

Diterima : 07 Januari 2023 | Selesai Direvisi : 19 Februari 2023 | Disetujui : 25 Februari 2023 | Dipublikasikan : Juli 2023

DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.14.2.44-65>

Copyright © 2023 Jurnal Konstruksia

This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Penggunaan *Critical Chain Project Management Method* terhadap Perencanaan Waktu Pelaksanaan *Fly Over* Jalan Tol

Dwi Tri Nugroho¹, dan Agus Suroso¹

¹Prodi Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana Jakarta, Jl. Meruya Selatan, Jakarta, 11650

Email Korespondensi: dwi.nugroho23@gmail.com

ABSTRAK

Efektivitas waktu menjadi suatu hal yang penting dan harus diperhatikan dalam proyek. Hal ini mengharuskan manajemen proyek dapat melakukan penjadwalan dengan tepat. Banyak metode penjadwalan yang tersedia untuk proyek sekarang ini, namun yang terbaru adalah metode CCPM (*Critical Chain Management*). Penelitian ini berdasarkan alasan bahwa pada praktiknya didalam sebuah proyek sering terjadinya keterlambatan penyelesaian pekerjaan pada tahap perencanaan Pembangunan Jalan Tol. Banyaknya perubahan kebutuhan oleh *owner* akibat kejadian yang tidak dapat diprediksi sebelumnya menjadi penyebab utama pada tahap perencanaan. Penelitian ini menggunakan software SPSS 26. Hasil yang diperoleh Variabel metode pelaksanaan dan metode pengawasan berpengaruh tidak signifikan terhadap perencanaan waktu dengan arah yang positif (searah) sedangkan *buffer time* berpengaruh signifikan terhadap perencanaan pajak dengan arah yang positif (searah). Penelitian dilakukan dengan analisis menggunakan *Microsoft Project* yang melakukan analisa perencanaan waktu dalam pembangunan *fly over* jalan tol dengan perencanaan waktu awal dalam pelaksanaan pembangunan *fly over* jalan tol sebesar 520 hari setelah menggunakan *critical chain project management method* menjadi 410 hari sehingga ada percepatan waktu pelaksanaan. Hal ini menghasilkan *buffer time* yang menjadi salah satu indikator dalam *critical chain project management method* berpengaruh dalam perencanaan waktu.

Kata Kunci: *Critical Chain Management Method*, Efektivitas waktu, Proyek *Fly Over*

ABSTRACT

Time effectiveness becomes an important thing and must be considered in the project. This requires project management to be able to schedule properly. Many scheduling methods are available for projects today, but the most recent is the CCPM (Critical Chain Management) method. This research is based on the reason that in practice in a project there are often delays in the completion of work at the planning stage of Toll Road Development. The number of changes in needs by the owner due to events that can't be predicted beforehand is the main cause at the planning stage. In this study use SPSS 26 software. The results obtained were implementation method and monitoring method variables that had no significant effect on time planning in a positive direction (unidirectional) while buffer time had a significant effect on tax planning in a positive direction (unidirectional). This research was also carried out with an analysis using the Microsoft Project which carried out a time planning analysis in the construction of toll road flyovers which resulted in an initial planning time in implementing the construction of toll road flyovers of 520 days which after using the critical chain project management method became 410 days so that there was an acceleration of time. implementation. This is produced primary analysis which produces a buffer time which is one of the indicators in the critical chain project management method that influences time planning.

Keywords: *Critical Chain Management Method*, Time Effectiveness, Fly Over Project

1. PENDAHULUAN

Pembangunan gedung-gedung bertingkat, perumahan, kota satelit, bendungan, jalan raya, jembatan, pembangkit listrik, rumah sakit, hotel, wisma, *fly over*, pelabuhan, bandara, dan lain-lain semua itu merupakan peluang dan tantangan yang harus ditindaklanjuti oleh kita semua.

Maka dalam mendukung kriteria batasan tersebut, langkah yang dilakukan oleh perusahaan pada umumnya adalah berupaya melakukan efektivitas waktu kerja proyek. Oleh karena itu, hal yang paling dasar adalah membuat perencanaan yang baik. Perencanaan merupakan salah satu elemen penting agar proyek selesai tepat waktu. Dalam tahap perencanaan, hal yang direncanakan berupa anggaran dana, penjadwalan dari awal sampai akhir, jam orang yang dibutuhkan, material yang digunakan. Banyak metode yang digunakan dalam hal penjadwalan waktu kerja proyek, salah satu di antaranya adalah penjadwalan *CPM (Critical Path Method)*. CPM merupakan sebuah metode penjadwalan dengan menentukan durasi terlama dari rantai kejadian terpanjang untuk menyelesaikan sebuah proyek [9]. Tetapi dalam kenyataan yang terjadi di lapangan, perencanaan dengan menggunakan metode CPM dan metode tradisional lainnya dinilai kurang efisien karena tidak mempertimbangkan produktivitas dari setiap pekerjaan didalamnya dan masalah-masalah yang terkait akibat perilaku manusia yang condong menyebabkan adanya penambahan waktu penyelesaian proyek. Contohnya adalah perilaku manusia *student's syndrome*, *parkinson's law*, *multitasking* dan *overestimated activity durations* [7]. Sehingga terjadi perkembangan metode baru menjadi *Critical Chain Project Management (CCPM)*. CCPM pertama kali diperkenalkan pada tahun 1997 oleh Goldratt [5]. CCPM adalah sebuah metode perencanaan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam melakukan tugas-tugas yang ada di proyek. Tujuan dari penggunaan CCPM adalah meningkatkan

tingkat penyelesaian proyek dengan cara menghilangkan perilaku manusia seperti pada contoh diatas. Sehingga penyelesaian proyek akan lebih cepat dan efisien. Maka diharapkan dengan penggunaan metode ini dapat mempercepat penyelesaian proyek kedepannya dan menghemat biaya yang dikeluarkan.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka penelitian ini akan mengkaji dan menganalisis seberapa besar efisiensi waktu dalam Pekerjaan *Fly Over* pada proyek jalan tol dengan berdasarkan metode penjadwalan *CCPM (Critical Chain Project Management)*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kunci keberhasilan melaksanakan proyek tepat waktu adalah perencanaan dan penjadwalan proyek yang lengkap dan tepat. Keterlambatan dapat dianggap sebagai akibat tidak dipenuhinya rencana jadwal yang telah di buat, karena kondisi kenyataan tidak sama/sesuai dengan kondisi saat jadwal tersebut dibuat [1].

