

Penerapan Metode Time Cost Trade Off untuk Optimasi Biaya dan Waktu pada Pengaruh Redesign Struktur Bawah (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Klinik Utama Mata Jec Java @Pasuruan Tahap 1)

Moch. Aldy Doris Zhaputro¹, Helmy Darjanto², Fibria Conytin Nugrahini^{3*}

Departemen Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surabaya^{1,2}

Departemen Arsitektur, Universitas Muhammadiyah Surabaya³

aldydoris0@gmail.com¹, helmydarjanto@um-surabaya.ac.id², fibriasantoso@gmail.com³

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Disubmit November 23, 2024

Diterima Desember 16, 2024

Diterbitkan Desember 30, 2024

Kata Kunci:

Time Cost Trade Off

Crashing Program

Penambahan Jam Kerja

ABSTRAK

Masa pelaksanaan proyek konstruksi biasanya akan sering mengalami resiko terjadinya keterlambatan jadwal proyek. Hal tersebut bisa disebabkan oleh berbagai kendala yang terjadi di lapangan walaupun proyek sudah diawali dengan perencanaan dan penjadwalan yang matang. Keterlambatan tersebut berakibat langsung pada peningkatan durasi pelaksanaan dan juga biaya pelaksanaan proyek. Salah satu cara mengatasi keterlambatan tersebut adalah dengan penerapan percepatan dalam pelaksanaan agar proyek dapat mencapai target sesuai rencana. Akan tetapi, hal tersebut juga harus disertai dengan pertimbangan faktor pembiayaan agar mencapai biaya minimum dengan standar mutu yang tetap tercapai. Percepatan tersebut dapat dilakukan, salah satunya adalah dengan penambahan jam kerja (lembur). Penelitian ini mengambil studi kasus pada proyek pembangunan Gedung Klinik Utama Mata JEC Java @Pasuruan yang mengalami kendala pada pekerjaan fondasi sehingga menyebabkan keterlambatan pelaksanaan proyek. Untuk mengatasi kendala keterlambatan tersebut akan dihitung percepatan waktu yang dibutuhkan. Metode yang akan digunakan adalah Time Cost Trade Off, yang mana dalam metode ini akan dilakukan kompresi durasi pekerjaan untuk mendapatkan masa pelaksanaan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan juga pendapatan. Penelitian ini menerapkan Crashing Program dengan menggunakan alternatif metode penambahan jam kerja (lembur). Crashing dilakukan pada jalur lintasan kritis yang diperoleh dari hasil analisis network planning pada Microsoft Project 2016. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode Time Cost Trade Off dengan alternatif penambahan 4 jam kerja (lembur) maka diperoleh durasi optimal proyek 91 hari dengan biaya optimal sebesar Rp. 2.072.972.561.

© This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike (4.0) International License.

*Penulis Korespondensi:

Fibria Conytin Nugrahini

Departemen Arsitektur

Universitas Muhammadiyah Surabaya

Jl. Raya Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

Email: fibriasantoso@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan rangkaian mekanisme pekerjaan yang sensitif karena setiap aspek dalam proyek konstruksi saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya [1]. Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Berkaitan dengan masalah proyek ini maka keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor [2].

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan Klinik Utama Mata JEC JAVA @Pasuruan tahap 1, ada beberapa kendala, salah satu kendala pelaksanaanya adalah terjadi kegagalan konstruksi terhadap fondasi karena tidak memenuhi kriteria desain, yang menimbulkan adanya pemberhentian pekerjaan akibat dilakukannya pekerjaan *soil test* ulang, perhitungan ulang struktur dan *Re-Design* fondasi. Hal tersebut menimbulkan keterlambatan pekerjaan yaitu pemberhentian waktu pekerjaan selama ± 28 hari dan hanya mendapatkan waktu addendum ± 20 hari serta adanya tambahan item pekerjaan dari *owner*.

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan Klinik Utama Mata JEC JAVA @Pasuruan tahap 1 ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu biaya, mutu & waktu [3]. Pengendalian harus diperhatikan karena keterlambatan penyelesaian proyek akibat tidak tepatnya waktu yang direncanakan akan sangat berpengaruh terhadap aspek lainnya yaitu biaya dan mutu [4]. Bila suatu proyek mengalami keterlambatan waktu penyelesaian tentu sangat berpengaruh pada bertambahnya biaya. Keterlambatan dalam menyelesaikan proyek gedung ini akan menyebabkan kerugian baik dari pihak kontraktor maupun pihak pemilik (*owner*). Pihak kontraktor akan mengalami penambahan overhead cost untuk menyelesaikan proyek tersebut, disamping itu kontraktor harus membayar denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek tersebut. Sedangkan pihak pemilik (*owner*) pun mengalami kerugian terhadap waktu operasi bangunan, sehingga penggunaan hasil proyek mengalami kemunduran atau keterlambatan [5]. Selain itu, keterlambatan juga dapat berpengaruh terhadap aspek mutu bangunan yang dihasilkan, karena pekerjaan dilaksanakan tergesa-gesa [6].

Maka dilakukan percepatan dengan melakukan penjadwalan ulang agar proyek dapat terselesaikan sesuai target rencana. Metode yang akan digunakan untuk mempercepat durasi proyek pada tugas akhir ini adalah metode *TCTO* atau disebut juga metode pertukaran biaya terhadap waktu [7]. Percepatan penjadwalan dilakukan untuk mencari berapa waktu dan biaya terbaik dan terefisien yang diperlukan agar proyek dapat terselesaikan sesuai dengan target rencana. Beberapa langkah yang dilakukan pada metode ini yaitu dimulai dengan mencari lintasan kritis dan kemudian dilakukan crashing untuk mendapatkan *cost slope*. Selanjutnya penekan durasi dimulai dari aktivitas yang memiliki *cost slope* terendah. Dari hasil pergantian shift atau penambahan jam lembur lebih menguntungkan dari segi biaya dan waktu karena hanya terjadi peningkatan yang signifikan antara total biaya dalam jumlah yang relatif kecil dan efisiensi waktu yang dihasilkan lebih tinggi dibanding pada penambahan tenaga kerja [8].

