

**ANALISIS PERCEPATAN WAKTU
TERHADAP BIAYA DENGAN
METODE *TIME COST TRADE OFF*
(Studi Kasus Proyek Pembangunan
Gedung *Islamic Center* Kec. Rimbo
Bujang Kab. Tebo Provinsi Jambi)**

**Taufiq^{1,*}, Meriana Wahyu Nugroho²,
Totok Yulianto³, Titin Sundari⁴**

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Hasyim Asy 'ari,
gbtaufiq2@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Hasyim Asy 'ari,
meriananugroho@unhasy.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Hasyim Asy 'ari,
totokyulianto@unhasy.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Hasyim Asy 'ari,
Titinsundari1273@gmail.com

ABSTRAK

Biaya dan waktu dalam proyek konstruksi merupakan hal paling penting. Maka perlu untuk mengetahui biaya dan waktu optimal dengan melakukan Crashing pada kegiatan di lintasan kritis. Analisis dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan metode Critical Path Method (CPM), kemudian dilakukan crashing pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Pada penelitian ini percepatan dilakukan dengan 3 alternatif yaitu menambah 2 jam lembur (alternatif 1), menambah tenaga kerja (alternatif 2), menambah shift malam (alternatif 3). Pemilihan biaya dan waktu optimum ditentukan dari dua variabel yaitu biaya dan waktu dengan menggunakan analisis Euclidean, dari hasil analisis biaya dan waktu di masing-masing alternatif yang optimal yaitu alternatif 2 (penambahan tenaga kerja). Waktu normal penyelesaian

proyek yaitu 210 hari kalender dengan biaya Rp4,483,505,000 dan di crashing menjadi 148 hari kalender dengan selisih waktu normal yaitu 62 hari kalender lebih cepat, serta peningkatan biaya menjadi Rp4,583,211,000 menambah Rp99,705,000 sehingga alternatif 2 optimal dibanding dengan alternatif 1 dan alternatif 3.

Kata Kunci : CPM, Crashing, Euclidean,

ABSTRACT

Cost and time are critical factors in construction projects. Therefore, it is essential to determine the optimal cost and time by performing Crashing on activities within the critical path. The analysis begins by identifying the critical path using the Critical Path Method (CPM), followed by crashing the activities on the critical path. In this study, acceleration is achieved through three alternatives: adding 2 hours of overtime (alternative 1), increasing the workforce (alternative 2), and adding a night shift (alternative 3). The determination of the optimal cost and time is based on two key variables: cost and time utilizing Euclidean analysis to identify the most efficient trade-off between the two. The analysis reveals that the most optimal alternative is alternative 2 (increasing the workforce). The project's normal completion time is 210 calendar days with a cost of IDR 4,483,505,000. By applying Crashing, the project completion time is reduced to 148 calendar days, resulting in a time saving of 62 calendar days. However, this acceleration increases the cost to IDR 4,583,211,000, an additional IDR 99,705,000. Thus, alternative 2 is considered optimal compared to alternatives 1 and 3 in terms of cost and time.

Keywords: CPM, Crashing, Euclidean.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi merupakan isu yang umum terjadi dan berdampak langsung terhadap efektivitas biaya serta jadwal penyelesaian proyek (Indra dkk., 2020a). Dari permasalahan keterlambatan ini sangat berdampak kepada efektivitas biaya dan waktu, sehingga untuk mengantisipasi keterlambatan tersebut agar tidak terulang kembali maka perlu diterapkan beberapa metode untuk memadatkan jadwal proyek (Salakory dkk., 2023). Permasalahan tersebut menegaskan bahwa waktu, sumber daya (biaya) dan mutu seimbang.

Sejalan dengan program pemerintah Kabupaten Tebo yaitu penyelenggaraan bangunan gedung di wilayah daerah kabupaten/kota, pemberian izin mendirikan bangunan (IMB) dan sertifikat laik fungsi. Pada paket pekerjaan Pembangunan *Islamic Center* Kec. Rimbo Bujang Kab. Tebo Provinsi Jambi, diperlukan suatu manajemen konstruksi yang baik untuk mengatasi dan memberi solusi dari keterlambatan ataupun mencegah keterlambatan. Manajemen waktu dalam sebuah proyek harus diperhitungkan dengan optimal, serta memperhatikan jumlah sumber daya sesuai tugas masing-masing (Tama dkk., 2020). Keterlambatan pada proyek sering terjadi akibat beberapa faktor seperti material yang belum tersedia di lokasi pekerjaan, kurangnya tenaga kerja, cuaca, serta perubahan pada desain. Tugas dan keterlibatan pelaksanaan proyek tidak lepas dari sumber daya (*resources*) yang terdiri dari manusia (*man*), material (*materials*), peralatan (*machine*), metode pelaksanaan (*method*) dan biaya (*mone*). Informasi dan waktu juga harus dipertimbangkan selain dari sumber daya yang ada serta memperhatikan 3 hal penting yaitu waktu, biaya dan mutu. (Ramadhan & Anwar, 2022)