Orang yang bertanggung jawab dalam hal perencanaan dan penjadwalan proyek dengan demikian perlu memahami semua faktor yang melatar belakangi pembuatan jadwal proyek. Pemahaman faktor-faktor tersebut dilakukan dengan mengkaji enam tahapan yang ada dalam proses menjadwalkan tersebut, yakni:

- a. Identifikasi aktifitas-aktifitas proyek
- b. Estimasi durasi aktifitas
- c. Penyusunan rencana kerja proyek
- d. Penjadwalan aktifitas-aktifitas proyek
- e. Peninjauan kembali dan analisa terhadap jadwal yang telah dibuat
- f. Penerapan jadwal

Data kemajuan pelaksanaan fisik merupakan fungsi waktu. Tindakan monitoring atas waktu pelaksanaan proyek merupakan tindakan pengendalian setelah diikuti dengan tindakan pencegahan atau perbaikannya, sehingga tidak terjadi lagi keterlambatan. Jadi tindakan koreksi yang dilakukan manajer proyek dalam rangka pengendalian/kontrol adalah

menghilangkan faktor-faktor penghambat kelancaran pelaksanaan proyek.

Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan sumber daya yang ada [8]. Dalam penjadwalan suatu proyek konstruksi terdapat beberapa metode penjadwalan berbasis waktu dan biaya yang dapat digunakan antara lain:

- a. Metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)
- b. Metode CPM (*Critical Path Method*)
- c. Metode Bagan Balok (*Bar Charts*)
- d. Metode Kurva S (*Hanumn Curve*)
- e. Metode Keseimbangan Garis (*Line of Balance*)

Constraint pada sebuah proyek adalah *Critical Chain* dari proyek tersebut yang sangat berpengaruh pada tujuan semua proyek yaitu menyelesaikan proyek secepat mungkin. *Critical Chain* merupakan modifikasi dari *critical path*, yaitu jalur terpanjang dari proyek dengan memperhatikan baik urutan pekerjaan maupun ketergantungan dan pemakaian sumber daya [7]. Pada penjadwalan proyek dengan menggunakan metode tradisional, tiap durasi aktifitas telah mengandung *safety time (Buffer Time)* yang tersembunyi yang diberikan untuk meningkatkan probabilitas aktifitas tersebut dapat selesai lebih cepat dari yang direncanakan [6].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dengan metode analisa kuantitatif. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menguji hipotesis dengan tujuan untuk melihat apakah sebuah variabel dapat mempengaruhi variabel lainnya [3]. Penelitian kuantitatif dipilih untuk dapat mengukur pengaruh variabel-variabel independen, dependen, dan variabel lain. Peneliti akan menjawab tujuan dari penelitian ini dengan melihat pengaruh

dari variabel yang ada dalam penelitian ini. Variabel yang digunakan didalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Variabel independen (X) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat/variabel dependen. Variabel independen dalam penelitian ini adalah metode CCPM. Dengan indikator X1 metode pelaksanaan, X2 metode pengawasan, dan X3 *Buffer Time*. Variabel dependen (Y) adalah variabel yang dipengaruhi atau terikat dengan variabel dependen. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah efektivitas waktu kerja proyek.

4. POPULASI DAN SAMPEL

Untuk menentukan populasi penelitian, terlebih dahulu akan diuraikan secara detail tentang Populasi dan Sampel serta perbedaan di antara keduanya

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang memiliki kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari lalu ditarik kesimpulannya. [11]. Populasi dalam penelitian ini merupakan seluruh pekerja *Fly over* Proyek Jalan Tol Serbaraja (Serpong-Balaraja).

Penelitian ini mengambil sampel untuk kuisisioner yaitu dari *owner*, konsultan, dan kontraktor proyek jalan tol yakni *Project manager, Head Engineering, Site Manager, Site Engineer, Cost Control*, dan estimator dari perusahaan jasa konstruksi. Total sampel yang didapat pada kuisisioner ini sebanyak 31 kuisisioner.

5. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data primer dikumpulkan dengan penyebaran kuisisioner kepada pakar dengan tujuan untuk memvalidasi variabel penelitian. Responden adalah seseorang yang ikut dalam merencanakan dan proses pembangunan *fly over* jalan tol seperti tol bsd-balaraja, tol Jakarta-cikampek, tol

cimanggis-cibitung, tol kanci-pejagan, tol pejagan-pemalang.

Tabel 1. Data Faktor Variabel X1

Variabel	Faktor
X1.1	Metode ini dapat mengidentifikasi jenis pekerjaan proyek yang dianggap kritis
X1.2	Metode ini dapat mengidentifikasi tahapan pekerjaan yang dianggap kritis
X1.3	Pekerja tidak mengerjakan banyak pekerjaan sekaligus dalam 1 waktu, namun mengerjakan satu per satu pekerjaan hingga selesai baru melaksanakan pekerjaan lainnya

Tabel 2. Data Faktor Variabel X2

Variabel	Faktor
X2.1	Metode ini dapat menghilangkan <i>Student syndrome</i> (pekerja menunda-nunda pekerjaan dan baru dikerjakan di akhir durasi)
X2.2	Metode ini dapat menghilangkan <i>Parkinson's law</i> (pekerja menunda-nunda pekerjaan hingga durasi kerja habis)
X2.3	Metode ini dapat menghilangkan <i>Murphys's law</i> (terjadi kesalahan atau keterlambatan sesuai yang diprediksi di awal)

Tabel 3. Data Faktor Variabel X3

Variabel	Faktor
X3.1	Adanya waktu tambahan pada aktivitas kritis dalam proyek menjadikan proyek selesai sesuai durasi yang direncanakan
X3.2	Adanya waktu cadangan pada aktivitas non kritis (aktivitas biasa) dapat mengurangi dampak akibat perubahan aktivitas proyek dari yang telah direncanakan
X3.3	Pengelolaan risiko yang baik dapat menjadikan waktu proyek lebih efisien

Variabel	Faktor
X3.4	Adanya waktu pengaman akan dapat mengantisipasi mengatasi hambatan kerja proyek agar tetap tepat waktu
X3.5	Keterbatasan sumber daya dapat menghambat waktu kerja proyek

Tabel 4. Data Faktor Variabel Y

Variabel	Faktor
Y1	Melakukan identifikasi terlebih dahulu pekerjaan pada tingkat yang paling rendah dalam Work Breakdown Structure
Y2	Menyusun urutan waktu kegiatan proyek
Y3	Melakukan estimasi kebutuhan sumber daya apa saja dan berapa jumlah yang dibutuhkan dalam proyek
Y4	Melakukan estimasi waktu pada masing-masing urutan pekerjaan proyek
Y5	Melakukan pengembangan jadwal dari rangkuman urutan kegiatan kerja, waktu kerja, sumber daya, dan estimasi kendala
Y6	Melakukan pengawasan/kontrol terhadap jadwal yang telah dibuat

Kuesioner penelitian berhasil dikumpulkan sebanyak 31 responden dengan gambaran data responden sebagai berikut:

Tabel 5. Gambaran Data Responden Penelitian

No	Gambaran Data Responden	Jumlah Responden	Persen tase
1.	Usia		
	< 20 tahun	5	16,1%
	20 tahun – 30 tahun	11	35,5%
	31 tahun – 40 tahun		
	> 41 tahun	10	32,3%
		5	16,1%