2. KERANGKA TEORI

2.1. STUDI LITERATUR

Tabel 1. Jurnal Yang Digunakan Sebagai Referensi

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
1.	Analisis Percepatan Proyek Menggunakan	Kisworo W, dkk (2017)	untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan penambahan biaya	Analisis TCTO dilakukan dengan cara melakukan kompresi	Setelah dilakukan percepatan dengan metode time cost trade off, waktu dan

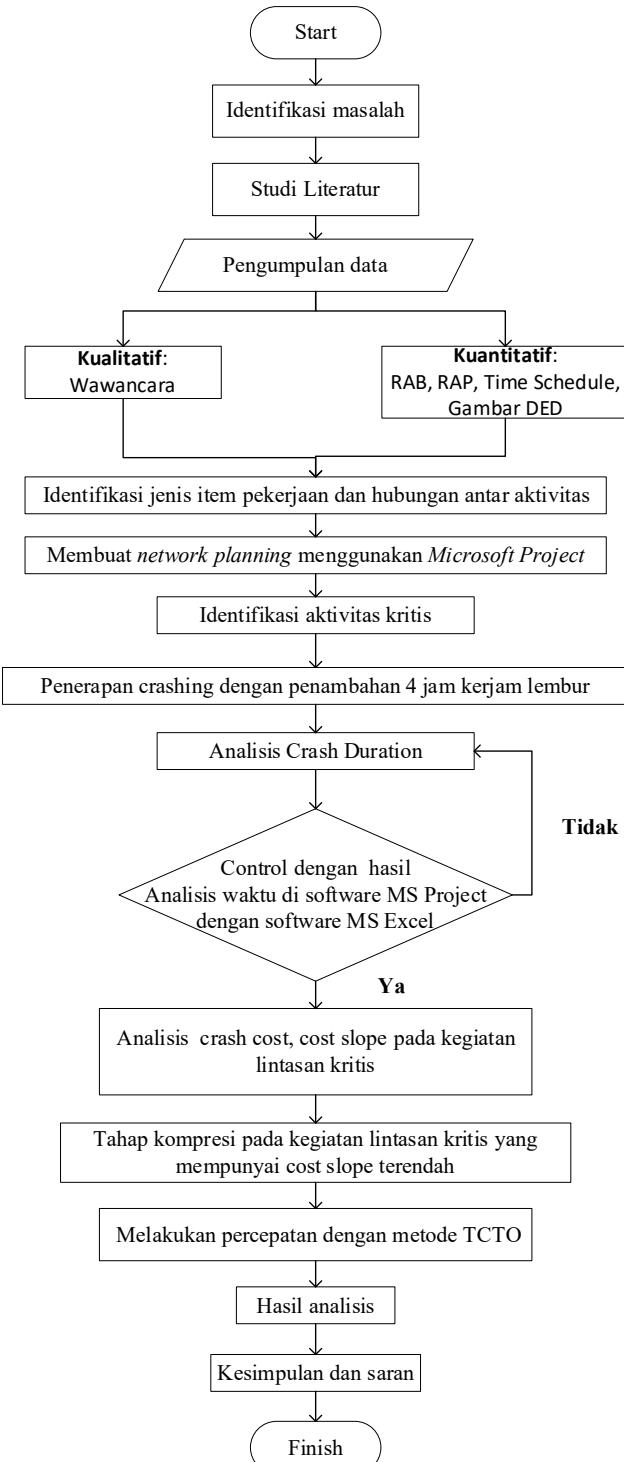
No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
	Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat [9]		minimum, menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum dan membandingkan alternatif-alternatif percepatan yang lebih efisien untuk dilaksanakan.	(penekanan) pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis yang dapat dilihat pada <i>network</i> diagram PDM yang dibuat dalam kondisi normal. Penekanan (kompresi) durasi proyek dimulai dari aktivitas yang mempunyai cost slope terendah. Dalam penelitian ini penekanan kondisi jenuh alternatif penambahan jam kerja lembur dicapai pada tahap kompresi ke-28. Sedangkan penekanan kondisi jenuh alternatif penambahan jumlah alat dicapai tahap kompresi ke-7 Hasil analisis TCTO didapatkan durasi total proyek, biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total cost proyek	biaya proyek mengalami penurunan. Alternatif yang pertama yaitu penambahan jam kerja lembur menghasilkan biaya total optimum sebesar Rp 39.236.409.113,12 dengan waktu selesai proyek 191 hari. Dibandingkan dengan kondisi normalnya, alternatif tersebut lebih menghemat waktu selama 54 hari dengan selisih biaya Rp 112.688.051,04. Sedangkan untuk alternatif penambahan jumlah alat berat mempunyai selisih waktu 33 hari dengan menghemat biaya sebesar Rp 6.133.454,27
2.	Strategi Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Time Cost Trade	Lutfan Anas Zahir (2021)	Mengoptimalkan waktu dan biaya dengan menghitung total biaya proyek penurunan langsung	Terlihat <i>network</i> diagram, dalam tadiagram tersebut diperlihatkan bahwa pada durasi 122 hari,	1. Dari hasil grafik Optimasi biaya dan waktu didapat biaya yang optimum sebesar Rp849.550.435,-

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
	Off (Tcto) Pada Pembangunan Gedung Ruang Kelas Smpn 1 Besuki [10]		dengan durasi yang lama dan biaya yang tidak signifikan biaya langsung meningkat dengan durasi biaya langsung yang lama dan secara tidak langsung mendapatkan total biaya dan waktu yang optimal	biaya tidak langsung sebesar Rp. 48.800.000,- dan biaya tidak langsung perharisebesar Rp. 400.000,- Biaya tidak langsung akan menurun seiring dengan berkurangnya waktu pelaksanaan berbanding lurus dengan waktu pelaksanaan. Biaya tidak langsung 128 hari menurun dari Rp. 51.200.000,- Menjadi Rp. 48.800.000,-. Durasi proyek 122 hari dengan biaya total sebesar Rp. 849.550.435,- adalah biaya optimum karena terjadi keterlambatan pelaksanaan proyek selama 6 hari dan biaya denda perhari adalah 1/1000 biaya kontrak yang ditambahkan ke biaya tak langsung menjadi 153.600.000,-. Biaya total akan mengalami penurunan lagi dari	2. Hasil optimasi penjadwalan proyek kontruksi tersebut didapat waktu optimal adalah 122 hari sama dengan waktu normal karena ada keterlambatan pelaksanaan selama 6 hari dan saat percepatan biaya tak langsung nilainya sedikit tidak dapat mempengaruhi biaya total yang lebih rendah dari biaya total pada durasi normal