Pada manajemen proyek konstruksi, banyak sekali ditemukan metode

penjadwalan dalam perencanaan dan pengendalian sebuah proyek yang sangat menunjang dalam efisiensi, waktu serta biaya. Salah satu metode penjadwalan yang sering digunakan yaitu *Critical Path Method* (CPM) (Sutrisno, Audi, Pramudya, 2023). Metode CPM ini digunakan untuk menganalisis jaringan kegiatan proyek atau aktivitas ketikan menjalankan proyek dalam rangka memprediksi durasi total. CPM pada dasarnya merupakan metode yang berorientasi pada waktu, yang artinya CPM akan berakhir pada penentuan waktu. Terdapat dua perkiraan pada metode CPM yaitu perkiraan waktu dan biaya pada setiap kegiatan dalam jaringan kerja, kedua perkiraan waktu penyelesaian juga biaya normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu dan biaya yang dipercepat (*crash estimate*). (Yuneta dkk., 2024)

Berbagai cara dilakukan untuk menghindari masalah dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang akan berimbas kepada waktu penyelesaian proyek itu sendiri, salah satu langkah untuk menghindari keterlambatan itu sendiri yaitu dengan metode percepatan waktu dengan penambahan jam kerja, tenaga kerja dan alat dengan memperhatikan biaya dan standart mutu (Indra dkk., 2020b). Metode *time cost trade off* (TCTO) berguna untuk mempercepat durasi proyek, metode ini memungkinkan untuk dilakukannya pertukaran biaya dan waktu proyek dengan menganalisis penambahan biaya proyek yang akan dilakukan akibat pengurangan durasi pelaksanaan sehingga dalam kondisi tertentu akan mencapai biaya dan waktu optimal (Musa dkk., 2020).

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa durasi jalur kritis pada proyek Pembangunan *Islamic Center* Rimbo Bujang dengan metode CPM (*Critical Path Method*), dengan *MS Project* ?

2. Bagaimana perbandingan waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja, tenaga kerja, serta *shift* malam dengan metode *Time Cost Trade Off*?
3. Analisis biaya dan waktu optimal dari alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3 pada proyek proyek Pembangunan *Islamic Center Rimbo Bujang*?

1.2 Tujuan Penulisan

Berlandaskan rumusan masalah diatas, diharapkan dari penelitian ini dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui durasi aktivitas pekerjaan pada jalur kritis di proyek Pembangunan *Islamic Center Rimbo Bujang*.
2. Menganalisis percepatan waktu serta biaya dari alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3.
3. Mengetahui biaya serta waktu optimal dari alternatif yang dilakukan percepatan.

1.3 Urgensi Penelitian

Secara teoritis, urgensi penelitian ini dimaksudkan untuk referensi dan pertimbangan bagi peneliti selanjutnya. Serta berguna memberikan sumbangsih kepada pelaksana proyek dan pemerintah guna menentukan solusi untuk permasalahan yang sama.

Untuk mengetahui biaya dan waktu akibat penerapan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO). Guna mengetahui biaya serta waktu optimal dari penggunaan alternatif sebagai bahan pertimbangan untuk solusi pada permasalahan yang terjadi.

Hasil dari riset dapat digunakan sebagai pedoman untuk riset serupa, khususnya mengenai percepatan waktu pelaksanaan proyek.

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian yang penulis gunakan yaitu metode kuantitatif dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Dalam pengumpulan data primer

penulis melakukan survei serta wawancara untuk mendapatkan data di lokasi penelitian lapangan dan hasil pengamatan dengan berkoordinasi dengan instansi yang terlibat dalam pelaksanaan pembangunan Masjid *Islamic Center Rimbo Bujang*.