No	Gambaran Data Responden	Jumlah Responden	Persen tase
2.	Jabatan		
	Head Engineering		
	Project Manager	4	12,9%
	Site Manager	4	12,9%
	Site Engineer	4	12,9%
	Cost Control	4	12,9%
	Estimator	9	29%
		6	19,4%
3.	Pendidikan		
	SMA/SMK	1	3,2%
	D3	10	32,3%
	S1	17	54,8%
	S2	3	9,7%
4.	Pengalaman Kerja		
	< 5 tahun	12	38,8%
	6 tahun – 10 tahun	5	16,1%
	11 tahun – 15 tahun		
	> 15 tahun	9	29%
		5	16,1%
5	Kelamin		
	Laki-laki	23	74,2%
	Perempuan	8	25,8%

Uji validitas

Uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau validnya suatu kuisisioner [4]. Instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur apa yang diinginkan. Valid tidaknya instrumen ditentukan dengan cara mengkonsultasikan hasil perhitungan korelasi dengan r pada taraf kepercayaan 5%. Apabila R_{hitung} lebih besar dari R_{tabel} , maka instrumen dinyatakan valid dan layak digunakan [4]. Berikut adalah hasil output dari uji dengan menggunakan program SPSS.

Tabel 6. Uji Validitas

No.	Rhitung	Rtabel	Kriteria
X1.1	0,493	0,3550	Valid
X1.2	0,446	0,3550	Valid
X1.3	0,609	0,3550	Valid

No.	Rhitung	Rtabel	Kriteria
X2.1	0,616	0,3550	Valid
X2.2	0,609	0,3550	Valid
X2.3	0,667	0,3550	Valid
X3.1	0,772	0,3550	Valid
X3.2	0,668	0,3550	Valid
X3.3	0,553	0,3550	Valid
X3.4	0,717	0,3550	Valid
X3.5	0,6691	0,3550	Valid
Y1	0,642	0,3550	Valid
Y2	0,521	0,3550	Valid
Y3	0,645	0,3550	Valid
Y4	0,558	0,3550	Valid
Y5	0,652	0,3550	Valid
Y6	0,685	0,3550	Valid

Berdasarkan pengujian pada tabel uji validitas diatas, diketahui bahwa nilai r hitung dari semua indikator variabel lebih besar dari nilai r tabelnya untuk $N = 31$ dengan $df = 1$ taraf kepercayaan 5% yaitu sebesar 0,3550. (0.3550). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa semua indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah valid.

Uji reliabilitas

Suatu kuesioner dikatakan reliabel atau handal jika jawaban seseorang terhadap pertanyaan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu. Uji reliabilitas adalah tingkat kestabilan suatu alat pengukur dalam mengukur suatu gejala/kejadian. Suatu konstruk dikatakan reliabel jika memberikan nilai *Cronbach Alpha* > 0,5. Adapun hasil uji reliabilitas dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 7. Hasil Uji Realibilitas

Variabel	Nilai Cronbach h's Alpha	Minimal Cronbach h's Alpha	Kesimpulan
Metode Pelaksanaan	0,740	> 0.5	Reliabel
Metode Pengawasan	0,897	> 0.5	Reliabel
Buffer Time	0,884	> 0.5	Reliabel
Perencanaan Waktu	0,925	> 0.5	Reliabel

Berdasarkan pengujian pada tabel uji reliabilitas, diketahui bahwa semua variabel mempunyai nilai Cronbach Alpha lebih besar dari 0,5. Maka dapat disimpulkan bahwa keseluruhan variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah reliabel.

Uji normalitas

Uji normalitas menggunakan tes Kolmogorov-Smirnov dimana didapatkan hasil Asymp. Sig. (2-tailed) > 0,05 yang berarti bawah data terdistribusi dengan normal.

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
Unstandardized Residual		
N		31
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.26079499
Most Extreme Differences	Absolute	.108
	Positive	.105
	Negative	-.108
Test Statistic		.108
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Dari tabel diatas didapatkan hasil Asymp. Sig. (2-tailed) 0.200 yang berarti lebih dari 5% atau 0,05 berarti data sudah berdistribusi normal.

Uji determinasi

Tabel 9. Hasil Uji Determinasi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.967 ^a	.934	.927	1.32899

a. Predictors: (Constant), Buffer Time, Metode Pelaksanaan, Metode Pengawasan

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai Adjusted R2 yang diperoleh sebesar 0,927. Ini berarti bahwa Perencanaan Waktu perhitungan tersebut dapat dijelaskan oleh variabel bebasnya yaitu metode pelaksanaan, metode pengawasan, dan buffer time sebesar 92,7%. Sisanya 7,3% ditentukan oleh variabel lain yang tidak dianalisis dalam penelitian ini.

Uji Anova

Dasar pengambilan keputusan uji F simultan yaitu:

Jika nilai sig. < 0,05 maka variabel independen (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel dependet (Y).

Jika Fhitung > Ftabel, dimana diketahui Ftabel = (k; n-k) = (3; 31-3) = (3; 28) = 2,95

Tabel 10. Hasil Uji F

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	678.185	3	226.062	127.991	.000 ^b
	Residual	47.687	2	1.766		
	Total	725.873	3			

a. Dependent Variable: Perencanaan Waktu

b. Predictors: (Constant), Buffer Time, Metode Pelaksanaan, Metode Pengawasan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai signifikansi sebesar 0,000 yaitu di bawah 0,05 dan nilai Fhitung = 127,991 yaitu lebih besar dari Ftabel 2,95. Artinya bahwa semua variabel yang diukur secara simultan atau bersama-sama memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perencanaan waktu.

Uji hipotesis

Dasar pengambilan keputusan uji t parsial yaitu:

1. Jika nilai sig. < 0,05 maka variabel independen (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel dependet (Y).
2. Jika thitung > ttabel, dimana diketahui ttabel = (α/2; n-k-1) = (0,05/2; 31-3-1) = (0,025; 27) = 2,05183.

Tabel 11. Hasil Uji t

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	-3.438	.641	-.536	.000
	Metode Pelaksanaan	.129	.285	.048	.655
	Metode Pengawasan	.323	.338	.119	.259
	Buffer Time	1.405	.202	.817	.000

a. Dependent Variable: Perencanaan Waktu

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa secara parsial, variabel Metode *Buffer Time* berpengaruh signifikan terhadap Perencanaan Waktu sedangkan Variabel Metode pelaksanaan dan Metode Pengawasan Tidak berpengaruh terhadap Perencanaan Waktu. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan [12] yang menyatakan bahwa: Hasil regresi dengan variabel diperoleh nilai konstanta dan nilai koefisien yang dapat *buffer time* memiliki pengaruh dalam perencanaan waktu proyek.

