

## **Analisis Manajemen Proyek dengan Sistem *Umbrella Contract* Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus: PT Jaya Inti Teklindo)**

**Arif Budi Sulisty<sup>1</sup>, Alfin Kusdianto<sup>2</sup>, Sri Mukti Wirawati<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya  
Jl. Ciwaru Raya II No 73, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten, 42117  
Email: arif.b.sulisty<sup>1</sup>@gmail.com, alfinunbaja@gmail.com, sri.mukti@yahoo.co.id

### **Abstrak**

PT Jaya Inti Teklindo adalah perusahaan penyedia *manpower, service and supply* dibidang kontruksi. Studi kasus pada penelitian ini yaitu proyek kontruksi penggantian kompresor lama dengan yang baru. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kegiatan apa saja yang termasuk jalur kritis, melakukan perbandingan waktu dan biaya tenaga kerja akibat penambahan jam kerja dan menentukan waktu serta biaya yang optimal untuk menyelesaikan proyek tersebut. Tahapan penelitian ini adalah pencarian kegiatan jalur kritis menggunakan program *Microsoft Project*, melakukan analisis percepatan durasi dan biaya tenaga kerja pada jalur kritis dengan variabel penambahan jam kerja menggunakan pendekatan *Time Cost Trade Off*. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, biaya tenaga kerja normal dengan durasi 70 hari yaitu sebesar Rp 332.119.200. Kemudian dilakukan percepatan sehingga menghasilkan waktu optimal penambahan 3 jam kerja, dengan durasi menjadi 59 hari dan biaya sebesar Rp 413.932.210 dengan menghemat waktu 11 hari dan selisih biaya Rp 81.813.110 dari biaya normal.

**Kata kunci:** *Microsoft Project*; Jalur Kritis; *Time Cost Trade Off*; Percepatan waktu; waktu optimal

### **Abstract**

*PT Jaya Inti Teklindo is company who provide manpower, service and supply in the construction sector. The case study in this research is a construction project to replace the old compressor with a new one. This study aims to determine what activities are included in the critical path, compare time and labor costs due to additional working hours and determine the optimal time and cost to complete the project. The stages of this research are the search for critical path activities using the Microsoft Project program, analyzing the acceleration of duration and labor costs on the critical path with additional working hours using the Time Cost Trade Off approach. Based on the analysis and calculation results, the normal labor cost with a duration of 70 days is Rp. 332,119,200. Then the acceleration is carried out so as to produce the optimal time of adding 3 hours of work, with a duration of 59 days and a cost of Rp. 413,932,210 by saving 11 days and a cost difference of Rp. 81,813,110 from normal costs.*

**Keywords:** *Microsoft Project*; *Critical Path*; *Time Cost Trade Off*; *Accelerated duration*; *optimum time*

### **PENDAHULUAN**

Proyek yang merupakan rangkaian dari beberapa aktivitas atau kegiatan dengan jangka waktu tertentu dan bertanggung jawab mengelola sumber daya yang digunakan dengan metode tertentu guna mencapai suatu tujuan (Olivia & Puspasari, 2019). Manajemen Proyek yang baik adalah dapat menyelesaikan pekerjaan tepat waktu sesuai dengan *schedule* yang dibuat. Pengendalian proyek merupakan salah satu fungsi manajemen proyek yang

bertujuan agar setiap pekerjaan berjalan secara efektif dan efisien (Irwan et al., 2021). Tiga unsur utama dalam pelaksanaan proyek adalah biaya, mutu dan waktu (Fardila & Adawyah, 2021).

PT Jaya Inti Teklindo merupakan sebuah perusahaan di bidang konstruksi untuk menyediakan *manpower, service and supply* dengan sistem *Umbrella Contract* atau kontrak panyung yaitu satu kontrak yang ditanda tangani oleh lembaga yang mengeluarkan dokumen penawaran atas nama semua peserta atau bisa dikatakan sebagai kontrak dengan perjanjian kerja waktu tertentu dengan biaya yang telah ditetapkan serta kualitas yang sesuai standard (Pahlevi et al., 2021).

Penelitian dilakukan pada proyek konstruksi penggantian kompresor oleh PT Jaya Inti Teklindo, dimana proyek penggantian tersebut mengalami keterlambatan 10 hari dari target yaitu 60 hari kerja. Keterlambatan tersebut berpotensi perusahaan diberikan *penalty* maximum 5% dari nilai kontrak, misalkan *penalty* bisa mencapai 10 juta rupiah untuk nilai kontrak 200 juta rupiah. Untuk mengurangi keterlambatan serta hambatan tersebut maka perlu mencari waktu dan biaya yang optimal.

Menurut (Zulaecha et al., 2021) pengelolaan proyek seharusnya dipimpin oleh proyek manager dengan kompetensi tertentu dan tidak hanya berdasarkan pengalaman saja, tetapi menguasai ilmu manajemen proyek dengan menggunakan tools dan metode yang tepat. Metode tersebut guna menghitung durasi dan biaya yang optimal dengan diawal mengidentifikasi kegiatan-kegiatan kritis dalam proyek penggantian kompresor menggunakan program *Microsoft Project*.

Selanjutnya dalam pengoptimalan waktu dan biaya proyek menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan menganalisa penambahan jam kerja atau hari kerja untuk menghindari keterlambatan. Dengan metode *Time Cost Trade Off* tersebut durasi proyek bisa dipercepat dengan meningkatkan produktivitas pekerja yang ada dibandingkan menambah pekerja yang tidak efisien, *overlapping* atau substitusi biaya. Pengurangan durasi proyek tidak selalu menambah biaya tenaga kerja, tetapi dengan pengendalian jadwal proyek yang ketat akan mendapatkan produktifitas yang optimum dan menaikkan efisiensi sehingga biaya masih dalam batas anggaran. Hal ini harus dibahas antara pemilik dan proyek manager demi mendapatkan keseimbangan antara optimum durasi dan biaya yang timbul saat proses percepatan (Lin & Lai, 2020).