Tahap awal dalam penelitian ini yaitu dengan metode *Works Breakdown Structure* (WBS) disetiap item pekerjaan, dengan menggunakan metode WBS kita bisa menguraikan item pekerjaan dan memberi kode dari setiap pekerjaan untuk mempermudah pada tahapan selanjutnya. Setelah dilakukan metode *Works Breakdown Structure* (WBS) semua item pekerjaan dilakukan penyusunan keterkaitan antar item pekerjaan (*predecessor*) guna menganalisis penyusunan jaringan aktivitas dengan metode *Critical Path Method* (CPM) untuk mengetahui aktivitas yang terdapat pada jalur kritis. Setelah diketahui item pekerjaan yang berada pada jalur kritis dilakukan *crashing* untuk mempersingkat waktu penyelesaian pada pekerjaan di setiap item yang terdapat pada jalur kritis (Purnomo dkk., 2019).

Analisis selanjutnya menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) yang bermaksud untuk mempercepat waktu pelaksanaan dan melihat biaya perubahan setelah dilakukan percepatan/*crashing* di setiap aktivitas. Secara garis besar metode (TCTO) yaitu pertukaran waktu terhadap biaya pelaksanaan.(Hakim dkk., 2023) Pada penelitian ini terdapat 3 alternatif yang menjadi opsi untuk menentukan waktu dan biaya optimal untuk proyek pelaksanaan pada studi kasus tersebut, yaitu penambahan 2 jam kerja (Alternatif 1), penambahan tenaga kerja (Alternatif 2) dan penambahan 1 shift kerja (Alternatif 3).

Setiap aktivitas pekerjaan memiliki nilai *Cost Slope* terendah yang beragam pada setiap alternatifnya. Formula yang digunakan dalam menentukan nilai *Cost Slope* yaitu dengan persiapan berikut (Ghassani dkk., 2023)