Hasil uji t tersebut disubstitusikan dalam persamaan:

$$Y = \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = -3.438+0.129X_1+0.323X_2+1.405X_3 + \varepsilon$$

dengan Y = Perencanaan Waktu, α = Konstanta, β1 – β4 = Koefisien regresi, X1=

Metode Pelaksanaan, $X_2 =$ Metode Pengawasan, $X_3 =$ *Buffer Time*, $\varepsilon =$ Error.

Persamaan tersebut memiliki arti:

- a. Nilai konstanta sebesar -3.438 menunjukkan ketika Metode Pelaksanaan, Metode Pengawasan, dan *Buffer Time* bernilai nol, maka *capital gain* akan bernilai -3.438.
- b. Koefisien regresi Metode Pelaksanaan sebesar 0.129 hal ini berarti bahwa setiap adanya perubahan 1 satuan tingkat maka akan menaikkan perencanaan waktu sebesar 0.129. Artinya terdapat hubungan searah (positif).
- c. Koefisien regresi Metode Pengawasan sebesar 0,323 hal ini berarti bahwa setiap adanya perubahan 1 satuan tingkat maka akan menaikkan perencanaan waktu sebesar 0.323. Artinya terdapat hubungan searah (positif).
- d. Koefisien regresi *Buffer Time* sebesar 1.405 hal ini berarti bahwa setiap

adanya perubahan 1 satuan tingkat maka akan menaikkan perencanaan waktu sebesar 1.405. Artinya terdapat hubungan searah (positif).

Analisis Penerapan *Critical Chain Management*

1. Penjadwalan Proyek

Dari data yang diperoleh akan dihitung durasi pengerjaan Pembangunan *Fly Over* Jalan Tol dengan menggunakan software MS. Project 2010 dengan mengaplikasikan metode CPM (*Critical Path Method*) dan CCPM (*Critical Chain Project Management*). Namun terlebih dahulu dilakukan penyusunan WBS dari data yang telah diperoleh agar aktivitas-aktivitas dalam proyek tersebut saling ketergantungan sesuai data dari PT. Trans Serbaraja. Dalam proyek ini perencanaan pembangunan *fly over* dilakukan mulai tanggal 25 Juni 2019 sampai dengan 31 Desember 2020.

Tabel 12. Penjadwalan Proyek

No	Kode Kegiatan	Kegiatan	Durasi (hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
1	A	Pekerjaan Persiapan	28	Tue 25 Jun '19	Mon 22 Jul '19	-	G, L, R
2	C	Borepile A2	6	Mon 12 Aug '19	Sun 18 Aug '19	A	E
3	D	Galian, Tes & LC A2	5	Mon 19 Aug '19	Fri 23 Aug '19	A	E
4	E	Pile Cap A2	18	Sat 24 Aug '19	Tue 10 Sept '19	C dan D	F
5	F	Wall A2	17	Wed 11 Sep '19	Fri 27 Sep '19	E	AM
6	G	Borepile P5	27	Mon 15 Jul '19	Sat 10 Aug '19	A	H
7	H	Galian, Tes & LC P5	16	Sat 10 Aug '19	Tue 27 Aug '19	G	I

No	Kode Kegiatan	Kegiatan	Durasi (hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
8	I	Pile Cap P5	13	Tue 27 Aug '19	Mon 09 Sep '19	H	J
9	J	Pier P5	31	Tue 10 Sep '19	Thu 10 Oct '19	I	K
10	K	Pier Head P5	20	Tue 17 Oct '19	Tue 05 Nov '19	J	
11	L	Borepile P4	27	Wed 07 Aug '19	Wed 04 Sep '19	A	M
12	M	Galian, Tes & LC P4	22	Mon 09 Sept '19	Mon 30 Sep '19	L	N
13	N	Pile Cap P4	32	Sat 28 Sept '19	Tue 29 Oct '19	M	O
14	O	Pier P4	40	Fri 25 Oct '19	Tue 03 Dec '19	N	P
15	P	Pier Head P4 Tahap 1	48	Wed 04 Dec '19	Tue 21 Jan '20	O, K, AM	Q, S, X, AD, AI, AQ
16	Q	Pier Head P4 Tahap 2	47	Wed 22 Jan '20	Thu 12 Mar '20	P	AU
17	R	Sheet Pile P3	52	Tue 23 Jul '19	Sat 14 Sep '19	A	S
18	S	Galian, Tes & LC P3	21	Tue 21 Jan '20	Mon 10 Feb '20	R, P	T
19	T	Pile Cap P3	19	Tue 11 Feb '20	Sat 29 Feb '20	S	U
20	U	Pier P3	53	Sun 01 Mar '20	Wed 22 Apr '20	T	V
21	V	Pier Head P3	81	Thu 23 Apr '20	Mon 27 Jul '20	U	AU
22	W	MOB EQUIPME NT BOR KE TIMUR CISADANE	7	Thu 23 Jan '20	Wed 29 Jan '20	P	AU
23	X	Sheet Pile P2	23	Thu 23 Jan '20	Fri 14 feb '20	W	Y
24	Y	Borepile P2	28	Sun 16 Feb '20	Sat 14 Mar '20	X	Z

No	Kode Kegiatan	Kegiatan	Durasi (hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
25	Z	Galian, Tes & LC P2	37	Sun 15 Mar '20	Mon 20 Apr '20	Y	AA
26	AA	Pile Cap P2	21	Tue 21 Apr '20	Mon 11 May '20	Z	AB
27	AB	Pier P2	53	Tue 12 May '20	Sat 18 Jul '20	AA	AC
28	AC	Pier Head P2	81	Tue 28 Jul '20	Fri 16 Oct '20	AB	AE
29	AD	Borepile P1	20	Thu 30 Jan '20	Tue 18 Feb '20	P	AF
30	AE	Galian, Tes & LC P1	35	Wed 19 Feb '20	Tue 24 Mar '20	AD	AG
31	AF	Pile Cap P1	27	Wed 25 Mar '20	Mon 20 Apr '20	AE	AH
32	AG	Pier P1	42	Tue 21 Apr '20	Tue 16 Jun '20	AF	AU
33	AH	Pier Head P1	81	Wed 17 Jun '20	Sat 05 Sep '20	AG	AJ, AP
34	AI	Borepile A1	6	Thu 30 Jan '20	Tue 04 Feb '20	P	AK, AO, AR
35	AJ	Galian, Tes & LC A1	19	Wed 05 Feb '20	Sun 23 Feb '20	AI	AL, AS, AT
36	AK	Pile Cap A1	21	Mon 24 Feb '20	Sun 15 Mar '20	AJ	AN
37	AL	Wall A1	17	Mon 16 Mar '20	Wed 01 Apr '20	AK	P
38	AM	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A2	23	Wed 06 Nov '19	Thu 28 Nov '19	F	AU
39	AN	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A1	35	Thu 02 Apr '20	Wed 06 May '20	AL	AU
40	AO	Pekerjaan Elastomer	210	Fri 28 Feb '20	Fri 09 Oct '20	AJ	AU