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
				Rp. 954.350.435 pada durasi 128 hari menjadi Rp. 849.550.435,- pada durasi 122 hari dan akan meningkat lagi.	
3.	Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Optimum (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Kantor Kelurahan Ketelan, Surakarta) [11]	Hartono, dkk, (2015)	untuk mencari waktu dan biaya optimum juga membandingkan biaya sebelum dan sesudah percepatan.	Dapat diketahui bahwa biaya optimum proyek sebesar Rp 2.423.431.995,68 dengan waktu optimumnya 118 hari. Hal ini berarti mengakibatkan pengurangan total cost sebesar Rp 5.218.125,34 dari total cost normal Rp 2.428.650.121,02 dengan penambahan biaya langsung sebesar Rp 1.596.964,29 dan berkurangnya biaya tidak langsung sebesar Rp 6.815.089,63 serta terjadi pengurangan durasi proyek selama 22 hari dari durasi normal 140 hari menjadi 118 hari	Setelah dilakukan percepatan, diperoleh biaya optimum sebesar Rp 2.423.431.995,68 dan waktu optimum 118 hari. 2. Setelah dilakukan percepatan didapatkan perbandingan biaya dan waktu dengan efisiensi biaya sebesar Rp 5.218.125,34 atau 0,2149% dan efisiensi waktu selama 22 hari atau 15,7143%.

3. METODE

Penelitian ini dilakukan karena ditemukan beberapa kasus yang perlu evaluasi lebih lanjut, diantaranya proses penjadwalan (*scheduling*) untuk mengetahui waktu (durasi) pelaksanaan proyek, penggunaan analisis waktu dan biaya untuk mengetahui pengaruh percepatan waktu terhadap biaya, perhitungan anggaran proyek, baik biaya langsung atau tidak langsung, menganalisis pertukaran nilai waktu dan biaya dengan sistem penekanan jalur kritis. Metode Analisis Data yang dilakukan ada beberapa tahapan, diantara lain adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Studi Pustaka Dan Metode Pengumpulan Data

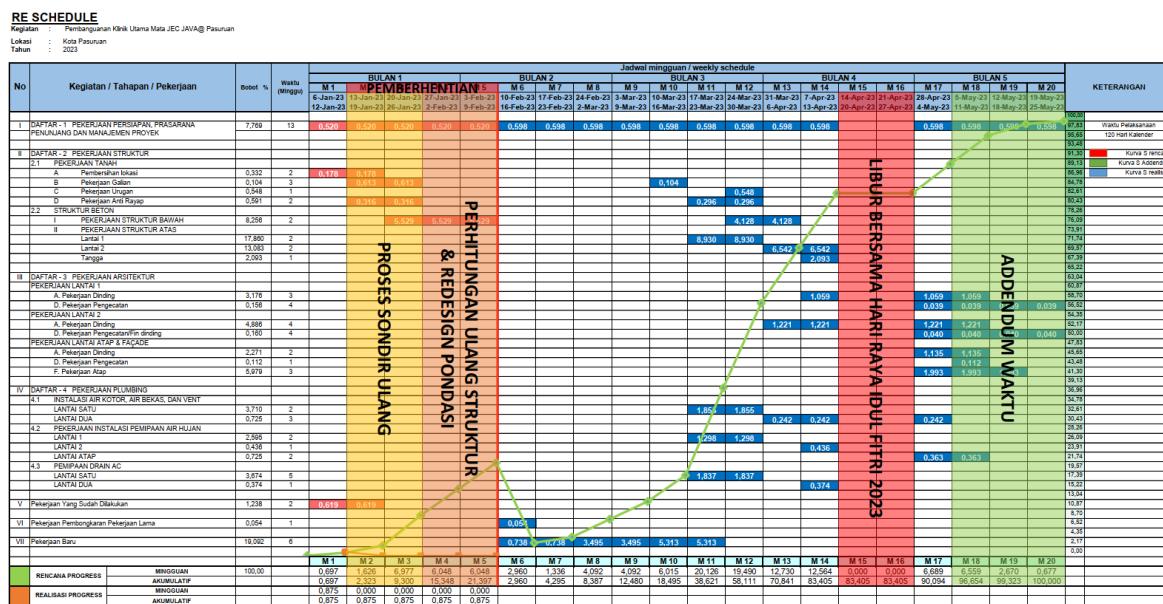
Data yang dikumpulkan yaitu jurnal penelitian terdahulu, *schedule* proyek, dan biaya proyek.

4.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang terjadi pada objek penelitian ini adalah mengalami keterlambatan progress pekerjaan sebesar 20,522% pada minggu ke 5 sehingga menyebabkan waktu penyelesaian proyek mengalami kemunduran ±28 hari. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kesalahan data tanah yang belum memenuhi kriteria desain.

4.3. Mengalasis Aktivitas Pekerjaan

Analisis dilakukan pada aktivitas sisa pekerjaan yang mengalami keterlambatan, diketahui dari *time schedule* mingguan.



Gambar 2. *Time schedule* pekerjaan mingguan

4.4. Penyusunan Network Diagram

Penyusunan *Precedence Diagramming Method* (PDM) menggunakan software Ms. Project 2016 berdasarkan di ambil dari *time schedule* yang sudah ada durasi & item tiap-tiap pekerjaan, ditemukan lintasan kritis pada data *time schedule*.