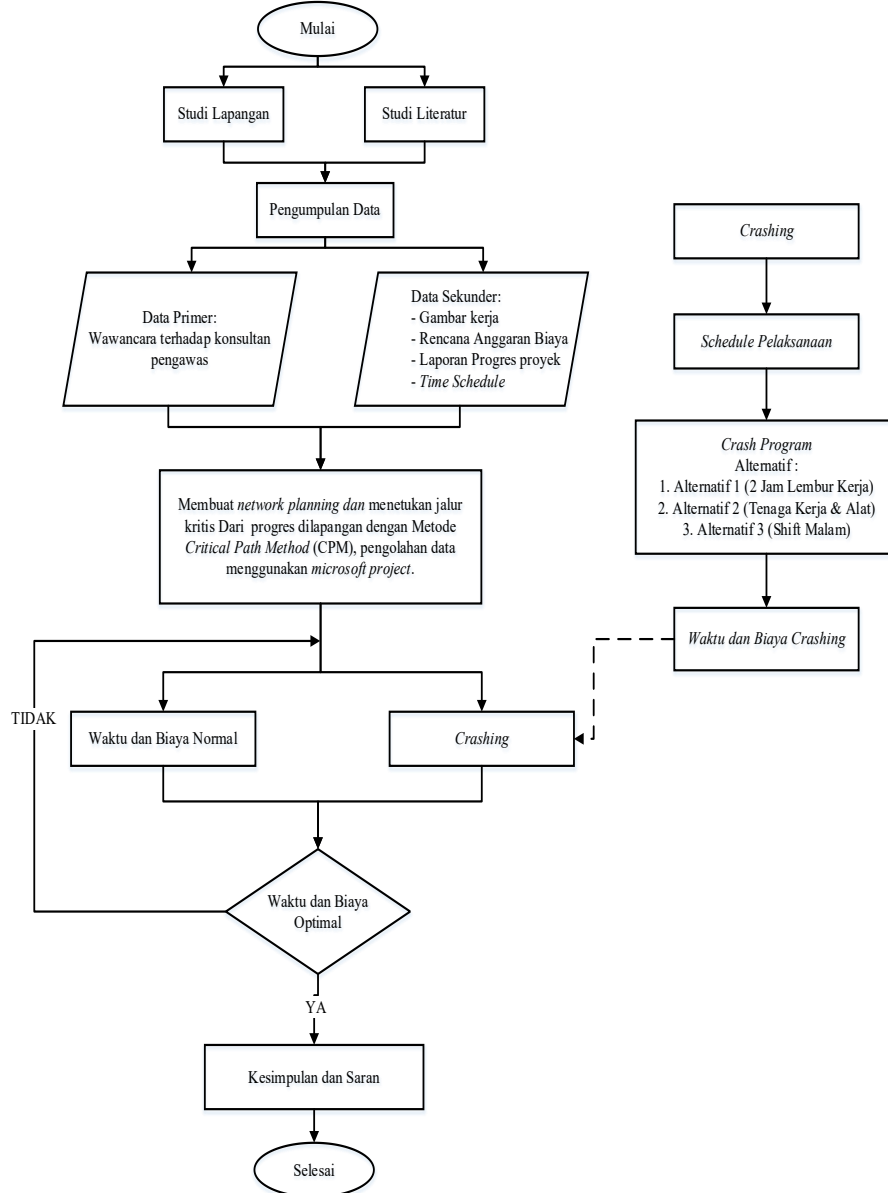
Cost Slope

$$\frac{\text{Grash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}} = \frac{\Delta \text{Cost}}{\Delta \text{Time}} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk menentukan biaya dan waktu optimal dari hasil analisis percepatan di setiap alternatif menggunakan analisa *Euclidean*. Dengan menggunakan analisa *Euclidean* kita dapat melihat perbandingan dari ketiga alternatif dan dituangkan dalam grafik 2 dimensi. Dari analisa ini bertujuan

untuk mengetahui *distance* dengan dua variabel yaitu biaya dan waktu pada kondisi alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3 terhadap kondisi normal. Rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut :

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 1.
Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data *time schedule* dan RAB proyek pembangunan Masjid Rimbo Bujang. Total waktu pelaksanaan 210 hari

kalender dimulai pada tanggal 13 Mei 2022 – 26 Desember 2022. Dalam kurun waktu satu minggu waktu kerja terdiri dari 6 (enam) hari, dimulai hari Senin hingga Sabtu

dengan hari libur saat minggu sehingga waktu pelaksanaan menjadi 180 hari kerja. Pada penelitian ini penulis akan menganalisis hubungan antar kegiatan dengan menggunakan metode *Works Breakdown Structure* (WBS).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan pemilihan biaya dan waktu optimum menggunakan metode *Euclidean* mampu memberikan alternatif solusi yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional dalam penjadwalan dan estimasi biaya proyek konstruksi. Serta di optimalkan dengan manajemen proyek yang baik pada saat pelaksanaan pekerjaan untuk memperkecil risiko keterlambatan yang terjadi. Metode ini juga bersifat fleksibel dan dapat diterapkan pada berbagai jenis proyek konstruksi, seperti pembangunan gedung,

infrastruktur jalan, maupun proyek skala besar lainnya.

3.1 Critical Path Method (CPM)

Setelah menyusun hubungan antar aktivitas pekerjaan dengan menggunakan metode *Work Breakdown Structure* (WBS), selanjutnya membuat *network planning* menggunakan aplikasi *MS Project* untuk menentukan aktivitas jalur kritis. Hasil dari riset menggunakan metode CPM. Setelah dilakukan analisis terdapat 55 aktivitas dari 172 aktivitas pekerjaan yang ditemukan pada lintasan kritis dengan total durasi sesuai kontrak yaitu 210 hari kalender. Aktivitas yang berada pada lintasan kritis akan dilakukan *crashing* dengan 3 alternatif. Aktivitas yang terdapat di jalur kritis terlampir pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1.
Daftar Aktivitas Pekerjaan yang Berada Pada Jalur Kritis

No	KODE	PEKERJAAN	KETERANGAN
		PEMBANGUNAN ISLAMIC CENTER	
1	A	PEKERJAAN PERSIAPAN	Kritis
	B	STRUKTUR BANGUNAN UTAMA	
	B.A	Pekerjaan Bore Pile	
2	B.A.A	Pengeboran	Kritis
3	B.A.B	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
	B.B	Pondasi uk. 200/120 cm' PT.1	
4	B.B.A	Galian Tanah	Kritis
5	B.B.B	Urugan pasir tbl. 5 cm'	Kritis
6	B.B.C	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
7	B.B.E	Begisting Pas. 1/2 Bata 1:4	Kritis
	B.C	Pondasi uk. 100/100 cm' PT.2	
8	B.C.A	Galian Tanah	Kritis
9	B.C.B	Urugan pasir tbl. 5 cm'	Kritis
10	B.C.C	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
11	B.C.E	Begisting Pas. 1/2 Bata 1:4	Kritis
	B.D	Pondasi uk. 90/90 cm' PT.3	
12	B.D.A	Galian Tanah	Kritis
13	B.D.B	Urugan pasir tbl. 5 cm'	Kritis
14	B.D.C	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
15	B.D.E	Begisting Pas. 1/2 Bata 1:4	Kritis
	B.E	Pondasi uk. 90/90 cm' PT.4	
16	B.E.A	Galian Tanah	Kritis
17	B.E.B	Urugan pasir tbl. 5 cm'	Kritis
18	B.E.C	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
19	B.E.E	Begisting Pas. 1/2 Bata 1:4	Kritis
	B.F	Kolom Pedestral uk. 50/50 cm' KP1	
20	B.F.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
21	B.F.D	Begisting	Kritis