No	Kode Kegiatan	Kegiatan	Durasi (hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
		ic Bearing Pad					
41	AP	Pekerjaan Launcing Gantry	287	Fri 07 Feb '20	Fri 04 Dec '20	AI	AU
42	AQ	Pekerjaan Erection PCI Girder	266	Fri 24 Jan '20	Fri 30 Oct '20	P	AU
43	AR	Pekerjaan Diafragma	231	Fri 13 Mar '20	Fri 13 Nov '20	AJ	AU
44	AS	Pekerjaan Deck & Plat Lantai	237	Fri 27 Mar '20	Thu 03 Dec '20	AK	AU
45	AT	Pekerjaan Parapet	225	Thu 16 Apr '20	Fri 11 Dec '20	AK	AU
46	AU	Pekerjaan Lain - Lain	27	Fri 04 Dec '20	Thu 31 Dec '20	Q,V,W,AC,AH,AN,A O,AP,AW,AR,AS,AT	

Langkah-langkah penyusunan *network planning*

- a. Melakukan pengkajian dan pengindentifikasian lingkup proyek, menguraikan atau memecahkan menjadi kegiatan-kegiatan pada proyek. Setelah mendapatkan data waktu dan kegiatan kerja yang sudah dalam bentuk WBS (*Work Breakdown Structure*) maka akan mudah untuk menghitung manual dengan menggunakan CPM, dengan cara membuat diagram jaringan kegiatan yang saling ketergantungan untuk network diagram dan kegiatan apa saja di setiap lintasan. Dari hasil Tabel 12 maka sudah bisa dimulai untuk pembuatan *network* diagram. Langkah selanjutnya adalah menganalisa waktu pelaksana kegiatan. Tujuannya adalah untuk mengetahui kurun waktu bagi setiap kegiatan dan menggambarkan jaringan kerja, seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini:
- b. Setelah dilakukan perhitungan maju untuk mendapatkan ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) maka

dilanjutkan dengan perhitungan mundur untuk mendapatkan nilai LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*) seperti yang terlihat pada tabel berikut ini:

Dari hasil perhitungan nilai LS dan LF diatas, contoh yang didapatkan LS peristiwa AU adalah 493. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peristiwa AU paling lambat dimulai pada hari ke 493. Sedangkan LF peristiwa AU adalah 520. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peristiwa AU paling lambat selesai dikerjakan pada hari ke 520.

- c. Mengidentifikasi Jalur Kritis, Total *Float*, dan Kurun Waktu Penyelesaian proyek Yang dimaksud dengan jalur kritis pada langkah ini adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kegiatan yang berada dalam jalur ini disebut kegiatan kritis. Sedangkan *float* adalah tenggang waktu suatu kegiatan tertentu yang non kritis dari proyek.

Tabel 13. *Float*

<i>N o</i>	<i>Kode Kegiatan</i>	<i>Nama Kegiatan</i>	<i>Prodesesor</i>	<i>Duras i</i>	<i>ES</i>	<i>LS</i>	<i>EF</i>	<i>LF</i>	<i>TF</i>
Pekerjaan Persiapan									
1	A	Pekerjaan Persiapan Tahap 1	-	20	0	0	20	20	0
2	B	Pekerjaan Persiapan Tahap 2	A	8	20	20	28	29	1
Pekerjaan Struktur Bawah									
A2									
3	C	Borepile A2	B	6	28	28	34	94	60
4	D	Galian, Tes & LC A2	B	5	28	28	33	94	61
5	E	Pile Cap A2	C, D	18	34	94	52	11 2	60
6	F	Wall A2	E	17	52	11 2	69	12 9	60
P5									
7	G	Borepile P5	A	27	20	20	47	72	25
8	H	Galian, Tes & LC P5	G	16	47	72	63	88	25
9	I	Pile Cap P5	H	13	63	88	76	10 1	25
10	J	Pier P5	I	31	76	10 1	10 7	13 2	25
11	K	Pier Head P5	J	20	10 7	13 2	12 7	15 2	25
P4									
12	L	Borepile P4	B	27	28	28	50	50	0
13	M	Galian, Tes & LC P4	L	22	50	50	72	72	0
14	N	Pile Cap P4	M	32	72	72	10 4	10 4	0
15	O	Pier P4	N	40	10 4	10 4	15 2	15 2	0
16	P	Pier Head P4 Tahap 1	O,K,AM	48	15 2	15 2	20 0	20 0	0
17	Q	Pier Head P4 Tahap 2	P	47	20 0	20 0	24 7	49 3	24 6

<i>N o</i>	<i>Kode Kegiatan</i>	<i>Nama Kegiatan</i>	<i>Prodesesor</i>	<i>Duras i</i>	<i>ES</i>	<i>LS</i>	<i>EF</i>	<i>LF</i>	<i>TF</i>
P3									
18	R	Sheet Pile P3	A	52	20	20	72	200	128
19	S	Galian, Tes & LC P3	R,P	21	200	200	221	340	119
20	T	Pile Cap P3	S	19	221	340	240	359	119
21	U	Pier P3	T	53	240	359	293	412	119
22	V	Pier Head P3	U	81	293	412	374	493	119
MOB EQUIPMENT BOR KE TIMUR CISADANE									
23	W	MOB EQUIPMENT BOR KE TIMUR CISADANE	P	7	200	200	207	493	286
P2									
24	X	Sheet Pile P2	P	23	200	200	223	407	184
25	Y	Borepile P2	X	28	223	407	251	435	184
26	Z	Galian, Tes & LC P2	Y	37	251	435	288	472	184
27	AA	Pile Cap P2	Z	21	288	472	309	493	184
28	AB	Pier P2	AA	53	309	493	362	412	50
28	AC	Pier Head P2	AB	81	362	412	443	493	50
P1									
29	AD	Borepile P1	P	20	200	200	220	308	88
30	AE	Galian, Tes & LC P1	AD	35	220	308	255	343	88
31	AF	Pile Cap P1	AE	27	255	343	282	370	88
32	AG	Pier P1	AF	42	282	370	324	412	88
33	AH	Pier Head P1	AG	81	324	412	405	493	88
A1									

