

Perbandingan Waktu dan Biaya dengan Metode CPM dan CCPM pada Proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE*

Dini Rosyadah Tridya^{1*}, Rina Sandora², Nurvita Arumsari³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*2}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: [^{1*}](mailto:dinirosyadah@student.ppns.ac.id); [²](mailto:rinasantora@ppns.ac.id); [³](mailto:arum@ppns.ac.id);

Abstract - In the implementation of construction projects, the incompatibility between plan and actual schedule that cause an additional time and cost is oftenly occurring. The Pipeline Installation Project from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE started in July 2022 and scheduled for completion in November 2022. However, in actuality the project finished in July 2023. Based on this case, an acceleration method needs to be implemented so that the project can be completed quickly and efficiently. One of the methods applied is Critical Chain Project Management (CCPM). Scheduling is carried out using Critical Path Method (CPM) and the results of which will be compared with the Critical Chain Project Management (CCPM). The calculation results from the CPM show that the duration is 318 days and the total labor costs are IDR 1,689,984,000.00. Furthermore, using the CCPM, the duration is 216 days and the total labor costs are IDR 1,184,256,000.00. So, by using the CCPM, the project is completed 32.08% faster and requires 29.93% labor costs saved than the CPM. Based on the results of the analysis, by applying the CCPM method is able to make an optimal duration and efficient costs of the project.

Keyword: CCPM, CPM, Duration, Scheduling

Nomenclature

TF	Total Float
EET	Earliest Event Time
LET	Latest Event Time
2σ	Ukuran Buffer
S	Durasi CPM
A	Durasi CCPM

1. PENDAHULUAN

Pada suatu proyek, sering kali terjadi ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi di lapangan yang dapat mengakibatkan pertambahan waktu dan pembengkakan biaya pelaksanaan [3]. Seperti proyek pada umumnya, dalam proses pengerjaan proyek ini juga terdapat kendala atau hambatan yang mengakibatkan penyelesaian dalam proyek ini mengalami keterlambatan. Keterlambatan yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor mulai dari keterlambatan datangnya material, proyek jembatan oleh kontraktor lain, banyaknya pepohonan yang berdampak pada jalur pipa, faktor cuaca, hingga kurangnya *manpower* dan peralatan kerja.

Proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE* ini dimulai pada bulan Juli 2022 dan dijadwalkan selesai pada bulan November 2022. Namun, proyek ini terjadi keterlambatan sehingga menjadi selesai pada bulan Juli 2023 dengan total

durasi sekitar 318 hari. Berdasarkan kasus pada proyek tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengendalian proyek dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dan *Critical Path Method* (CPM) yang kemudian akan dilakukan analisis perbandingan hasil durasi yang paling optimal dari kedua metode tersebut.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan membuat urutan pekerjaan atau *Work Breakdown Structure* pada suatu proyek. Setelah mendapatkan urutan pekerjaan, maka akan dilakukan Penjadwalan dengan metode CPM untuk mengetahui durasi dan lintasan kritis proyek. Kemudian dilanjutkan membuat Penjadwalan dengan metode CCPM untuk mengetahui durasi dan lintasan kritis proyek. Selanjutnya, dilakukan perhitungan biaya tenaga kerja dari penjadwalan metode CPM dan CCPM. Kemudian, hasil durasi dan biaya tenaga kerja proyek dari penjadwalan metode CPM dan CCPM tersebut akan dibandingkan untuk menghasilkan durasi yang optimal dan biaya yang efisien.

2.2 Work Breakdown Structure

Tahapan pertama yang harus dilakukan adalah membuat WBS. Fungsi dari WBS adalah untuk pengelompokan pekerjaan dan rincian pekerjaan dari suatu proyek untuk memudahkan proses pembuatan *schedule* [4]. WBS merupakan dokumen dasar dalam manajemen proyek karena menyediakan dasar untuk perencanaan dan pengaturan jadwal proyek, biaya, dan perubahan [6].

2.3 Critical Path Method (CPM)

Metode jalur kritis atau *Critical Path Method* merupakan jalur dengan rangkaian kegiatan-kegiatan yang berisi durasi total terlama dan penyelesaian proyek dengan durasi tercepat [4]. Jaringan kerja (*network planning*) diperlukan pada proyek sebelum mempercepat waktu untuk koordinasi dan penataan kegiatan kerja yang kompleks yang saling berkaitan. Hal ini dilakukan secara sistematis untuk merencanakan dan memantau kegiatan proyek sehingga efisiensi kerja dapat tercapai.