Pada akhirnya peneliti dapat mengetahui waktu dan biaya optimum proyek penggantian kompresor dengan penerapan penambahan jam kerja, seperti penelitian sebelumnya pada proyek konstruksi dipercepat menjadi 73 hari dan pengurangan biaya sebesar Rp208.548.212,00 (Rachmat & Sugiarto, 2020).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Manajemen Proyek

Manajemen proyek menurut (Hendriyani et al., 2020) adalah usaha atau kegiatan merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan terlebih dahulu dengan seefisien dan seefektif mungkin. Menurut (Al Aziz & Abma, 2019) Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledges*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek. Sedangkan Menurut (Safitri et al., 2019) Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan dalam usaha pada suatu kegiatan agar penggunaan sumber daya dan pemilihan sub kegiatan dapat tercapai secara efisien dan efektif.

## **Proyek Kontruksi**

Proyek kontruksi merupakan rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan upaya pembangunan, mencakup pekerjaan pokok dalam bidang teknik sipil dan arsitektur serta juga melibatkan disiplin yang lain (Paparang et al., 2018).

### ***Umbrella Contract***

*Umbrella Contract* (kontrak payung) ini artinya kontraktor telah membuat kerjasama untuk semua pekerjaan dimanapun akan disuplai oleh perusahaan baja tersebut sehingga lebih efisien dan menekan harga material (Sholeh et al., 2020). Keuntungan dari *Umbrella Contract* dapat mengurangi biaya dan efisiensi waktu karena bebas memilih supplier dan mengawasi setiap transaksi yang terjadi (Purnomo & Wiguna, 2021).

### **Jalur Kritis (*Critical Path*)**

Jalur kritis merupakan jalur yang memiliki waktu pelaksanaan paling lama diantara semua jalur yang ada pada suatu *network diagram*. Jalur kritis ini yang akan menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Apabila pengerjaan jalur kritis ini terhambat maka akan mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Lintasan kritis ditandai oleh beberapa keadaan (Oktavia et al., 2019), yaitu: Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama ( $ES=LS$ ), waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ( $EF=LF$ ), kurun waktu aktivitasi adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ( $LF-ES=0$ ), bila hanya Sebagian dari aktivitas bersifat kritis, maka aktivitas tersebut secara utuh dianggap kritis.

### **Hubungan Waktu dan Biaya**

Menurut (Sulistyo & Al Fikri, 2021) dalam suatu proyek terdapat hubungan antara waktu (Jadwal) dengan Biaya (*Cost*) merupakan hubungan yang harus di perhatikan dalam suatu proyek, karena kaitan waktu dan biaya ini akan berperan penting dalam pelaksanaan proyek yang akan berakibat pada puas atau tidaknya pelanggan. Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. (Al Aziz & Abma, 2019).

### ***Time Cost Trade Off***

*Time Cost Trade Off* merupakan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan. (Al Aziz & Abma, 2019). Ada beberapa cara pada metode *Time Cost Trade Off* untuk mempercepat waktu penyelesaian suatu proyek, yaitu penambahan jam kerja (kerja lembur) dan penambahan tenaga kerja, seperti yang dilakukan pada proyek konstruksi, yang dapat mempercepat proyek hingga berturut-turut 11, 17 dan 23% dengan penambahan jam kerja 1, 2 dan 3 jam (Tegar et al., 2020).

Menurut (Sofia & Putri, 2021) efisiensi waktu diperoleh sebesar 14,71% dengan penambahan jam kerja dan 16,18% bila dilakukan penambahan jumlah tenaga kerja. Berbeda dengan penelitian oleh (Sulistyo, Ilpan, et al., 2021) bahwa penambahan tenaga kerja dapat memberikan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan jam kerja. Sedangkan pada penelitian yang lain, menurut (Sulistyo & Al Fikri, 2021), 2 *shift* kerja lebih menguntungkan karena bisa mempercepat waktu dengan biaya upah yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur) 1 dan 2 jam.

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

Penambahan jam kerja sering dilakukan dengan memaksimalkan tenaga kerja yang ada di lapangan dan mengefiesienkan tambahan upah tenaga kerja yang dikeluarkan oleh kontraktor. Jam kerja lembur bisa dimulai ketika jam kerja normal telah selesai. Penambahan jam kerja bisa dilakukan dengan penambahan 1 jam atau lebih, sesuai dengan target waktu

yang diinginkan serta memperhatikan kondisi tenaga kerjanya. Semakin besar penambahan jam kerja maka produktifitas pekerja semakin menurun, dimana nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Koefisien Penurunan Produktivitas (Fardila & Adawyah, 2021)

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70
4 Jam	0,4	60

Untuk menghitung produktivitas dan crash dan crashing duration dapat menggunakan formula berikut :

$$\text{Produktivitas Perhari} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

$$\text{Produktivitas Perjam} = \frac{\text{Produktivitas Perhari}}{\text{Jam Kerja Perhari}} \quad (2)$$

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

Dimana :

a = Lama penambahan jam kerja (lembur)

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

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Perhari setelah Crash}} \quad (4)$$

### Biaya Percepatan (*Crash Cost*)

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur (Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 2004), perhitungan untuk biaya tambahan jam kerja dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Upah kerja perhari normal = Jumlah tenaga kerja × Harga satuan upah kerja
2. Upah kerja lembur perhari (berlaku jam pertama) = 1,5 × upah perjam normal
3. Upah kerja lembur perhari (berlaku jam berikutnya)  
= (1,5 × upah perjam normal) + (2 n × upah perjam normal)  
Keterangan : n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)
4. Total upah perhari lembur = Total upah normal perhari + Total upah lembur perhari
5. Crash Cost = Total upah lembur × Durasi Percepatan