Tabel 1. *Time schedule* dan biaya

PEKERJAAN TANAH															
No.	Uraian Pekerjaan					Durasi					Biaya RAB (Rp.)				
1	Pekerjaan Galian					6					Rp 2.013.579,50				
2	Pekerjaan Urugan					7					Rp 10.571.856,93				
3	Pekerjaan Anti Rayap					11					Rp. 11.400.247,30				
PEKERJAAN BETON STRUKTUR BAWAH															
1	Pekerjaan Dibawah Slab on ground					1					Rp 22.024.231,48				
2	Pekerjaan Plat Lantai					2					Rp 99.363.185,48				

PEKERJAAN PEMBESIAN STRUKTUR BAWAH			
1	Pekerjaan Plat Lantai (BRC M8 1 lapis)	3	Rp 32.061.973,24
PEKERJAAN BETON STRUKTUR ATAS			
1	Pekerjaan Plat Lantai 1	1	Rp 36.292.299,88
2	Pekerjaan Kolom Lantai 1	1	Rp 9.396.034,36
3	Pekerjaan Plat Lantai 2	1	Rp 15.807.239,50
4	Pekerjaan Kolom Lantai 2	1	Rp 13.239.866,60
PEKERJAAN PEMBESIAN STRUKTUR ATAS			
1	Pekerjaan Balok Lantai 1	5	Rp 82.768.411,37
2	Pekerjaan Plat Lantai 1	4	Rp 46.256.641,34
3	Pekerjaan Kolom Lantai 1	1	Rp 45.968.655,35
4	Pekerjaan Balok Lantai 2	5	Rp 55.254.468,90
5	Pekerjaan Plat Lantai 2	4	Rp 20.147.243,65
6	Pekerjaan Kolom Lantai 2	1	Rp 53.705.423,63
PEKERJAAN BEKISTING STRUKTUR ATAS			
1	Pekerjaan Balok Lantai 1	9	Rp 22.102.274,98
2	Pekerjaan Kolom Lantai 1	1	Rp 21.736.292,82
3	Pekerjaan Balok Lantai 2	8	Rp 19.939.425,65
4	Pekerjaan Kolom Lantai 2	1	Rp 30.628.412,61
PEKERJAAN ARSITEKTUR LANTAI 1			
1	Pekerjaan Pasang bata bata ringan	8	Rp 25.131.269,65
2	Pekerjaan Plester + aci	10	Rp 16.648.832,16
3	Pekerjaan Pengecatan	13	Rp 3.002.221,44
PEKERJAAN ARSITEKTUR LANTAI 2			
1	Pekerjaan Pasang bata bata ringan	8	Rp 26.576.230,27
2	Pasang bata bata Tahan Api	3	Rp 14.346.456,67
3	Pekerjaan Plester + aci	12	Rp 23.556.375,32
4	Pekerjaan Pengecatan	13	Rp 3.087.795,10
PEKERJAAN BARU TANAH STRUKTUR BAWAH			
1	Pekerjaan Galian Tanah	12	Rp 12.820.579,50
PEKERJAAN BARU SLOOF STRUKTUR BAWAH			
1	Pekerjaan Beton Sloof	8	Rp.20.841.902,64
2	Pekerjaan Besi Sloof	10	Rp 32.619.297,90
3	Pekerjaan Bekisting Sloof	7	Rp 7.457.021,33

4.5 Penerapan *Crashing Duration*

Perhitungan *crash duration* menggunakan alternatif percepatan yaitu penambahan jam kerja lembur, alternatif tersebut dipilih untuk diterapkan, sehingga mendapatkan total biaya dan waktu yang paling optimum.

Perhitungan *crash duration* untuk 1 item pekerjaan sebagai berikut : Pekerjaan Pasangan Dinding Bata Lantai 2

$$\text{Volume} = 249,19 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi normal} = 8 \text{ hari}$$

$$\text{Produktivitas harian} = \text{Volume}/\text{Durasi Normal}$$

$$= 249,19 / 8$$

$$= 31,15 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas perjam} = \text{Volume}/\text{Durasi jam kerja}$$

$$= 31,15 / 8$$

$$= 3,89 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{-Produktivitas lembur 4 jam} = (\text{Jumlah jam lembur} \times \text{produktivitas tiap jam} \times \text{koefisien produktivitas 4 jam})$$

$$= 4 \times 3,89 \times 60\%$$

$$= 9,34 \text{ m}^2/4 \text{ jam lembur}$$

$$\text{-Produktivitas setelah crash} = (\text{Produktivitas per hari} + \text{produktivitas lembur 4 jam})$$

Dimana :

$$= \text{koefisien penurunan produktivitas kerja lembur 4 jam} 60\%$$

$$\text{-Produktivitas setelah crash} = (31,15 + 9,34) = 40,49 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{-Crash Duration} = \text{Volume}/(\text{Produktivitas setelah Crash})$$

$$= 249,19 / 40,49$$

$$= 6,15 \text{ dibulatkan menjadi 6 hari}$$

$$\text{-Total Crashing} = (\text{Normal durasi} - \text{crashing durasi})$$

$$= 8 - 6$$

$$= 2 \text{ hari yang dilakukan 4 jam kerja lembur.}$$

4.6. Penerapan Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya

Dilakukan control pada waktu yang diperoleh dari *crash duration*, maka dilakukan analisis waktu dengan bantuan software Microsoft Excel 2016 dan Microsoft Project 2016.

DATA :

Output Analisa Waktu pekerja dari Microsoft Project 2016.

Mandor : 1 org x 8 jam x 8 hari = 64 jam

Kepala Tukang : 0 org x 8 jam x 8 hari = 0 jam

Tukang : 6 org x 8 jam x 8 hari = 384 jam

Pekerja : 3 org x 8 jam x 8 hari = 192 jam

Analisa waktu crashing di bantu dengan software Microsoft excel 2016.

-Waktu tenaga kerja = jumlah pekerja x jam kerja normal x jumlah hari

Mandor : 1 org x 8 jam x 6 hari = 48 jam

Kepala Tukang : 0 org x 8 jam x 6 hari = 0 jam

Tukang : 6 org x 8 jam x 6 hari = 288 jam

Pekerja : 3 org x 8 jam x 6 hari = 144 jam

Analisa waktu (Overtime Work)

-Waktu tenaga kerja = waktu jam kerja crashing – waktu jam kerja normal

Mandor : 64 jam – 48 jam = 16 jam

Kepala Tukang : 0 jam – 0 jam = 0 jam

Tukang : 384 jam – 288 jam = 96 jam

Pekerja : 192 jam – 144 jam = 48 jam

Hasil Analisa waktu dari bantuan software Microsoft excel 2016 maka di input ke dalam overtime work pada software Microsoft Project 2016 untuk memperoleh durasi setelah crashing.

4.7. Penerapan *Crashing Cost*

Setelah mengetahui kegiatan yang berada pada lintasan kritis, maka dapat analisis pertukaran waktu dan biaya dapat ditentukan dengan menggunakan aplikasi Excel.

