 hari dengan biaya Rp.7.354.383.763,08, lembur 3 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 155,04 hari dengan biaya Rp.7.338.715.263,05.

- Waktu dan biaya total proyek dengan penambahan tenaga kerja pada kondisi normal sebesar 204 hari dengan biaya normal Rp.7.543.474.717,98. Dengan penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 1 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 182,15 hari dengan biaya Rp.7.416.306.917,20, lembur 2 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 166,56 hari dengan biaya Rp.7.328.490.066,01, lembur 3 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 155,04 hari dengan biaya Rp.7.262.868.225,04.
- Untuk penambahan jam lembur, hasil yang paling efektif adalah penambahan lembur 3 jam dengan selisih biaya Rp.204.759.454,93 dan selisih durasi 48,96 hari. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja, hasil yang paling efektif adalah penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 3 jam dengan selisih biaya Rp.280.606.492,94 dan selisih durasi 48,96 hari.
- Jika dibandingkan waktu dan biaya dari penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja maka untuk penambahan jam lembur lebih efektif daripada penambahan tenaga kerja karena biaya yang dikeluarkan lebih murah daripada penambahan tenaga kerja dengan durasi percepatan yang sama.
- Biaya untuk mempercepat durasi proyek dan penambahan tenaga kerja lebih sedikit jika dibandingkan dengan biaya denda yang harus dikeluarkan jika proyek mengalami keterlambatan.

## 6. Daftar Pustaka

- Adjie, A.S., 2016, *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Kontruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Twin Building UMY (Lantai Dasar-Lantai Atap))*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Al Zakina, B.L., 2017, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Radioterapy Center Rumah Sakit Umum Pusat Dr Kariyadi, Jl. Dr. Soetomo, Semarang, Jawa Tengah)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Anhita, A.P., 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*, 3 (3), 47-55.
- Ardika, O.P.C., Sugiyarto., dan Handayani, F.S., 2014, *Analisis Time Cost Trade Off dengan Pernambahan Jam Kerja pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A)*. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 273-280.
- Chusairi, M., dan Suryanto, M., 2015, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Baru Tipe B SMPN Baru Siwalankerto*. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2 (1), 9-15.
- Frederika, A., 2010, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung)*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14 (2), 113-126.
- Izzah, N., 2017, *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT.X*. *Jurnal Rekayasa*, 10 (1), 51-58.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 102 tahun 2004 tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Laksana, A.W., Prasetyo, H.S., Wibowo, M.A., dan Hidayat, A., 2014, *Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa Crash Program*. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3 (3), 747-759.
- Maddepungeng, A., Suryani, I., dan Hermawan, D., 2015, *Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten)*. *Jurnal Fondasi*, 4 (1), 20-27.
- Narowi, M., dan Pristiana, U., 2016, *Analisis Pernjadwalan Proyek untuk Mengoptimalkan Waktu dan Biaya Penyelesaian pada PT.Dimensi Arsitektur Indonesia*. *Jurnal Ekonomi Managemen*, 1 (1), 1-16.
- Novitasari, V., 2014, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung, Desa Aik Rayak, Tanjung Pandan)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Priyo, M., dan Sumanto, A., 2016, *Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) menggunakan*

- Metode *Time Cost Trade Off*: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 19 (1), 1-15.
- Rahayu, A., 2017, *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Kontruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Pekerjaan Proyek Pembangunan Hotel Tosan Solo Baru (Lantai 5 – Lantai 9))*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I Edisi Kedua*. Erlangga: Jakarta.
- Wowor, F.N., Sompie, B.F., Walangitan, D.R.O., Malingkas, G.Y., 2013, Aplikasi *Microsoft Project* dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek. *Jurnal Sipil Statik*, 1 (8), 543-548.
- Yoni, I.A.M., Warsika, I.P.D., dan Sudipta, I.G.K., 2013, Perbandingan Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur) dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkiuh). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17 (2), 129-138.