### Program *Microsoft Project*

*Microsoft Project* merupakan program aplikasi pengolah data administrasi yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan dan pelaporan data dari suatu proyek (Al Aziz & Abma, 2019). Keuntungan yang dapat diperoleh dengan menggunakan *Microsoft Project* (Irwan et al., 2021) adalah dapat melakukan penjadwalan produk secara efektif dan efisien, karena ditunjang dengan informasi alokasi waktu yang dibutuhkan tiapi proses, serta kebutuhan sumber daya untuk setiap proses sepanjang waktu, dapat diperoleh secara langsung informasi aliran biaya selama periode, mudah dilakukan modifikasi, jika dilakukan *rescheduling*, penyusunan jadwal produksi yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang cepat.

Pada *Microsoft Project* ada beberapa macam hubungan keterkaitan antar pekerjaan (Sulistyo, Siagian, et al., 2021), yaitu Finish to Start, Finish to Finish, Start to Start dan Start to Finish. Menghubungkan antar kegiatan dengan cara mengisi kolom *predecessors* (tugas yang harus diselesaikan sebelum tugas tertentu dimulai) sesuai dengan *time schedule* (Sulistyo, Ilpan, et al., 2021)

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Cilegon Banten, dengan obyek penelitian proyek sistem *Umbrella Contract* pada PT Jaya Inti Teklindo.

### Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa data sekunder dan data primer, yang meliputi uraian data pekerjaan beserta jadwal pekerjaan, daftar upah tenaga kerja normal, penelitian sebelumnya dan teori-teori, wawancara dengan pemilik proyek (*client*) dan kontraktor pelaksana.

### Teknik Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*, dan dibantu dengan menggunakan *Microsoft Project*, yaitu:

#### 1. Analisis Jalur Kritis

Data tentang kegiatan di input ke dalam program *Microsoft Project*, yang terdiri dari jenis kegiatan, durasi, hubungan antar kegiatan dan *predecessor* (kegiatan pendahulu), dalam bentuk grafik Gantt Chart. Selanjutnya melalui *Gantt chart wizard*, mencari *critical path* dari seluruh kegiatan akan didapatkan kegiatan yang merupakan jalur kritis, dengan ditandai warna *bar* merah pada grafik.

#### 2. Analisis Waktu dan Biaya

Analisis waktu dan biaya upah tenaga kerja ini akan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada kegiatan yang menjadi jalur kritis. Perhitungan hanya fokus pada jalur kritis saja, dengan melakukan perhitungan biaya tenaga kerja dan membandingkan antara kondisi sebelumnya, tanpa lembur yang disebut kondisi Normal dengan biaya tenaga kerja setelah dilakukan lembur sebanyak 1, 2, 3 dan 4 jam. Penambahan jam lembur dilakukan untuk mempercepat durasi proyek. Pada akhirnya mencari waktu serta biaya yang optimal pada proyek tersebut, dengan membandingkan semua kondisi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Daftar Kegiatan Pekerjaan

Berikut tabel 2 menunjukkan daftar kegiatan yang ada pada proyek penggantian kompresor lama dengan yang baru serta durasi pada setiap kegiatannya.

**Tabel 2.** Daftar Uraian Kegiatan dan Durasi Pekerjaan

Kode	Nama Kegiatan	Unit	Qty	Durasi Normal (Hari)
<b>CIVIL WORK</b>				
1.1	<i>Demolition Existing Compressor and Accessory</i>	Ton	16	2
1.2	<i>Demolition Existing Piping and Structure</i>	Ton	1	2
1.3	<i>Manual Excavation and Modification Foundation</i>	M <sup>3</sup>	46	8
1.4	<i>Excavation for Re-Route Cable Power</i>	M <sup>3</sup>	5	2
1.5	<i>Installation Formwork, Pouring Concrete Foundation &amp; Curing Time</i>	M <sup>3</sup>	10	3
1.6	<i>Installation Chokeblock, Grouting &amp; Curing Time</i>	EA	6	7

**Tabel 2.** Daftar Uraian Kegiatan dan Durasi Pekerjaan (Lanjutan)

Kode	Nama Kegiatan	Unit	Qty	Durasi Normal (Hari)
<b>MECHANICAL WORK</b>				
2.1	Install Compressor, Silencer, After Cooler & Air Filter	Ton	19	2
2.2	Install Anchor Bolt, Grouting & Curing Time	EA	12	2
2.3	Install Base Plate & Motor Plant Air Compressor	Ton	5	3
<b>PIPING WORK</b>				
3.1	Fabrication Piping & Install Piping	DB	1100	30
3.2	Fabrication Structure & Install Structure	Ton	1	15
3.3	Fabrication Pipe Support & Install Pipe Support	Ton	0.55	3
<b>INSTRUMENT WORK</b>				
4.1	Install Flow Indicator Transmitter	EA	5	1
4.2	Pulling Cable Signal	M	100	3
4.3	Install Stantion	EA	5	1
4.4	Glanding & Termination Cable Signal	Joint	35	1
4.5	Install Tubing line	M	20	1
<b>ELECTRICAL WORK</b>				
5.1	Install Support, Conduit & Cable Tray	Ton	0.03	1
5.2	Install Local Control Panel	EA	1	1
5.3	Connect & Termination Cable Power Motor Plant Air Compressor	Joint	1	1
5.4	Solo Run Motor	Day	1	1
<b>SCAFFOLDING WORK</b>				
6.1	Install and Dismantle Scaffolding	M <sup>3</sup>	160	7
<b>COMPLETION WORK</b>				
7.1	Punchlist	Day	1	1
7.2	Killing Punchlist	Day	2	2
7.3	Piping Pressure Test, Flushing, Blowing and Cleaning	Day	2	2
7.4	Pre commissioning	Day	2	2
7.5	Commissioning	Day	3	3