CRASH COST PERCEPATAN (UPAH JAM KERJA LEMBUR)

Mandor = Rp. 140.000/hari

Tukang = Rp. 120.000/hari

Pekerja = Rp. 100.000/hari

-Upah kerja per hari = harga satuan upah x jumlah tenaga kerja

Mandor = Rp. 140.000 x 1 org = Rp. 140.000/hari

Tukang = Rp. 120.000 x 6 org = Rp. 720.000/hari

Pekerja = Rp. 100.000 x 3 org = Rp. 300.000/hari

Total = Rp. 1.160.000/hari

-Upah kerja per jam = harga satuan upah : produktivitas per jam

Mandor = Rp. 140.000/8 = Rp. 17.500/hari

Tukang = Rp. 720.000/8 = Rp. 90.000/hari

Pekerja = Rp. 300.000/8 = Rp. 37.500/hari

Total = Rp. 140.000/hari

-Upah kerja lembur 4 jam = upah per jam x 4 jam kerja lembur x 2 kali upah per jam

Mandor = Rp. 17.500 x 4 jam x 2 = Rp. 140.000/hari

Tukang = Rp. 90.000 x 4 jam x 2 = Rp. 720.000/hari

Pekerja = Rp. 37.500 x 4 jam x 2 = Rp. 300.000/hari

Total = Rp. 1.160.000/hari

-Crash Cost = (upah kerja normal x crash duration) + (upah kerja lembur 4 jam x durasi lembur)

= Mandor = (Rp. 140.000 x 6 hari) + (Rp. 140.000 x 4 hari) = Rp. 1.400.000

= Tukang = (Rp. 720.000 x 6 hari) + (Rp. 720.000 x 4 hari) = Rp. 7.200.000

= Pekerja = (Rp. 300.000 x 6 hari) + (Rp. 300.000 x 4 hari) = Rp. 3.000.000

Total Crashing cost = Rp. 11.600.000

-Cost Slope = (Crash cost - Normal cost) / (Normal Duration - Crash)

= Mandor = (Rp. 1.400.000 - Rp. 1.120.000) : (8 - 6) = Rp. 140.000

= Tukang = (Rp. 7.200.000 - Rp. 5.760.000) : (8 - 6) = Rp. 720.000

= Pekerja = (Rp. 3.000.000 - Rp. 2.400.000) : (8 - 6) = Rp. 300.000

Total Cost Slope = Rp. 1.160.000

4.8. Tahapan Kompresi

Pada tahapan kompresi, diambil dari kegiatan dilalui lintasan kritis yang mempunyai cost slope terendah, kemudian dilakukan proses *crash duration* dan *crash cost* ulang.

Perhitungan Tahap Kompresi Lembur 4 Jam dilakukan dengan 3x tahap dan didapatkan hasil :

Crashing Kompresi pekerjaan pengecatan Lantai 2

- Jumlah Tenaga = Tukang : 1 orang
- Produktifitas Harian = 21,16 m² / hari
- Produktifitas per jam = 2,65 m² / jam

- Produktifitas Lembur 4 jam = 6,35 m² / lembur 4 jam
 - Produktifitas harian setelah crashing = 27,35 m² / hari
 - Crashing Duration = 6,15 hari dibulatkan menjadi 6 hari
 - Total Crash = 2 hari
 - Upah Per Hari = Rp. 120.000
 - Upah Per Jam = Rp. 15.000
 - Upah Lembur 4 jam = Rp. 120.000
 - Crash Cost = Rp. 1.680.000
 - Cost Slope = Rp. 120.000
 - Analisa Waktu = 8 jam
- Diperoleh durasi crashing waktu keseluruhan 91 hari kerja.
Durasi normal 98-91 = 7 hari dipercepat

4.9. Penerapan Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya

Melaksanakan TCTO dengan bantuan software Excel 2016 sehingga menghasilkan output berupa waktu yang bisa digunakan setelah crashing, crashing cost setelah percepatan.

-Biaya langsung (direct cost)

$$\begin{aligned}
 &= \text{biaya langsung normal} + \text{cost slope percepatan} \\
 &= \text{Rp } 1.347.394.183 + \text{Rp. } 1.380.000 \\
 &= \text{Rp } 1.348.774.183 \\
 \end{aligned}$$

-Biaya tidak langsung (indirect cost)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya Alat + Persiapan, Biaya Umum, Lain-Lain + PPN 11\%} \\
 &= \text{Rp. } 154.050.000 + \text{Rp. } 286.905.800 + \text{Rp. } 148.365.160 \\
 &= \text{Rp. } 589.320.960
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan total biaya setelah dipercepat, selanjutnya dapat menghitung kembali profit ketika proyek sedang mengalami percepatan.

$$\begin{aligned}
 \text{Profit} &= \text{Total biaya setelah crashing} \times 10\% \\
 &= \text{Rp. } 1.347.394.183 \times 10\% \\
 &= \text{Rp. } 134.877.418
 \end{aligned}$$

-Total biaya setelah crashing / biaya tambahan

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya langsung} + \text{Biaya tidak langsung} + \text{Profit} \\
 &= \text{Rp. } 1.348.774.183 + \text{Rp. } 589.320.960 + \text{Rp. } 134.877.418 \\
 &= \text{Rp. } 2.072.972.561
 \end{aligned}$$

2.10. Mengevaluasi Hasil Analisis TCTO

Setelah dilakukan analisis TCTO maka didapatkan hasil output efisiensi berupa beberapa waktu dan biaya proyek yang baru.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi waktu proyek} &= (\text{Durasi normal}-\text{Durasi Optimal})/(\text{Durasi normal}) \times 100\% \\
 &= (98-91)/98 \times 100 \\
 &= 7,14\%
 \end{aligned}$$

Efisiensi biaya proyek Terhadap SPK

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Biaya Crash Cost} - \text{Biaya Normal})/(\text{Biaya normal}) \times 100 \\
 &= (\text{Rp. } 2.072.972.561 - \text{Rp. } 2.140.200.000)/(\text{Rp. } 2.072.972.561) \times 100 \\
 &= -3,24\%
 \end{aligned}$$