No	KODE	PEKERJAAN	KETERANGAN
	B.G	Kolom Pedestral uk. 35/35 cm' KP2	
22	B.G.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
23	B.G.D	Begisting	Kritis
	B.H	Kolom Pedestral uk. 25/25 cm' KP3	
24	B.H.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
25	B.H.D	Begisting	Kritis
	B.I	Kolom Pedestral uk. D.50 cm' KP4	
26	B.I.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
27	B.I.D	Begisting	Kritis
	B.J	Pekerjaan Pas. Pondasi Batu Belah 1PC:4PP	
28	B.J.A	Galian Tanah	Kritis
29	B.J.B	Pas.Batu Belah 1:4	Kritis
	B.K	Balok Sloof uk.25/50 cm' SL1	
30	B.K.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
31	B.K.C	Begisting	Kritis
	B.L	Balok Sloof uk.20/40 cm' SL2	
32	B.L.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
33	B.L.C	Begisting	Kritis
	B.M	Balok Sloof uk.20/30 cm' SL3	
34	B.M.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
35	B.M.C	Begisting	Kritis
	B.N	Pekerjaan Plat Lantai t.7 cm' Elv. ± 0.000	
36	B.N.A	Beton K-175 (Siteymix)	Kritis
37	B.N.B	Wiremesh M6 1 lembar	Kritis
	B.O	Kolom uk. 50/50 cm' K1	
38	B.O.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
39	B.O.D	Begisting	Kritis
	B.P	Kolom uk. 45/45 cm' K1'	
40	B.P.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
41	B.P.D	Begisting	Kritis
	B.Q	Kolom uk. 35/35 cm' K2	
42	B.Q.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
43	B.Q.D	Begisting	Kritis
	B.V	Pekerjaan Balok Pinggang Elv. +3.25 m' uk.15/20cm	
44	B.V.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
45	B.V.C	Begisting	Kritis
	B.W	Pekerjaan Balok Pinggang Elv. +3.65 m' uk. 20/30cm	
46	B.W.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
	B.X	Pekerjaan Plat Lantai Beton Bertulang t.12 cm' Elv. ± 3.650	
47	B.X.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
	B.Y	Ring Balok Beton Bertulang Elv. +6.00 uk.50/85 cm' (B1)	
48	B.Y.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
49	B.Y.C	Begisting	Kritis
	B.Z	Ring Balok Beton Bertulang Elv. +6.00 Uk.25/50 cm' (B2)	
50	B.Z.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
51	B.Z.C	Begisting	Kritis
	B.AA	Ring Balok Beton Bertulang Elv. +6.00 uk.25/45 cm' (B3)	
52	B.AA.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
53	B.AA.C	Begisting	Kritis
	B.AC	Pekerjaan Plat Lantai Beton Bertulang t.12 cm' Elv. ± 6.000	
54	B.AC.A	Beton K-225 (Readymix)	Kritis
55	C	ARSITEKTUR BANGUNAN UTAMA	Kritis

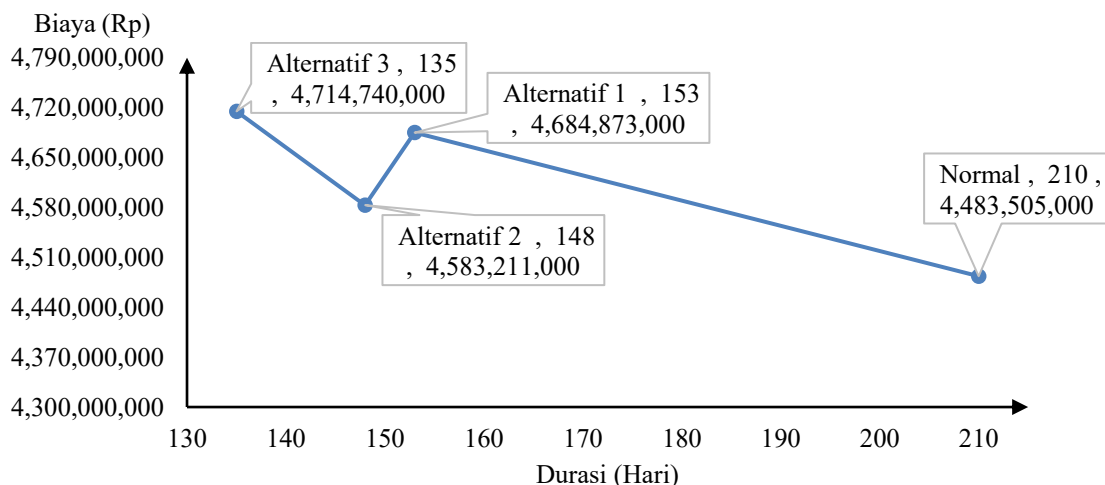
3.2 Percepatan Waktu (*Crashing*)