### Upah Tenaga Kerja Normal

Besar upah tenaga kerja normal tanpa penambahan jam kerja pada proyek ini adalah sebagai tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Besaran upah Tenaga kerja normal

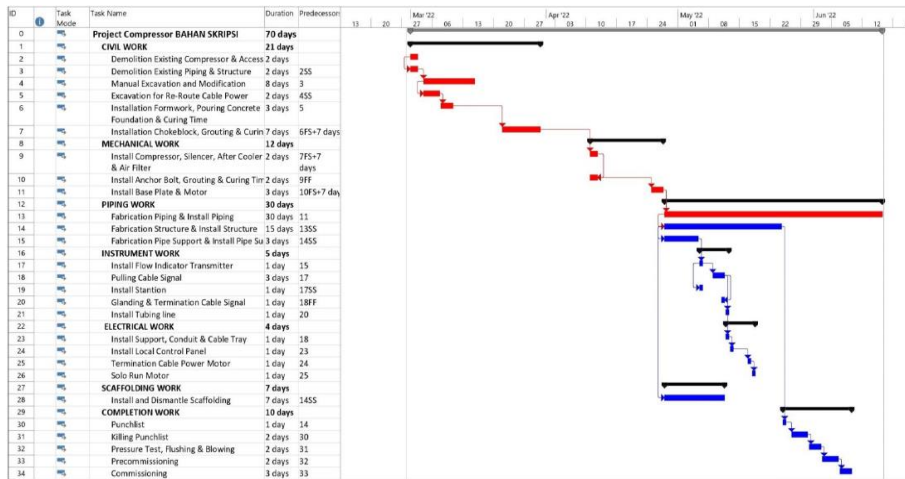
Pekerja	Upah Kerja Perhari (Rp)	Upah Kerja Perjam (Rp)
Project Engineer	Rp 260.000	Rp 32.500
Supervisor	Rp 241.600	Rp 30.200
Civil Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Mechanical Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Piping Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Structure Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Instrument Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Electrical Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Scaffolder Leader	Rp 216.000	Rp 27.000
Safety	Rp 204.000	Rp 25.500
Quality Control	Rp 184.000	Rp 23.000
Welder	Rp 176.000	Rp 22.000
Crane Operator	Rp 168.000	Rp 21.000
Crane Rigger	Rp 168.000	Rp 21.000
Civil Craftsman	Rp 168.000	Rp 21.000
Pipe Fitter	Rp 168.000	Rp 21.000
Instrument Technician	Rp 168.000	Rp 21.000
Electrician	Rp 168.000	Rp 21.000
Scaffolder	Rp 168.000	Rp 21.000

**Tabel 3.** Besaran upah Tenaga kerja normal (Lanjutan)

Pekerja	Upah Kerja Perhari (Rp)	Upah Kerja Perjam (Rp)
Material Control	Rp 168.000	Rp 21.000
Tool Keeper	Rp 168.000	Rp 21.000
Plant Driver	Rp 168.000	Rp 21.000
Helper	Rp 152.000	Rp 19.000

**Daftar Kegiatan Kritis**

Jalur kritis ini yang akan menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Apabila pengerjaan jalur kritis ini terhambat maka akan mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Dari program *Microsoft Project* di dapat kegiatan mana saja yang termasuk kedalam jalur kritis seperti terlihat pada tangkapan layar *Gantt chart* pada gambar 1 dan dituliskan kembali pada tabel 4 berikut. Selanjutnya jalur kritis tersebut yang berpotensi dilakukan percepatan waktu.



**Gambar 1.** Jalur kritis pada *Gantt cart* (Sumber : tangkapan layar pada *Microsoft Project*)

**Tabel 4.** Daftar Kegiatan Kritis

Kode	Nama Kegiatan	Unit	Qty	Durasi Normal (Hari)
<b>CIVIL WORK</b>				
1.1	Demolition Existing Compressor and Accessory	Ton	16	2
1.2	Demolition Existing Piping and Structure	Ton	1	2
1.3	Manual Excavation and Modification Foundation	M <sup>3</sup>	46	8
1.4	Excavation for Re-Route Cable Power	M <sup>3</sup>	5	2
1.5	Installation Formwork, Pouring Concrete Foundation & Curing Time	M <sup>3</sup>	10	3
1.6	Installation Chokeblock, Grouting & Curing Time	EA	6	7
<b>MECHANICAL WORK</b>				
2.1	Install Compressor, Silencer, After Cooler & Air Filter	Ton	19	2
2.2	Install Anchor Bolt, Grouting & Curing Time	EA	12	2
2.3	Install Base Plate & Motor Plant Air Compressor	Ton	5	3
<b>PIPING WORK</b>				
3.1	Fabrication Piping & Install Piping	DB	1100	30

### Penambahan Jam Kerja

Berdasarkan upah tenaga kerja normal maka didapat hasil upah lembur tenaga kerja 1-4 jam yang dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Upah Lembur Tenaga Kerja