<i>No</i>	<i>Kode Kegiatan</i>	<i>Nama Kegiatan</i>	<i>Prodesesor</i>	<i>Durasi</i>	<i>ES</i>	<i>LS</i>	<i>EF</i>	<i>LF</i>	<i>TF</i>
34	AI	Borepile A1	P	6	200	200	206	206	0
35	AJ	Galian, Tes & LC A1	AI	19	206	206	225	262	37
36	AK	Pile Cap A1	AJ	21	225	262	246	256	10
37	AL	Wall A1	AK	17	246	256	263	458	195
38	AM	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A2	F	23	69	129	92	152	60
39	AN	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A1	AL	35	263	458	298	493	195
Pekerjaan Struktur Atas									
40	AO	Pekerjaan Elastomeric Bearing Pad	AJ	210	225	262	435	493	58
41	AP	Pekerjaan Launcing Gantry	AI	287	206	206	493	493	0
42	AQ	Pekerjaan Erection PCI Girder	P	266	200	200	466	493	27
43	AR	Pekerjaan Diafragma	AJ	231	225	262	456	493	37
44	AS	Pekerjaan Deck & Plat Lantai	AK	237	246	256	483	493	10
45	AT	Pekerjaan Parapet	AK	225	246	256	471	493	22
Pekerjaan Lain - Lain									
46	AU	Pekerjaan Lain - Lain	Q,V,W,AC,AH,AN,AO,AP,AW,AR,AS,AT	27	493	493	520	520	0

Dari perhitungan *Float* di tabel 13, maka dapat ditentukan lintasan kritis dimana lintasan kritis memiliki total *float* = 0, sehingga dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kegiatan yang memiliki total *float* = 0 adalah kegiatan A-L-M-N-O-P-AI-AP-AU, maka jalur yang melewati kegiatan-kegiatan ini adalah kritis.

- b. Waktu total penyelesaian proyek Pembangunan *Fly Over* Jalan Tol adalah 520 hari.

Pengaplikasian metode *critical chain project management*

- a. Pengurangan Durasi Kegiatan Langkah pertama dalam pengaplikasian metode CCPM adalah melakukan pengurangan durasi masing-masing kegiatan sebesar 50%

dari durasi CPM [7]. Pengurangan ini bertujuan untuk menghilangkan *safety times* sehingga permasalahan seperti *Student's Syndrome*, *Parkinson's Law*, *Multitasking*, dan *Overestimated Activity Durations* dapat dihilangkan. Perhitungan pengurangan durasi kegiatan dapat dilihat pada tabel 14 berikut ini:

Tabel 14. Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan

No	Kode Kegiatan	Kegiatan	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah	Durasi (Hari)
1	A	Pekerjaan Persiapan	-	G, L, R	28
2	C	Borepile A2	A	E	6
3	D	Galian, Tes & LC A2	A	E	5
4	E	Pile Cap A2	C dan D	F	18
5	F	Wall A2	E	AM	17
6	G	Borepile P5	A	H	27
7	H	Galian, Tes & LC P5	G	I	16
8	I	Pile Cap P5	H	J	13
9	J	Pier P5	I	K	31
10	K	Pier Head P5	J		20
11	L	Borepile P4	A	M	27
12	M	Galian, Tes & LC P4	L	N	22
13	N	Pile Cap P4	M	O	32
14	O	Pier P4	N	P	40
15	P	Pier Head P4 Tahap 1	O, K, AM	Q, S, X, AD, AI, AQ	48
16	Q	Pier Head P4 Tahap 2	P	AU	47
17	R	Sheet Pile P3	A	S	52
18	S	Galian, Tes & LC P3	R, P	T	21
19	T	Pile Cap P3	S	U	19
20	U	Pier P3	T	V	53
21	V	Pier Head P3	U	AU	81
22	W	MOB EQUIPMENT BOR KE TIMUR CISADANE	P	AU	7
23	X	Sheet Pile P2	W	Y	23
24	Y	Borepile P2	X	Z	28

No	Kode Kegiatan	Kegiatan	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah	Durasi (Hari)
25	Z	Galian, Tes & LC P2	Y	AA	37
26	AA	Pile Cap P2	Z	AB	21
27	AB	Pier P2	AA	AC	53
28	AC	Pier Head P2	AB	AE	81
29	AD	Borepile P1	P	AF	20
30	AE	Galian, Tes & LC P1	AD	AG	35
31	AF	Pile Cap P1	AE	AH	27
32	AG	Pier P1	AF	AU	42
33	AH	Pier Head P1	AG	AJ, AP	81
34	AI	Borepile A1	P	AK, AO, AR	6
35	AJ	Galian, Tes & LC A1	AI	AL, AS, AT	19
36	AK	Pile Cap A1	AJ	AN	21
37	AL	Wall A1	AK	P	17
38	AM	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A2	F	AU	23
39	AN	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A1	AL	AU	35
40	AO	Pekerjaan Elastomeric Bearing Pad	AJ	AU	210
41	AP	Pekerjaan Launcing Gantry	AI	AU	287
42	AQ	Pekerjaan Erection PCI Girder	P	AU	266
43	AR	Pekerjaan Diafragma	AJ	AU	231
44	AS	Pekerjaan Deck & Plat Lantai	AK	AU	237
45	AT	Pekerjaan Parapet	AK	AU	225
46	AU	Pekerjaan Lain - Lain	Q,V,W,AC,A H,AN,AO,AP, AW,AR,AS,A T		27

b. Memasukan *Buffer* pada Penjadwalan CCPM

Pengurangan durasi aktivitas pada metode ini menyebabkan resiko keterlambatan semakin besar. Maka dari itu, *buffer* atau waktu penyangga harus diaplikasikan agar kegiatan tidak terlambat. *Buffer* ditambahkan

kedalam waktu proyek yang durasi aktivitasnya dikurangi dengan tujuan dihasilkannya jadwal yang lebih aman. Pada tugas akhir ini digunakan metode RSEM (*Root Square Method*). Cara ini sama dengan menghitung dua standar deviasi dengan memasukan durasi CPM (S) dan durasi CCPM (A)

yang besarnya 50% dari estimasi aman. Besarnya *buffer* didapat dengan menyelesaikan persamaan berikut:

$$\text{Buffer Size} = 2 \times \frac{S_1 - A_1^2}{2} + \frac{S_1 - A_2^2}{2} + \dots + \frac{S_n - A_n^2}{2} \quad (1)$$

dengan S = durasi CPM, A = durasi CCPM.