Terdapat 55 aktivitas pekerjaan berada pada lintasan kritis. Setelah itu dilakukan *crashing* untuk mempercepat waktu pelaksanaan dengan alternatif 1 (peningkatan 2 jam), alternatif 2 (peningkatan tenaga pekerja) dan alternatif 3 (*shift* malam)

Pemilihan alternatif 1 sesuai pasal 78 ayat (1) huruf b UU Nomor 13/2003, waktu lembur kerja maksimal 3 jam dalam sehari serta 14 jam dalam seminggu, serta di setiap 1 jam lembur kerja berdasarkan penelitian produktivitas akan menurun 0.1%. maka dari itu peneliti memilih 2 jam lembur sebagai alternatif dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek ditinjau dari segi biaya dan efektivitas pekerja. Sehingga setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif 1 waktu lebih singkat menjadi 153 hari kalender.

Pemilihan alternatif 2 penambahan tenaga kerja menjadi opsi oleh peneliti karena dengan menambah tenaga kerja dalam kondisi normal maka produktivitas akan meningkat seiring pertambahan jumlah tenaga kerja sesuai kondisi item pekerjaan. Pada alternatif ini peneliti tidak menambah jumlah mandor dan kepala tukang. Pada alternatif 2 waktu yang didapatkan menjadi 148 hari kalender.

Alternatif 3 penambahan *shift* kerja menjadi opsi pilihan oleh penulis karena dengan menambah *shift* kerja produktivitas akan meningkat dan produktivitas pekerja tidak berkurang. Pada alternatif ini aktivitas yang dipercepat hanya aktivitas di jalur kritis yang memiliki durasi lebih dari 1 hari. Pada alternatif 3 waktu pelaksanaan lebih cepat menjadi 135 hari kalender.



Gambar 2.
Grafik Biaya dan Waktu

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan biaya dan waktu setelah percepatan (*crashing*) mengalami perubahan yang signifikan naik. Diketahui pada kondisi normal memiliki durasi 210 hari, sedangkan alternatif 1 memiliki durasi 153 hari, dimana alternatif 1 mengalami percepatan sebesar 57 hari

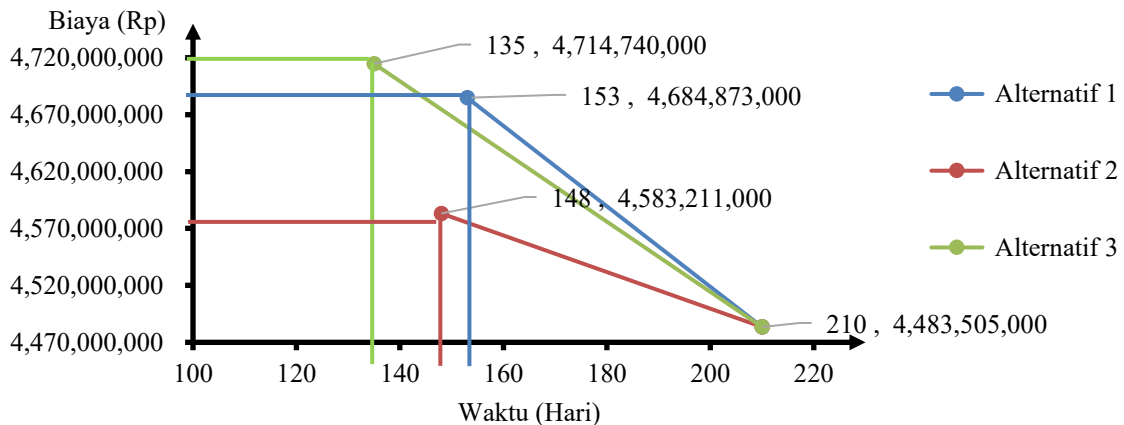
dengan penambahan biaya akibat percepatan sebesar Rp 201,367,000.

Alternatif 2 memiliki waktu durasi 148 hari dan peningkatan biaya sebesar Rp100,230,000 dari biaya normal artinya pada alternatif 2 mengalami percepatan durasi sebesar 62 hari dan selisih biaya dengan peningkatan pada alternatif 1 sebesar Rp 99,705,000.