Pekerja	Upah Lembur			
	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
<i>Project Engineer</i>	Rp 48.750	Rp 113.750	Rp 178.750	Rp 243.750
<i>Supervisor</i>	Rp 45.300	Rp 105.700	Rp 166.100	Rp 226.500
<i>Civil Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Mechanical Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Piping Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Structure Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Instrument Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Electrical Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Scaffolder Leader</i>	Rp 40.500	Rp 94.500	Rp 148.500	Rp 202.500
<i>Safety</i>	Rp 38.250	Rp 89.250	Rp 140.250	Rp 191.250
<i>Quality Control</i>	Rp 34.500	Rp 80.500	Rp 126.500	Rp 172.500
<i>Welder</i>	Rp 33.000	Rp 77.000	Rp 121.000	Rp 165.000
<i>Crane Operator</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Crane Rigger</i>	Rp 31,500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Civil Craftsman</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Pipe Fitter</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Instrument Technician</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Electrician</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Scaffolder</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Material Control</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Tool Keeper</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Plant Driver</i>	Rp 31.500	Rp 73.500	Rp 115.500	Rp 157.500
<i>Helper</i>	Rp 28.500	Rp 66.500	Rp 104.500	Rp 142.500

Contoh perhitungan upah tenaga kerja lembur :

- Pekerja = *Project Engineer*
- Upah kerja perjam = Rp 32.500,-
- Upah Lembur 1 Jam = 1,5 x Rp 32.500,- = Rp. 48.750,-
- Upah Lembur 2 Jam = (1,5 x Rp 32.500,-) + (1 x 2 x Rp 32.500,-) = Rp. 113.750,-
- Upah Lembur 3 Jam = (1,5 x Rp 32.500,-) + (2 x 2 x Rp 32.500,-) = Rp. 178.750,-
- Upah Lembur 4 Jam = (1,5 x Rp 32.500,-) + (3 x 2 x Rp 32.500,-) = Rp. 243.750,-

### Analisis Percepatan Durasi

Pada saat penambahan jam kerja produktivitas pekerja tiap jam nya mengalami penurunan yang disebabkan oleh pekerja yang kelelahan. Penambahan jam kerja pada 1 jam perhari diperhitungkan produktivitasnya sebesar 90%, 2 jam perhari sebesar 80%, 3 jam perhari 70% dan 4 jam perhari sebesar 60%. Untuk percepatan durasi kegiatan-kegiatan kritis dihitung berdasarkan penambahan jam kerja dari durasi normal yang ada.

Hasil pengontrolan durasi *crashing* bisa dilihat pada tabel 6 di bawah ini untuk perhitungan *crash duration*.



**Tabel 6.** Hasil Perhitungan *Crash Duration*

Kode	Nama Kegiatan	Durasi Normal (Hari)	<i>Crash Duration</i> (Hari)			
			1	2	3	4
<b>CIVIL WORK</b>						
1.1	<i>Demolition Existing Compressor and Accessory</i>	2	1.8	1.6	1.5	1.4
1.2	<i>Demolition Existing Piping and structure</i>	2	1.8	1.6	1.5	1.4
1.3	<i>Manual Excavation and Modification Foundation</i>	8	7	6.6	6.2	5.8
1.4	<i>Excavation for Re-Route Cable Power</i>	2	1.8	1.6	1.5	1.4
1.5	<i>Installation Formwork, Pouring Concrete Foundation &amp; Curing Time</i>	3	2.7	2.4	2.3	2.2
1.6	<i>Installation Chokeblock, Grouting &amp; Curing Time</i>	7	6.2	5.7	5.4	5
<b>MECHANICAL WORK</b>						
2.1	<i>Install Compressor, Silencer, After Cooler &amp; Air Filter</i>	2	1.8	1.6	1.5	1.4
2.2	<i>Install Anchor Bolt, Grouting &amp; Curing Time</i>	2	1.8	1.6	1.5	1.4
2.3	<i>Install Base Plate &amp; Motor Plant Air Compressor</i>	3	2.7	2.4	2.3	2.2
<b>PIPING WORK</b>						
3.1	<i>Fabrication Piping &amp; Install Piping</i>	30	26	24.7	23	21.8

### Analisis Percepatan Biaya

Percepatan biaya ini ada karena adanya percepatan durasi yang disebabkan oleh penambahan jam kerja 1 - 4 jam dalam sehari. Kegiatan yang akan dihitung yaitu kegiatan kritis yang biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam kerja dan percepatan durasi dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Sedangkan program *Microsoft Project* tidak digunakan dalam perhitungan biaya, karena koefisien produktifitas kerja tidak diperhitungkan. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### 1) Kondisi Lembur 1 jam

Nama pekerjaan = *Demolition Existing Compressor and Accessory*

Volume = 16 Ton

Durasi normal = 2 hari

*Crash duration* = 1,8 hari

Maksimal percepatan = 0,2 hari

Untuk biaya lembur tiap jamnya dapat dilihat pada tabel 4.5 Upah Lembur Tenaga Kerja.

Biaya lembur perhari = jumlah tenaga kerja × upah TK lembur 1 jam

1) *Project Engineer* = 1 × Rp 48.750 = Rp 48.750

2) *Supervisor* = 1 × Rp 45.300 = Rp 45.300

3) *Civil Leader* = 1 × Rp 40.500 = Rp 40.500

4) *Mechanical Leader* = 2 × Rp 40.500 = Rp 81.000

5) *Safety* = 1 × Rp 38.250 = Rp 38.250

6) *Crane Operator* = 1 × Rp 31.500 = Rp 31.500

7) *Crane Rigger* = 1 × Rp 31.500 = Rp 31.500

8) *Civil Craftsman* = 2 × Rp 31.500 = Rp 63.000

9) *Pipe Fitter* = 4 × Rp 31.500 = Rp 126.000

10) *Material Control* = 1 × Rp 31.500 = Rp 31.500

11) *Tool Keeper* = 1 × Rp 31.500 = Rp 31.500

12) *Plant Driver* = 1 × Rp 31.500 = Rp 31.500

13) *Helper* = 3 × Rp 28.500 = Rp 85.500

Total upah lembur 1 jam = Rp 685.800

Total upah lembur 1 jam perhari = Total upah normal perhari + Total upah lembur 1 jam  
 = Rp. 3.657.600 + Rp 685.800 = Rp. 4.343.400

Total biaya upah lembur 1 jam = Total upah lembur 1 jam × *Crash Duration* 1 jam lembur  
 = Rp. 4.343.400 × 1,8 = Rp. 7.818.120

Jadi total biaya upah pada pekerjaan *Demolition Existing Compressor and Accessory* dengan menambah 1 jam lembur ialah Rp. 7.818.120. Berikut tabel 7 menunjukkan total keseluruhan upah dengan penambahan 1 jam kerja.