Efisiensi biaya proyek Terhadap SPK + Denda Max 5%

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Biaya Crash Cost} - \text{Biaya Normal})/(\text{Biaya normal}) \times 100 \\
 &= (\text{Rp. } 2.072.972.561 - \text{Rp. } 2.247.210.000)/(\text{Rp. } 2.247.210.000) \times 100 \\
 &= -8,41\%
 \end{aligned}$$

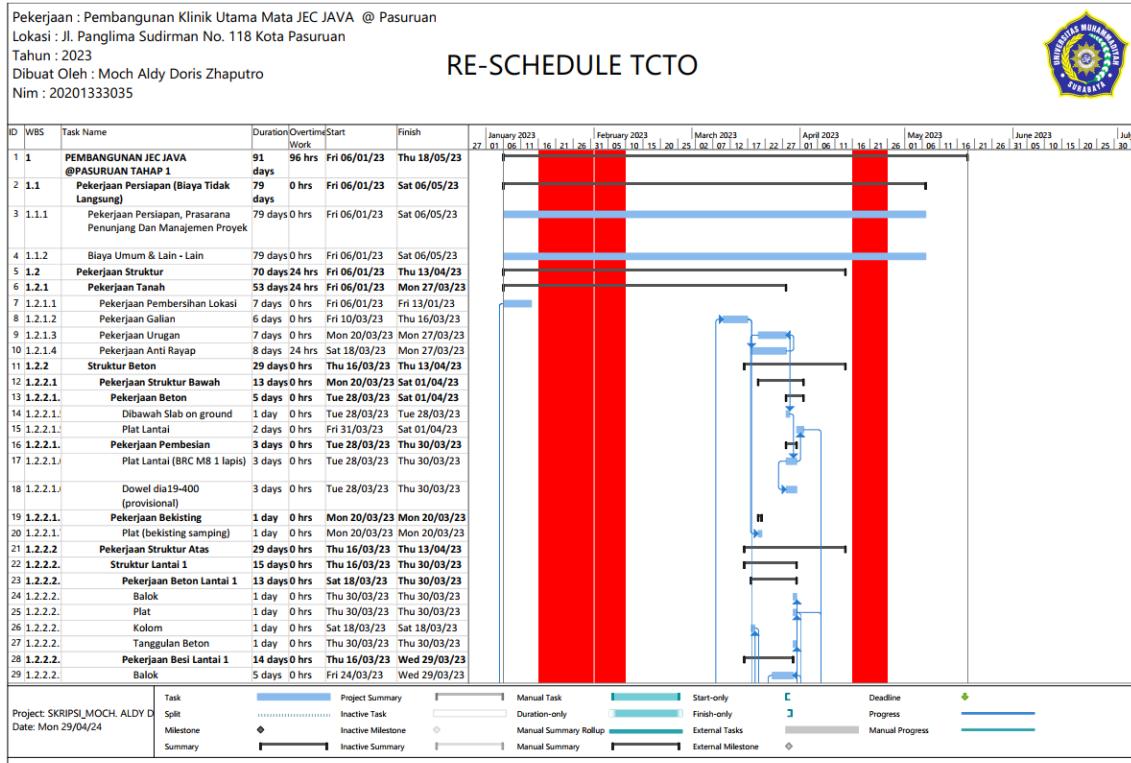
Pekerjaan : Pembangunan Klinik Utama Mata JEC JAVA @ Pasuruan
 Lokasi : Jl. Panglima Sudirman No. 118 Kota Pasuruan
 Tahun : 2023
 Dibuat Oleh : Moch Aldy Doris Zhaputro
 Nim : 2020133035