Dari persamaan diatas maka didapat hasil perhitungan *buffer* yang dapat dilihat dalam tabel 15 berikut ini:

Tabel 15. Perhitungan Buffer

No	Kode Kegiatan	Nama Kegiatan	Prodesesor	Durasi		(S-A)/2	((S-A)/2)^2
				CPM	CPMM		
Pekerjaan Persiapan							
1	A	Pekerjaan Persiapan Tahap 1	-	20	10	5	25
2	B	Pekerjaan Persiapan Tahan 2	A	8	4	2	4
Pekerjaan Struktur Bawah							
A2							
3	C	Borepile A2	B	6	3	1.5	2.25
4	D	Galian, Tes & LC A2	B	5	2.5	1.25	1.5625
5	E	Pile Cap A2	C,D	18	9	4.5	20.25
6	F	Wall A2	E	17	8.5	4.25	18.0625
P5							
7	G	Borepile P5	A	27	13.5	6.75	45.5625
8	H	Galian, Tes & LC P5	G	16	8	4	16
9	I	Pile Cap P5	H	13	6.5	3.25	10.5625
10	J	Pier P5	I	31	15.5	7.75	60.0625
11	K	Pier Head P5	J	20	10	5	25
P4							
12	L	Borepile P4	B	27	13.5	6.75	45.5625
13	M	Galian, Tes & LC P4	L	22	11	5.5	30.25
14	N	Pile Cap P4	M	32	16	8	64
15	O	Pier P4	N	40	20	10	100
16	P	Pier Head P4 Tahap 1	O,K,AM	48	24	12	144
17	Q	Pier Head P4 Tahap 2	P	47	23.5	11.75	138.0625
P3							
18	R	Sheet Pile P3	A	52	26	13	169
19	S	Galian, Tes & LC P3	R,P	21	10.5	5.25	27.5625

No	Kode Kegiatan	Nama Kegiatan	Prodesesor	Durasi		(S-A)/2	((S-A)/2)^2
				CPM	CPMM		
20	T	Pile Cap P3	S	19	9.5	4.75	22.5625
21	U	Pier P3	T	53	26.5	13.25	175.5625
22	V	Pier Head P3	U	81	40.5	20.25	410.0625
MOB EQUIPMENT BOR KE TIMUR CISADANE							
23	W	MOB EQUIPMENT BOR KE TIMUR CISADANE	P	7	3.5	1.75	3.0625
P2							
24	X	Sheet Pile P2	P	23	11.5	5.75	33.0625
25	Y	Borepile P2	X	28	14	7	49
26	Z	Galian, Tes & LC P2	Y	37	18.5	9.25	85.5625
27	AA	Pile Cap P2	Z	21	10.5	5.25	27.5625
28	AB	Pier P2	AA	53	26.5	13.25	175.5625
28	AC	Pier Head P2	AB	81	40.5	20.25	410.0625
P1							
29	AD	Borepile P1	P	20	10	5	25
30	AE	Galian, Tes & LC P1	AD	35	17.5	8.75	76.5625
31	AF	Pile Cap P1	AE	27	13.5	6.75	45.5625
32	AG	Pier P1	AF	42	21	10.5	110.25
33	AH	Pier Head P1	AG	81	40.5	20.25	410.0625
A1							
34	AI	Borepile A1	P	6	3	1.5	2.25
35	AJ	Galian, Tes & LC A1	AI	19	9.5	4.75	22.5625
36	AK	Pile Cap A1	AJ	21	10.5	5.25	27.5625
37	AL	Wall A1	AK	17	8.5	4.25	18.0625
38	AM	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A2	F	23	11.5	5.75	33.0625
39	AN	Pekerjaan Timbunan Granular & Plat Injak A1	AL	35	17.5	8.75	76.5625
Pekerjaan Struktur Atas							
40	AO	Pekerjaan Elastomeric Bearing Pad	AJ	210	105	52.5	2756.25

No	Kode Kegiatan	Nama Kegiatan	Prodesesor	Durasi		(S-A)/2	((S-A)/2)^2
				CPM	CPMM		
41	AP	Pekerjaan Launcing Gantry	AI	287	143.5	71.75	5148.0625
42	AQ	Pekerjaan Erection PCI Girder	P	266	133	66.5	4422.25
43	AR	Pekerjaan Diafragma	AJ	231	115.5	57.75	3335.0625
44	AS	Pekerjaan Deck & Plat Lantai	AK	237	118.5	59.25	3510.5625
45	AT	Pekerjaan Parapet	AK	225	112.5	56.25	3164.0625
Pekerjaan Lain-Lain							
46	AU	Pekerjaan Lain - Lain	Q,V,W,AC,A H,AN,AO,AP, AW,AR,AS,A T	27	13.5	6.75	45.5625

Dari tabel 15 mendapatkan hasil yaitu data pada kolom (1) dan kolom (2) yang nanti akan dipergunakan dalam perhitungan selanjutnya yaitu menghitung *Feeding Buffer* dan *Project Buffer*. Menghitung *Feeding Buffer* Dalam metode CCPM ada beberapa jenis *buffer* yang digunakan yaitu *project buffer* dan *feeding buffer*. Keduanya memiliki perbedaan yaitu *feeding buffer*

diletakan pada akhir rantai non kritis dan *project buffer* diletakan pada akhir kegiatan. Memasukan *feeding buffer* bertujuan untuk mengamankan rantai non kritis dari keterlambatan sehingga tidak membahayakan rantai kritis. Besarnya *buffer* dihitung menggunakan persamaan *buffer size* dengan hasil dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 16. Summary Perhitungan *Feeding Buffer*

No	Jalur Non Kritis	Feeding Buffer	
		Hari	Jam
1	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AQ-AU	138.4774	3323.458
2	JALUR A-G-H-I-J-K-P-Q-AU	45.15806	1083.793
3	JALUR A-G-H-I-J-K-P-S-T-U-V-AU	63.48228	1523.575
4	JALUR A-G-H-I-J-K-P-X-Y-Z-AA-AB-AC-AU	67.89882	1629.572
5	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AD-AE-AF-AG-AH-AU	64.47286	1547.349
6	JALUR NON KRITIS A-G-H-I-J-K-P-AI-AJ-AK-AL-AN-AU	45.55217	1093.252
7	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AI-AJ-AK-AS-AU	125.4542	3010.9
8	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AI-AJ-AK-AT-AU	119.803	2875.271
9	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AI-AJ-AK-AT-AU	122.1741	2932.177
10	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AI-AJ-AO-AU	112.2998	2695.196
11	JALUR A-G-H-I-J-K-P-AI-AP-AU	148.6212	3566.908
12	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AQ-AU	137.3235	3295.765