**Tabel 7.** Total Upah Keseluruhan dengan Penambahan 1 Jam Lembur

Kode	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration 1 Jam	Total Biaya Durasi Normal	Total Biaya Lembur 1 Jam
<b>CIVIL WORK</b>				
1.1	2	1,8	Rp 7.315.200,00	Rp 7.818.120,00
1.2	2	1,8	Rp 10.131.200,00	Rp 10.827.720,00
1.3	8	7	Rp 25.676.800,00	Rp 26.679.800,00
1.4	2	1,8	Rp 4.899.200,00	Rp 5.236.020,00
1.5	3	2,7	Rp 7.852.800,00	Rp 8.392.680,00
1.6	7	6,2	Rp 23.251.200,00	Rp 24.455.280,00
<b>MECHANICAL WORK</b>				
2.1	2	1,8	Rp 12.275.200,00	Rp 13.119.120,00
2.2	2	1,8	Rp 5.235.200,00	Rp 5.595.120,00
2.3	3	2,7	Rp 9.964.800,00	Rp 10.649.880,00
<b>PIPING WORK</b>				
3.1	30	26	Rp 99.648.000,00	Rp 102.554.400,00
3.2	15		Rp 39.264.000,00	Rp 39.264.000,00
3.3	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
<b>INSTRUMENT WORK</b>				
4.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.2	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
4.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.4	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.5	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
<b>ELECTRICAL WORK</b>				
5.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.2	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.4	1		Rp 1.745.600,00	Rp 1.745.600,00
<b>SCAFFOLDING WORK</b>				
6.1	7		Rp 18.323.200,00	Rp 18.323.200,00
<b>COMPLETION WORK</b>				
7.1	1		Rp 501.600,00	Rp 501.600,00
7.2	2		Rp 12.275.200,00	Rp 12.275.200,00
7.3	2		Rp 5.235.200,00	Rp 5.235.200,00
7.4	2		Rp 9.459.200,00	Rp 9.459.200,00
7.5	3		Rp 9.964.800,00	Rp 9.964.800,00
<b>Total Upah</b>			<b>Rp 332.119.200,00</b>	<b>Rp 341.197.740,00</b>

2) Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama untuk kondisi lembur 2, 3 dan 4 jam didapatkan hasil seperti pada tabel 8, 9 dan 10 berikut.

**Tabel 8.** Total Upah Keseluruhan dengan Penambahan 2 Jam Lembur

Kode	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration 2 Jam	Total Biaya Durasi Normal	total Biaya Lembur 2 Jam
<b>CIVIL WORK</b>				
1.1	2	1,6	Rp 7.315.200,00	Rp 8.412.480,00
1.2	2	1,6	Rp 10.131.200,00	Rp 11.650.880,00
1.3	8	6,6	Rp 25.676.800,00	Rp 30.451.080,00
1.4	2	1,6	Rp 4.899.200,00	Rp 5.634.080,00
1.5	3	2,4	Rp 7.852.800,00	Rp 9.030.720,00
1.6	7	5,7	Rp 23.251.200,00	Rp 27.216.360,00
<b>MECHANICAL WORK</b>				
2.1	2	1,6	Rp 12.275.200,00	Rp 14.116.480,00
2.2	2	1,6	Rp 5.235.200,00	Rp 6.020.480,00
2.3	3	2,4	Rp 9.964.800,00	Rp 11.459.520,00
<b>PIPING WORK</b>				
3.1	30	24,7	Rp 99.648.000,00	Rp 117.937.560,00
3.2	15		Rp 39.264.000,00	Rp 46.282.440,00
3.3	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
<b>INSTRUMENT WORK</b>				
4.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.2	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
4.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.4	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.5	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
<b>ELECTRICAL WORK</b>				
5.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.2	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.4	1		Rp 1.745.600,00	Rp 1.745.600,00
<b>SCAFFOLDING WORK</b>				
6.1	7		Rp 18.323.200,00	Rp 18.323.200,00
<b>COMPLETION WORK</b>				
7.1	1	0,8	Rp 501.600,00	Rp 576.840,00
7.2	2	1,6	Rp 12.275.200,00	Rp 14.116.480,00
7.3	2	1,6	Rp 5.235.200,00	Rp 6.020.480,00
7.4	2	1,6	Rp 9.459.200,00	Rp 10.878.080,00
7.5	3	2,4	Rp 9.964.800,00	Rp 11.459.520,00
<b>Total Upah</b>			<b>Rp 332,119,200,00</b>	<b>Rp 380,433,080,00</b>