RE-SCHEDULE TCTO

ID	WBS	Task Name	Duration	Overtime	Start Work	Finish	Volume	Satu	Unit Price	Overtime Cost	Direct Cost	Indirect Cost	PPN 11% (Direct Cost)	Profit 10% (Save Salern)	Total Cost
1	1	PEMBANGUNAN JEC JAVA @PASURUAN TAHAP 1	91	96 hrs	Fri 06/01/23	Thu 18/05/23			Rp0,00	Rp1.380.000,00	Rp1.348.774.183,00	Rp440.955.800,00	Rp1.483.651.160,13	Rp134.877.418,30	Rp2.072.972.561,43
2	1.1	Pekerjaan Persiapan (Biaya Tidak Langsung)	79	0 hrs	Fri 06/01/23	Sat 06/05/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp440.955.800,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp440.955.800,00
3	1.1.1	Pekerjaan Persiapan, Prasarana Peningkatan dan Manajemen Proyek	79	0 hrs	Fri 06/01/23	Sat 06/05/23	1	Is	Rp244.250.000,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp244.250.000,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp244.250.000,00
4	1.1.2	Biaya Umum & Lain - Lain	79 days	0 hrs	Fri 06/01/23	Sat 06/05/23	1	Is	Rp196.705.800,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp196.705.800,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp196.705.800,00
5	1.2	Pekerjaan Struktur	70 days	24 hrs	Fri 06/01/23	Thu 13/04/23			Rp0,00	Rp300.000,00	Rp695.352.935,00	Rp0,00	Rp76.488.822,85	Rp69.535.293,50	Rp841.377.051,35
6	1.2.1	Pekerjaan Tanah	53 days	24 hrs	Fri 06/01/23	Mon 27/03/23			Rp0,00	Rp300.000,00	Rp24.836.400,00	Rp0,00	Rp2.732.004,00	Rp2.483.640,00	Rp30.052.044,00
7	1.2.1.1	Pekerjaan Pembersihan Lokasi	7 days	0 hrs	Fri 06/01/23	Fri 13/01/23	376,37 m ²	Rp14.402,85	Rp0,00	Rp4.480.000,00	Rp0,00	Rp492.800,00	Rp448.000,00	Rp5.420.800,00	
8	1.2.1.2	Pekerjaan Galian	6 days	0 hrs	Fri 10/03/23	Thu 16/03/23	18,82 m ³	Rp15.727,95	Rp0,00	Rp1.800.000,00	Rp0,00	Rp198.000,00	Rp180.000,00	Rp2.178.000,00	
9	1.2.1.3	Pekerjaan Urugan	7 days	0 hrs	Mon 20/03/23	Mon 27/03/23	37,64 m ³	Rp234.072,64	Rp0,00	Rp7.281.400,00	Rp0,00	Rp800.954,00	Rp78.140,00	Rp8.810.494,00	
10	1.2.1.4	Pekerjaan Anti Rayap	8 days	24 hrs	Sat 18/03/23	Mon 27/03/23	376,37 m ²	Rp36.248,24	Rp300.000,00	Rp11.275.000,00	Rp0,00	Rp1.240.250,00	Rp0,00	Rp13.642.750,00	
11	1.2.2	Struktur Beton	29 days	0 hrs	Thu 16/03/23	Thu 13/04/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp670.516.535,00	Rp0,00	Rp73.756.818,85	Rp67.051.653,50	Rp811.325.007,35
12	1.2.2.1	Pekerjaan Struktur Bawah	13 days	0 hrs	Mon 20/03/23	Sat 01/04/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp116.640.602,00	Rp0,00	Rp12.830.466,22	Rp11.664.060,20	Rp141.135.128,42
13	1.2.2.1.1	Pekerjaan Beton	5 days	0 hrs	Tue 28/03/23	Sat 01/04/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp86.254.957,00	Rp0,00	Rp9.488.045,27	Rp8.625.495,70	Rp104.368.497,97
14	1.2.2.1.1	Dibawah Slab on ground	1 day	0 hrs	Tue 28/03/23	Tue 28/03/23	18,82 m ³	Rp1.113.557,28	Rp0,00	Rp17.319.957,00	Rp0,00	Rp1.905.195,27	Rp1.731.995,70	Rp20.957.147,37	
15	1.2.2.1.1	Plat Lantai	2 days	0 hrs	Thu 30/03/23	Thu 01/04/23	75,27 m ²	Rp1.108.161,95	Rp0,00	Rp7.582.850,00	Rp0,00	Rp6.893.500,00	Rp0,00	Rp83.411.350,00	
16	1.2.2.1.1	Pekerjaan Pembesian	3 days	0 hrs	Tue 28/03/23	Thu 30/03/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp28.544.565,00	Rp0,00	Rp3.139.902,15	Rp2.854.456,50	Rp34.538.923,65
17	1.2.2.1.1	Plat Lantai (BRC M8 1 lapis)	3 days	0 hrs	Tue 28/03/23	Thu 30/03/23	20,50 kg	Rp14.692,41	Rp0,00	Rp24.901.700,00	Rp0,00	Rp2.739.187,00	Rp2.490.170,00	Rp30.131.057,00	
18	1.2.2.1.1	Dowel dia19-400 (provisional)	3 days	0 hrs	Tue 28/03/23	Thu 30/03/23	243,09 kg	Rp18.132,65	Rp0,00	Rp3.642.865,00	Rp0,00	Rp400.715,15	Rp364.286,50	Rp4.407.866,65	
19	1.2.2.1.1	Pekerjaan Bekisting	1 day	0 hrs	Mon 20/03/23	Mon 20/03/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp1.841.080,00	Rp0,00	Rp202.518,80	Rp184.108,00	Rp2.227.706,80
20	1.2.2.1.1	Plat (bekisting samping)	1 day	0 hrs	Mon 20/03/23	Mon 20/03/23	16,44 m ²	Rp135.505,28	Rp0,00	Rp1.841.080,00	Rp0,00	Rp202.518,80	Rp184.108,00	Rp2.227.706,80	
21	1.2.2.2	Pekerjaan Struktur Atas	29 days	0 hrs	Thu 16/03/23	Thu 13/04/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp553.875.933,00	Rp0,00	Rp60.926.352,63	Rp55.387.593,30	Rp670.189.378,93
22	1.2.2.2	Struktur Lantai 1	15 days	0 hrs	Thu 16/03/23	Thu 30/03/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp326.861.039,00	Rp0,00	Rp35.954.714,29	Rp32.686.103,90	Rp395.501.857,19
23	1.2.2.2.1	Pekerjaan Beton Lantai 1	13 days	0 hrs	Sat 18/03/23	Thu 30/03/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp47.375.000,00	Rp0,00	Rp5.211.250,00	Rp4.737.500,00	Rp57.323.750,00
24	1.2.2.2.1	Balok	1 day	0 hrs	Thu 30/03/23	Thu 30/03/23	14,23 m ³	Rp1.059.494,03	Rp0,00	Rp12.460.000,00	Rp0,00	Rp1.370.600,00	Rp1.246.000,00	Rp15.076.600,00	
25	1.2.2.2.1	Plat	1 day	0 hrs	Thu 30/03/23	Thu 30/03/23	27,49 m ³	Rp1.102.710,99	Rp0,00	Rp25.052.500,00	Rp0,00	Rp2.757.75,00	Rp2.505.250,00	Rp30.313.525,00	
26	1.2.2.2.1	Kolom	1 day	0 hrs	Sat 18/03/23	Sat 18/03/23	7,12 m ³	Rp1.063.848,31	Rp0,00	Rp6.260.000,00	Rp0,00	Rp688.600,00	Rp626.000,00	Rp7.754.600,00	
27	1.2.2.2.1	Tanggulian Beton	1 day	0 hrs	Thu 30/03/23	Thu 30/03/23	3,92 m ³	Rp1.111.996,17	Rp0,00	Rp3.602.500,00	Rp0,00	Rp396.275,00	Rp360.250,00	Rp4.359.025,00	
28	1.2.2.2.1	Pekerjaan Besi Lantai 1	14 days	0 hrs	Thu 16/03/23	Wed 29/03/23			Rp0,00	Rp0,00	Rp171.441.190,00	Rp0,00	Rp18.858.530,90	Rp17.144.119,00	Rp207.443.839,90
29	1.2.2.2.1	Balok	5 days	0 hrs	Fri 24/03/23	Wed 29/03/23	5.294, kg	Rp17.135,23	Rp0,00	Rp74.972.010,00	Rp0,00	Rp8.246.921,10	Rp7.497.201,00	Rp90.716.132,10	
Project: SKRIPSI_MOCH. ALDY D		Task	Project Summary		Manual Task	Start-only		Duration-only		Finish-only	External Tasks		Deadline	Progress	Manual Progress
Split		Inactive Task			Manual Summary					Manual Summary Rollup			Manual	Manual Progress	External Milestone
Milestone		Inactive Milestone			Manual Summary					Manual Summary			Manual	Manual Progress	External Milestone
Summary		Inactive Summary			Manual Summary					Manual Summary			Page 1		