No	Jalur Non Kritis	Feeding Buffer	
		Hari	Jam
13	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-Q-AU	41.48494	995.6385
14	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-S-T-U-V-AU	60.92413	1462.179
15	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-X-Y-Z-AA-AB-AC-AU	65.51336	1572.321
16	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AD-AE-AF-AG-AH-AU	61.95563	1486.935
17	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AL-AN-AU	41.9136	1005.926
18	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AS-AU	124.1793	2980.303
19	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AT-AU	118.4673	2843.215
20	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AT-AU	120.8646	2900.75
21	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AI-AJ-AO-AU	110.8738	2660.971
22	JALUR A-B-C-E-F-AM-P-AI-AP-AU	147.5466	3541.118
23	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AQ-AU	137.3135	3295.524
24	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-Q-AU	41.45178	994.8427
25	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-S-T-U-V-AU	60.90156	1461.637
26	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-X-Y-Z-AA-AB-AC-AU	65.49237	1571.817
27	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AD-AE-AF-AG-AH-AU	61.93343	1486.402
28	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AL-AN-AU	41.88078	1005.139
29	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AS-AU	124.1682	2980.038
30	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AT-AU	118.4557	2842.937
31	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AI-AJ-AK-AT-AU	120.8532	2900.477
32	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AI-AJ-AO-AU	110.8614	2660.674
33	JALUR A-B-D-E-F-AM-P-AI-AP-AU	147.5373	3540.895
34	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AQ-AU	139.7229	3353.351
35	JALUR A-B-L-M-N-O-P-Q-AU	48.84414	1172.259
36	JALUR A-B-L-M-N-O-P-S-T-U-V-AU	66.15512	1587.723
37	JALUR A-B-L-M-N-O-P-X-Y-Z-AA-AB-AC-AU	70.40419	1689.701
38	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AD-AE-AF-AG-AH-AU	67.10626	1610.55
39	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AI-AJ-AK-AL-AN-AU	49.20874	1181.01
40	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AI-AJ-AK-AS-AU	126.8276	3043.863
41	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AI-AJ-AK-AT-AU	121.2405	2909.771
42	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AI-AJ-AK-AT-AU	123.584	2966.016
43	JALUR A-B-L-M-N-O-P-AI-AJ-AO-AU	113.8321	2731.971
44	JALUR A-R-AQ-AU	136.5549	3277.318
45	JALUR A-R-Q-AU	38.86515	932.7636
46	JALUR A-R-S-T-U-V-AU	59.17136	1420.113
47	JALUR A-R-X-Y-Z-AA-AB-AC-AU	63.88662	1533.279
48	JALUR A-R-X-Y-Z-AA-AB-AC-AU	60.23288	1445.589

No	Jalur Non Kritis	Feeding Buffer	
		Hari	Jam
49	JALUR A-R-AI-AJ-AK-AL-AN-AU	39.32239	943.7373
50	JALUR A-R-AI-AJ-AK-AS-AU	123.3288	2959.892
51	JALUR A-R-AI-AJ-AK-AT-AU	117.5755	2821.812
52	JALUR A-R-AI-AJ-AR-AU	119.9906	2879.775
53	JALUR A-R-AI-AJ-AO-AU	109.9204	2638.09
54	JALUR A-R-AI-AP-AU	146.8315	3523.957

c. Menghitung *Project Buffer*

Setelah menghitung *feeding buffer*, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *project buffer*. Buffer ini ditambahkan pada akhir proyek untuk melindungi waktu akhir dari

penyelesaiannya. Besarnya *buffer* dihitung menggunakan persamaan *buffer time* dengan hasil dapat dilihat pada tabel 17 sebagai berikut:

Tabel 17. Perhitungan *Project Buffer*

No	Kode Kegiatan	Nama Kegiatan	Durasi		$(S-A)/2$	$((S-A)/2)^2$
			CPM	CPMM		
1	A	Pekerjaan Persiapan Tahap 1	20	10	5	25
2	B	Pekerjaan Persiapan Tahan 2	8	4	2	4
3	L	Borepile P4	27	13.5	6.75	45.5625
4	M	Galian, Tes & LC P4	22	11	5.5	30.25
5	N	Pile Cap P4	32	16	8	64
6	O	Pier P4	40	20	10	100
7	P	Pier Head P4 Tahap 1	48	24	12	144
8	AI	Borepile A1	6	3	1.5	2.25
9	AP	Pekerjaan Launcing Gantry	287	143.5	71.75	5148.0625
10	AU	Pekerjaan Lain - Lain	27	13.5	6.75	45.5625
Total :						5608.6875
<i>Feeding Buffer:</i>						149.78234

Dari hasil perhitungan tabel 15 didapat *project buffer* sebesar 149,782 hari yang dimasukkan ke dalam penjadwalan metode CCPM sehingga total durasi penjadwalan dengan metode CCPM menjadi = 409,782 ~ 410 hari.

6. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini:

- a. Metode pengawasan dan pelaksanaan tidak dapat mempengaruhi perencanaan waktu secara parsial meskipun *Buffer time* dapat

mempengaruhi perencanaan waktu secara parsial. Hal ini sesuai dengan teori [9] yang menjelaskan bahwa perkembangan metode CPM menjadi CCPM dengan memasukkan *buffer time* dapat mengamankan proyek dari adanya risiko keterlambatan waktu kerja.

- b. Hasil penelitian kuesioner pada poin 1 tersebut sesuai pada hasil metode CCPM yang dilakukan pada proyek flyover penelitian ini yang menggambarkan bahwa waktu normal proyek adalah 520 Hari. Setelah metode CCPM dilakukan maka hari proyek menjadi 410 hari. Dengan menggunakan metode CCPM waktu penyelesaian lebih cepat dari waktu normal yang seharusnya.
- c. Adanya *buffer time* 149,782 hari yang dimasukkan ke dalam jadwal proyek menjadikan pengerjaan proyek yang awalnya dengan metode CPM memakan waktu 520 hari menjadi 410 hari. Artinya ketika *buffer time* dimasukkan, maka jumlah hari yang digunakan untuk proyekpun lebih singkat. Hal ini sesuai dengan teori yang diungkapkan [2] dan [10] bahwa durasi proyek yang menggunakan CCPM (dengan menggunakan *buffer time*) akan menghasilkan waktu yang lebih singkat dibanding CPM (dengan menggunakan *safety time*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arditi, D., & Patel, B. K. (1989). Expert system for claim management in construction projects. *International Journal of Project Management*, 7(3), 141-146.
- [2] Aulady, M. F. N., & Orleans, C. (2016). Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Menara Rungkut). *Jurnal Iptek*, 20(1), 13-24.
- [3] Bougie, R., & Sekaran, U. (2017). Metode Penelitian Untuk Bisnis: pendekatan pengembangan dan keahlian. *Edisi Enam Buku Dua*. Jakarta: Salemba Empat.
- [4] Ghozali, I. (2017). Model persamaan struktural konsep dan aplikasi dengan program AMOS 24. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [5] Goldratt, E. M. (1997). Critical chain, 1997. *Virine, lev and trumper, michael. schedule network analysis using event chain. sl: projectDecisions. Org.*
- [6] Goldratt, E. M. (2017). *Critical chain*. Routledge.
- [7] Leach, L. P. (2014). *Critical chain project management*. Artech House.
- [8] M. Husen Abrar. (2009). Manajemen Proyek. Yogyakarta: ANDI
- [9] Project Management Institute, *Pedoman Kerangka Ilmu Manajemen Proyek (PMBOK Guide) Edisi Keenam*. Jakarta: PMI Indonesia Chapter, 2018.
- [10] Shurrab, M. (2015). Traditional Critical Path Method versus Critical Chain Project Management: A Comparative View. *International Journal of Economics & Management Sciences*, 4(09), 6359.
- [11] Sugiyono. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: PT Alfabet.
- [12] Salama, T., Salah, A., & Moselhi, O. (2018). Integration of linear scheduling method and the critical chain project management. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 45(1), 30-40. <https://doi.org/10.1139/cjce-2017-0020>