**Tabel 9.** Total Upah Keseluruhan dengan Penambahan 3 Jam Lembur

Kode	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration 3 Jam	Total Biaya Durasi Normal	Total Biaya Lembur 3 Jam
<b>CIVIL WORK</b>				
1.1	2	1,5	Rp 7.315.200,00	Rp 9.258.300,00
1.2	2	1,5	Rp 10.131.200,00	Rp 12.822.300,00
1.3	8	6,2	Rp 25.676.800,00	Rp 33.580.440,00
1.4	2	1,5	Rp 4.899.200,00	Rp 6.200.550,00
1.5	3	2,3	Rp 7.852.800,00	Rp 10.159.560,00
1.6	7	5,4	Rp 23.251.200,00	Rp 30.268.080,00
<b>MECHANICAL WORK</b>				
2.1	2	1,5	Rp 12.275.200,00	Rp 15.535.800,00
2.2	2	1,5	Rp 5.235.200,00	Rp 6.625.800,00
2.3	3	2,3	Rp 9.964.800,00	Rp 12.891.960,00
<b>PIPING WORK</b>				
3.1	30	23	Rp 99.648.000,00	Rp 128.919.600,00
3.2	15		Rp 39.264.000,00	Rp 50.797.800,00
3.3	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00

**Tabel 9.** Total Upah Keseluruhan dengan Penambahan 3 Jam Lembur (Lanjutan)

Kode	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration 3 Jam	Total Biaya Durasi Normal	Total Biaya Lembur 3 Jam
<b>INSTRUMENT WORK</b>				
4.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.2	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
4.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.4	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.5	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
<b>ELECTRICAL WORK</b>				
5.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.2	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.4	1		Rp 1.745.600,00	Rp 1.745.600,00
<b>SCAFFOLDING WORK</b>				
6.1	7		Rp 18.323.200,00	Rp 18.323.200,00
<b>COMPLETION WORK</b>				
7.1	1	0,8	Rp 501.600,00	Rp 677.160,00
7.2	2	1,5	Rp 12.275.200,00	Rp 15.535.800,00
7.3	2	1,5	Rp 5.235.200,00	Rp 6.625.800,00
7.4	2	1,5	Rp 9.459.200,00	Rp 11.971.800,00
7.5	3	2,3	Rp 9.964.800,00	Rp 12.891.960,00
<b>Total Upah</b>			<b>Rp 332.119.200,00</b>	<b>Rp 413.932.310,00</b>

**Tabel 10.** Total Upah Keseluruhan dengan Penambahan 4 Jam Lembur

Kode	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration 4 Jam	Total Biaya Durasi Normal	Total Biaya Lembur 4 Jam
<b>CIVIL WORK</b>				
1.1	2	1,4	Rp 7.315.200,00	Rp 9.921.240,00
1.2	2	1,4	Rp 10.131.200,00	Rp 13.740.440,00
1.3	8	5,8	Rp 25.676.800,00	Rp 36.067.880,00
1.4	2	1,4	Rp 4.899.200,00	Rp 6.644.540,00
1.5	3	2,2	Rp 7.852.800,00	Rp 11.157.520,00
1.6	7	5	Rp 23.251.200,00	Rp 32.178.000,00
<b>MECHANICAL WORK</b>				
2.1	2	1,4	Rp 12.275.200,00	Rp 16.648.240,00
2.2	2	1,4	Rp 5.235.200,00	Rp 7.100.240,00
2.3	3	2,2	Rp 9.964.800,00	Rp 14.158.320,00
<b>PIPING WORK</b>				
3.1	30	21,8	Rp 99.648.000,00	Rp 140.296.080,00
3.2	15		Rp 39.264.000,00	Rp 55.280.440,00
3.3	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
<b>INSTRUMENT WORK</b>				
4.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.2	3		Rp 7.852.800,00	Rp 7.852.800,00
4.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.4	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
4.5	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
<b>ELECTRICAL WORK</b>				
5.1	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.2	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.3	1		Rp 1.913.600,00	Rp 1.913.600,00
5.4	1		Rp 1.745.600,00	Rp 1.745.600,00
<b>SCAFFOLDING WORK</b>				
6.1	7		Rp 18.323.200,00	Rp 18.323.200,00

**Tabel 10.** Total Upah Keseluruhan dengan Penambahan 4 Jam Lembur (Lanjutan)

Kode	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration 4 Jam	Total Biaya Durasi Normal	Total Biaya Lembur 4 Jam
<b>COMPLETION WORK</b>				
7.1	1	0,7	Rp 501.600,00	Rp 680.295,00
7.2	2	1,4	Rp 12.275.200,00	Rp 16.648.240,00
7.3	2	1,4	Rp 5.235.200,00	Rp 7.100.240,00
7.4	2	1,4	Rp 9.459.200,00	Rp 12.829.040,00
7.5	3	2,2	Rp 9.964.800,00	Rp 14.158.320,00
<b>Total Upah</b>			<b>Rp 332.119.200,00</b>	<b>Rp 443.778.675,00</b>

### Perbandingan Biaya Normal Dengan Biaya Percepatan

Hasil analisis dari perhitungan waktu dan biaya percepatan pada pekerjaan kritis dengan alternatif penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam lembur berpengaruh juga pada biaya upah total keseluruhan yang menjadi lebih besar. Berikut dapat dilihat perbandingan antara upah normal dengan biaya penambahan jam lembur, seperti pada tabel 11.

**Tabel 11.** Perbandingan Upah Durasi Normal Dengan Penambahan Jam Lembur

Keterangan Penambahan (lembur)	Durasi Pelaksanaan (Hari)	Total Upah Pekerja	Selisih
Keadaan Durasi Normal	70	Rp 332.119.200	
Penambahan 1 Jam Lembur	64	Rp 341.197.740	Rp 9.078.540
Penambahan 2 Jam Lembur	61	Rp 380.433.080	Rp 48.313.880
Penambahan 3 Jam Lembur	59	Rp 413.932.310	Rp 81.813.110
Penambahan 4 Jam Lembur	57	Rp 443.778.675	Rp 111.659.475

Dari hasil perbandingan di atas penambahan 3 jam lembur dapat digunakan agar pelaksanaan proyek pengganti kompresor sesuai target waktu yang diharapkan yaitu mendekati 60 hari.