Alternatif 3 memiliki durasi 135 hari dan penambahan biaya akibat percepatan pada alternatif 3 yaitu sebesar Rp231,235,000. artinya pada alternatif 3 mengalami percepatan durasi sebesar 75 hari dan selisih biaya lebih besar dari alternatif 1 yaitu Rp29,867,500.

3.3 Euclidean

Berdasarkan grafik biaya dan waktu di segala kondisi selanjutnya mencari biaya dan waktu optimum di antara 3 alternatif yang dilakukan. Menentukan biaya dan waktu optimum dapat dibuktikan dengan analisa *Euclidean* untuk mengetahui biaya dan waktu paling optimum dari ketiga alternatif tersebut.



Gambar 3.
Grafik *Euclidean Distance* 2 Dimensi

Dari hasil analisa *euclidean* dimensi yang bertujuan untuk mencari biaya dan waktu yang optimal dari ketiga alternatif. Dengan ditentukan dengan 2 variabel biaya dan waktu, dapat dilihat pada grafik di atas bahwasanya pada alternatif 2 dengan penambahan tenaga kerja didapat nilai *distance* lebih kecil dari alternatif 1 (2 jam lembur) dan alternatif 3 (*shift* malam) dengan nilai *distance* Rp 99,705,000.00 sedangkan pada alternatif 1 dengan penambahan 2 jam lembur kerja nilai *distance* yang didapat yaitu Rp 201,367,500 serta alternatif 3 penambahan *shift* malam didapat nilai *distance* sebesar Rp 231,235,000

3.4 Analisis Total Biaya, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung

Dari ketiga alternatif tahap percepatan (*crashing*) yang telah dilakukan dapat dilihat besarnya pertambahan biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan alternatif jam lembur, alternatif penambahan tenaga kerja dan alat serta alternatif *shift* malam.

Menginput data kebutuhan pertambahan alternatif 1 (2 jam lembur), alternatif 2 (penambahan tenaga kerja dan alat) serta alternatif 3 (*shift* kerja) yang hasil *output* percepatan tersebut menghasilkan perubahan jumlah biaya langsung (*direct cost*) serta pengurangan besarnya biaya tidak langsung (*indirect cost*) seiring dengan pengurangan durasi akibat percepatan dan perubahan total biaya yang dikeluarkan oleh proyek.

Tabel 2.
Rekapitulasi Perhitungan Total Biaya, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung Pada Setiap Alternatif

Kondisi	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
Normal	210	4,483,505,000	448,351,000	4,931,856,000
Alternatif 1 (2 jam Lembur)	153	4,684,873,000	326,655,000	5,011,528,000
Alternatif 2 (Tenaga Kerja)	148	4,583,211,000	315,980,000	4,899,191,000
Alternatif 3 (<i>Shift</i> Malam)	135	4,714,740,000	288,225,000	5,002,965,000

Dari tabel 2. maka dapat uraikan bahwa usaha untuk mempercepat durasi suatu proyek, mengakibatkan umur durasi proyek akan berkurang, yang artinya durasi pekerjaan suatu proyek lebih cepat dari kondisi normal, akan tetapi dalam usaha mempercepat durasi proyek dengan seiring berjalannya waktu mengakibatkan perubahan biaya langsung secara signifikan dengan kata lain meningkatnya kebutuhan biaya langsung suatu proyek. Sedangkan biaya tidak langsung akan menghasilkan yang berbanding lurus dengan pengurangan durasi proyek, yang artinya semakin cepat durasi proyek maka semakin sedikit *indirect cost* yang digunakan. Biaya total merupakan penjumlahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung.

Jika durasi proyek semakin dipercepat maka *direct cost* akan mengalami kenaikan, sedangkan *indirect cost* akan mengalami penurunan. Dalam grafik di atas ini terdapat dua variabel, seperti skala *direct cost* serta skala *indirect cost*, tabel diatas mempunyai dua skala karena interval terkait *direct cost* dan *indirect cost* terlalu jauh. Untuk alternatif yang optimal dari segi biaya dan waktu adalah alternatif 2 penambahan tenaga kerja dan alat, dengan penurunan biaya total proyek normal Rp4,931,856,000 menjadi Rp4,899,191,000 dan waktu pelaksanaan menjadi 148 hari kalender, dengan selisih 52 Hari.