Gambar 3. Work Breakdown Structure dan Rencana Anggaran Biaya



Gambar 4. Reschedule Time Cost Trade Off

REKAPITULASI ANALISA BIAYA			
Proyek Lokasi Tahun	: Pembangunan Klinik Utama Mata JEC JAVA @Pasuruan Tahap 1 : JL. Panglima Sudirman No. 118 Kota Pasuruan : 2023		
NO.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH	%
1	BIAYA LANGSUNG		
-	Biaya Langsung Normal	1.347.394.183	65,00
-	Biaya Tambahan	1.380.000	0,07
	J U M L A H	1.348.774.183	65,06
2	BIAYA TIDAK LANGSUNG (TIDAK TERMASUK PROFIT)		
-	Alat Support	154.050.000	7,43
-	Persiapan, Biaya Umum, Lain-Lain,	286.905.800	13,84
-	PPN 11% (BIAYA LANGSUNG)	148.365.160	7,16
	J U M L A H	589.320.960	28,43
3	BIAYA TIDAK LANGSUNG (SAVE SALARY)		
-	Profit 10%	134.877.418	6,51
	J U M L A H	134.877.418	6,51
	T O T A L - J U M L A H R A P	2.072.972.561	100,00
A	N I L A I R A B (Tidak Termasuk PPN)	1.928.175.004	
B	N I L A I R A B (Termasuk PPN)	2.140.274.255	
	J U M L A H	2.140.200.000	
C	Rencana Biaya Pelaksanaan Crash	2.072.972.561	96,86%
D	Save Salary (lebihan Profit B - C)	67.227.439	3,14%
E	Total Prosentase %		
F	% Terhadap Biaya RAP	3,24%	

Gambar 4. Rekapitulasi biaya pekerjaan

Berdasarkan 98 hari kerja waktu dan biaya optimal akibat penambahan jam kerja (lembur) optimum didapat pada umur proyek 91 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp 2.072.972.561 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 7 hari (7,14%) dan efisiensi (hemat biaya) proyek sebesar -Rp 67.227.439 (-3,24%) terhadap SPK (Surat Perintah Kerja) bila di bandingkan dengan efisiensi terhadap SPK (Surat Perintah Kerja) + denda Max 5% mendapat efisiensi (hemat biaya) proyek sebesar -Rp 174.237.439 (-8,41%). Dengan demikian alternatif percepatan penambahan jam kerja (lembur) optimum dengan durasi crashing maksimal yang dipilih cukup efisien untuk diterapkan dalam upaya mempersingkat durasi proyek.

5. KESIMPULAN

Penerapan metode time cost trade off untuk optimasi biaya dan waktu terhadap pengaruh redesign struktur bawah pada proyek pembangunan Klinik Utama Mata JEC Java @Pasuruan Tahap 1 memperoleh hasil yang efektif dan efisien. Hal ini disimpulkan sebagai berikut:

- Berdasarkan 98 hari kerja waktu dan biaya optimal akibat penambahan jam kerja (lembur) optimum didapat pada umur proyek 91 hari kerja.
- Total biaya proyek berdasarkan data Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp. 2.140.000.000 sedangkan biaya optimum setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan data Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) didapat sebesar Rp. 2.072.972.561.
- Dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 7 hari (7,14%) dan efisiensi (hemat biaya) proyek sebesar -Rp 67.227.439 (-3,24%) terhadap SPK (Surat Perintah Kerja) bila di bandingkan dengan efisiensi terhadap SPK (Surat Perintah Kerja) + denda Max 5% mendapat efisiensi (hemat biaya) proyek sebesar -Rp 174.237.439 (-8,41%).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan baik finansial atau bentuk dukungan lainnya untuk peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Pratasik, G. Y. Malingkas, T. T. Arsjad, and H. Tarore, "Menganalisis Sensitivitas Keterlambatan Durasi Proyek Dengan Metode Cpm (Studi Kasus: Perumahan Puri Kelapa Gading)," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1, no. 9, p. 129579, 2013.
- [2] A. T. Lagonda, P. A. K. Pratasik, and J. Tjakra, "Analisis Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Office and Distribution Center, Airmadidi, Minahasa Utara)," *TEKNO*, vol. 19, no. 78, 2021.
- [3] M. C. Winoto, K. Guwinarto, and S. Limanto, "Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menurut Kontraktor Terhadap Indikator Performa Proyek," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 56–63, 2023.
- [4] T. M. Sudarsono and O. Christie, "Analisis Frekuensi, Dampak, Dan Jenis Keterlambatan Pada Proyek Konstruksi," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [5] A. H. Rizal, S. Fay, and D. S. Krisnayanti, "PENGARUH BIAYA TERHADAP PENYEBAB KETERLAMBATAN PENYELESAIAN PROYEK KONSTRUKSI BENDUNGAN," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 13, no. 01, pp. 55–66, 2024.
- [6] M. C. Winoto, K. Guwinarto, and S. Limanto, "Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menurut Kontraktor Terhadap Indikator Performa Proyek," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 56–63, 2023.
- [7] B. B. Setiawan and T. Trijeti, "Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off (Tcto) Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta," *Konstruksia*, vol. 4, no. 1, 2012.
- [8] F. G. A. Ningrum, "Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan Shift Kerja," 2016.
- [9] C. T. O. F. F. D. P. JAM, "ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA LEMBUR DAN JUMLAH ALAT".
- [10] L. A. Zahir, "STRATEGI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA MENGGUNAKAN TIME COST TRADE OFF (TCTO) PADA PEMBANGUNAN GEDUNG RUANG KELAS SMPN 1 BESUKI," *JURNAL DAKTILITAS*, vol. 1, no. 2, pp. 36–51, 2021.
- [11] M. N. P. Wati, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Optimum (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Kantor Kelurahan Ketelan, Surakarta)"Project Acceleration Analysis Using Time Cost Trade-Off Method by," 2015.
- [12] W. Hartono, M. N. P. Wati, and Sugiyarto, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Optimum (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Kelurahan Ketelan, Surakarta)," *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, pp. 1000–1004, 2015.