## PENUTUP

### Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah dengan menggunakan program *Microsoft Project* didapat kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis antara lain : *Demolition Existing Compressor and Accessory, Demolition Existing Piping and Structure, Manual Excavation and Modification Foundation, Excavation for Re-Route Cable Power, Installation Formwork, Pouring Concrete Foundation & Curing Time, Installation Chokeblock, Grouting & Curing Time, Install Compressor, Silencer, After Cooler & Air Filter, Install Anchor Bolt, Grouting & Curing Time, Install Base Plate & Motor Plant Air Compressor, Fabrication Piping & Install Piping*. Kemudian alternatif penambahan jam lembur antara penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam hingga 4 jam lembur didapat hasil waktu yang memenuhi target dalam menyelesaikan proyek dan paling optimal 59 hari dengan target waktu yang diharapkan mendekati 60 hari yaitu penambahan 3 jam lembur dengan biaya upah pekerja sebesar Rp 413.932.310 dengan selisih Rp 81.813.110 dari upah normal.

### Saran

Metode ini dapat digunakan untuk kegiatan yang lain dalam perusahaan untuk mendapatkan waktu dan biaya proyek yang optimal, dan sebagai perbandingan metode lain seperti PERT dan *Critical Path* juga bisa gunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Aziz, A. F., & Abma, D. V. (2019). *Analisis Percepatan Optimal Durasi Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja Menggunakan (Time Cost Trade Off Method) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Kantor Kecamatan Mlati Sleman)*. 1–10.
- Fardila, D., & Adawyah, N. R. (2021). Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(1), 35–46. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i1.39499>
- Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Qadri, N. (2020). Optimasi Waktu dan Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Bina Bakti Kelurahan Gunung Seteleng Kabupaten Penajam Paser Utara dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal Transukma*, 03(1), 65–76.
- Irwan, Ardan, M., & Putri, W. A. (2021). *System Analysis of Time Scheduling Information and Project Control of Office Building and Suzuya Buildings*. 5(1), 37–45.
- Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (2004). *Kepmenakertrans - Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur*. 53(9), 11. <https://jdih.bpk.go.id/wp-content/uploads/2011/03/KepmenNaker102-2004.pdf>
- Lin, C. L., & Lai, Y. C. (2020). An improved time-cost trade-off model with optimal labor productivity. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(2), 113–130. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.11663>
- Oktavia, A., Rompis, M., Ingkiriwang, R. L., Sibi, M., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2019). Optimasi Waktu Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja Menggunakan Precedence Diagram Method Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(9), 1203–1210.
- Olivia, P., & Puspasari, V. H. (2019). Analisa Percepatan Waktu Proyek Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus : Peningkatan Jalan Pelantaran – Parenggean – Tumbang Sangai). *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 3(1), 41–52.
- Pahlevi, L. V., Sari, R., & Ahmad, H. (2021). Analisis Penerapan Psak 34 Dalam Pengakuan Pendapatan Perusahaan Jasa Kontruksi Pada Pt Arteri Cipta Rencana. *Invoice : Jurnal Ilmu Akuntansi*, 3(1), 102–128. <https://doi.org/10.26618/inv.v3.1.4976>
- Paparang, T., Walangitan, D. R. O., & Pratasias, P. A. K. (2018). Identifikasi Faktor Penyebab Cost Overrun Biaya Pada Proyek Terminal Antar Kabupaten Provinsi. *Jurnal Sipil Statik*, 6(10), 813–822.
- Purnomo, I. D., & Wiguna, I. P. A. (2021). Risk Evaluation of The Use of The Umbrella Contract for The Construction Project for Medium Voltage Distribution in South Surabaya Region Using The Expected Monetary Value. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 0(3), 322. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2020i3.11240>
- Rachmat, N., & Sugiarto, T. F. (2020). Penambahan Dan Pengurangan Tenaga Kerja. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 9(2), 151–158. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/10678/9505>
- Safitri, E., Basriati, S., Wulandari, R., & ... (2019). Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode PERT dan TCTO (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Sei Merangin Kabupaten Kampar). ... *Informasi Komunikasi ...*, November, 353–360.
- Sholeh, M. N., Wibowo, M. A., & Sari, U. C. (2020). *Berkelanjutan Dengan Pendekatan Model Supply Chain*. 8, 112–118.
- Sofia, D. A., & Putri, A. A. E. (2021). Analisis Perbandingan Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja terhadap Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 12, 846–854.

- Sulistyo, A. B., & Al Fikri, M. (2021). Analisis Optimalisasi Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Gorda-Bandung). *Jurnal InTent*, 4(1), 25–40.
- Sulistyo, A. B., Ilpan, I., & Khadijah, A. (2021). Redesign Road Project Using Critical Chain Project Management Method and Crashing Method. *Opsi*, 14(2), 262. <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.5651>
- Sulistyo, A. B., Siagian, W. H. R., Rosyadi, I., Pradita, R. G., & Misri. (2021). *Buku Belajar Microsoft Project 2019 Mahir Menggunakan Microsoft Project Dalam 9 Langkah* (S. M. Wirawati (ed.)).
- Tegar, M., Aji, J., Sari, S. N., Studi, P., & Sipil, T. (2020). Analisis Biaya Percepatan Dengan Metode Time Cost Trade Off Di Pasar. *01(01)*, 63–72.
- Zulaecha, H. E., Almufid, Zamroni, & Novianto, R. (2021). Project Manager Role On Construction Projects Success. *Jurnal Teknik*, 10(1), 35–46. <http://jurnal.umt.ac.id/index.php/jt/index>