Hasil analisis menunjukkan bahwa *Euclidean* mampu mengidentifikasi alternatif yang optimal dengan mempertimbangkan 2 variabel waktu dan

biaya yang paling efisien secara kuantitatif. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Anggraeni dkk., 2019), yang menunjukkan bahwa pendekatan berbasis jarak efektif dalam mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan alternatif mana yang optimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas didapatkan kesimpulan :

1. Melalui metode *critical path method* (CPM) didapatkan hasil yaitu item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis memiliki durasi 210 kalender sesuai dengan kontrak kerja.
2. Setelah dilakukan *project crashing* dengan tiga alternatif yaitu alternatif 1 penambahan 2 jam lembur, alternatif 2 penambahan tenaga kerja dan alternatif 3 penambahan *shift* malam dengan durasi dan waktu di masing-masing alternatif sebagai berikut :
 - a) Alternatif 1 (2 jam lembur) : Durasi 153 hari dengan biaya total sebesar Rp4,684,872,000
 - b) Alternatif 2 (Penambahan tenaga kerja) : Durasi 148 hari dengan biaya total sebesar Rp4,583,211,000
 - c) Alternatif 3 (*Shift* malam) : Durasi 135 hari dengan biaya total sebesar Rp4,714,740,000
3. Untuk pemilihan alternatif optimal ditinjau dari segi biaya dan waktu dengan analisa *euclidean* dimensi dari segi biaya dan waktu normal terhadap biaya dan waktu di setiap alternatif, dan didapatkan

alternatif optimal yaitu alternatif 2 dengan penambahan tenaga kerja dengan waktu penyelesaian 153 hari dengan selisih terhadap waktu normal yaitu 62 hari, dengan biaya meningkat sebesar Rp99,705,000 dari biaya normal pekerjaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, D. N., Nugroho, M. W., & Sumarsono. (2019a). *Optimasi Waktu dan Biaya Crashing dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. 4(2), 310–317.
- Anggraeni, D. N., Nugroho, M. W., & Sumarsono. (2019b). *Optimasi Waktu dan Biaya Crashing dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. 4(2), 310–317.
- Ghassani, D. B., Albab, U., Sipil, T., & Selamat Sri, U. (2023). Perencanaan Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Crashing Dengan Sistem Kerja Shift (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Puskesmas Sukorejo II). *JERA : Journal Engineering Research and Application*, 2(1), 7–13.
- Hakim, A. L., Yulianto, T., & Nugroho, M. W. (2023). Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Crashing Program pada Proyek Gedung BPJS Tulungagung. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 8(1), 241.
- Indra, I. F., Rita, E., & Rahmat. (2020a). Analisa Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Time Cost Trade Off (Tcto). *Student Journal ...*, 57–58.
- Indra, I. F., Rita, E., & Rahmat. (2020b). Analisa Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Time Cost Trade Off (Tcto). *Student Journal ...*, 57–58.
- Musa, R. S., Kusuma, J., & Ilyas, N. (2020). *Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Kelas Darurat*. 1–10.
- Purnomo, A., Nugroho, M. W., & Yulianto, T. (2019). *Pengendalian Biaya dan Waktu Proyek Gedung SMK Dwija Bhakti Jombang Dengan Menggunakan Metode Earned Value*. 4(5), 40–52.
- Ramadhan, P. M., & Anwar, S. (2022). Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur Teknik Sipil Dan Perencanaan Analisis Manajemen Konstruksi Pada Jembatan Cikeusal. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur UGJ CIREBON Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, X(1), 1–6.
- Salakory, N. C., Jamlaay, O., & Titaley, H. D. (2023). *Analisa Percepatan Waktu Pada Proyek Pembangunan Struktur Gedung Laboratorium Unpatti Menggunakan Metode Crashing Program Dan Fast-Track*. 2(1), 29–39.
- Sutrisno, Audi, Pramudya, R. E. Listyanto. (2023). Implementasi Metode CPM , Crashing dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Pembangunan Masjid dan Asrama Yatim Piatu Barokah Amanah Mustaqbal. *jurnal serambi engineering*, VIII(2), 5390–5400.
- Tama, A. K., Anggraini, L., & Tutuko, B. (2020). Analisis Kinerja Manajemen Konstruksi Pada Proyek Gedung Digitasi Universitas Negeri Semarang. *Teknik Sipil*, 1–15.
- Yuneta, M., Kurniaty, M., & Kabupung, A. S. (2024). *Analisis Pengendalian Waktu Dan Biaya Menggunakan Critical Path Method (Cpm) Dengan Aplikasi Microsoft Project 2016*. 12–19.



Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distribute under the terms an conitions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)