2.3.1 Menentukan Lintasan Kritis

Setelah membuat *network diagram* beserta perhitungannya, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai total *float* (TF). Total *float* yaitu kemungkinan akan terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek tanpa berpengaruh terhadap keseluruhan waktu penyelesaian proyek [8]. Total *float* ini digunakan untuk mengidentifikasi kegiatan kritis pada proyek. Total *float* didapatkan dengan persamaan (1).

$$TF = LET_j - \text{Durasi} - EET \quad (1)$$

2.4 Critical Chain Project Management (CCPM)

Critical Chain Project Management (CCPM) adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikembangkan dari sebuah metodologi yang disebut *Theory of Constraints* (TOC) yang diberlakukan bagi proyek-proyek untuk memperbaiki kinerja proyek kedepannya [1].

2.4.1 Mengurangi Durasi Kegiatan

Langkah pertama dalam pengaplikasian metode CCPM adalah melakukan pengurangan durasi masing-masing kegiatan sebesar 50% dari durasi sebenarnya atau *cut and paste method* (C&PM). Pengurangan ini bertujuan untuk menghilangkan *safety times* sehingga permasalahan seperti *student's syndrome*, *parkinson's law*, *multitasking*, dan *over estimated activity durations* dapat dihilangkan [5].

2.4.2 Memasukkan Buffer Time

Pengurangan durasi aktivitas pada metode ini menyebabkan resiko keterlambatan semakin besar. Oleh karena itu, dibutuhkan *buffer* atau waktu penyangga yang harus diaplikasikan agar kegiatan tidak terlambat. Dalam metode *Critical Chain Project Management* (CCPM), penambahan *buffer time* berguna untuk melindungi *critical chain* pada penjadwalan proyek [7]. Untuk mendapatkan perhitungan *buffer* yang akurat, digunakan metode *root square error method* (RSEM). 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 (2).

$$2\sigma = 2 \times \sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S2-A2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2} \quad (2)$$

2.4.3 Menghitung Feeding Buffer

Feeding buffer diletakkan pada akhir rantai non kritis dan *project buffer* diletakkan pada akhir kegiatan. Memasukan *feeding buffer* bertujuan untuk mengamankan rantai non kritis dari keterlambatan sehingga tidak membahayakan rantai kritis.

2.4.4 Menghitung Project Buffer

Setelah menghitung *feeding buffer*, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan *project buffer*. *Buffer* ini ditambahkan pada akhir proyek untuk melindungi waktu akhir dari penyelesaiannya. *Project buffer* diletakkan di tahap akhir proyek setelah pekerjaan di jaringan kritis yang terakhir [2].

2.4.5 Menghitung Biaya Tenaga Kerja

Perhitungan biaya tenaga kerja diperoleh dari perkalian antara upah tenaga kerja dengan satuan waktu bekerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam proyek.

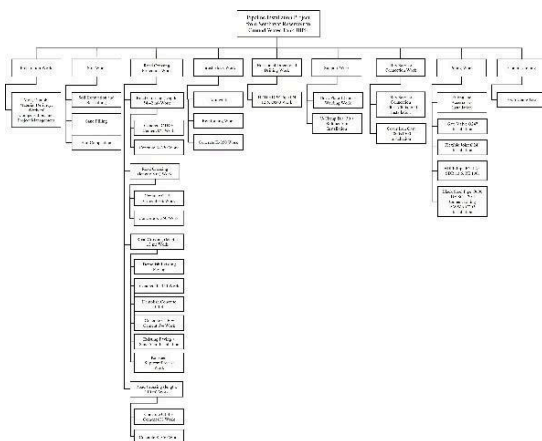
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Data

Proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank* JIPE ini dimulai pada bulan Juli 2022 dan dijadwalkan selesai pada bulan November 2022. Namun pada aktualnya, proyek dapat selesai pada bulan Juli 2023 dengan total durasi sekitar 318 hari. Berdasarkan kasus pada proyek tersebut, maka perlu dilakukan analisis penjadwalan ulang dengan menggunakan perbandingan metode CPM dan CCPM dengan mempertimbangkan opsi durasi yang optimal.

3.2 Work Breakdown Structure

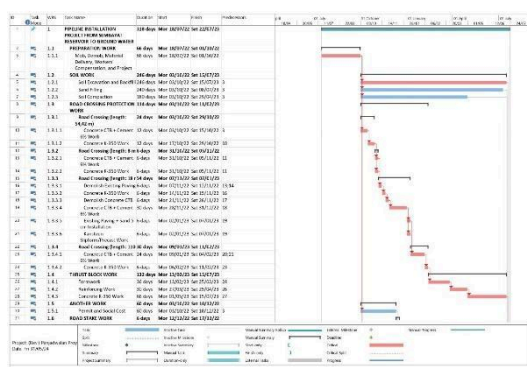
Pengelompokan pekerjaan utama dan rinciannya untuk memudahkan proses pembuatan jadwal hingga tahapan penyelesaian proyek dapat dilakukan dengan membuat *Work Breakdown Structure* (WBS). WBS pada proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE* dibagi menjadi empat scope antara lain *Preparation Work*, *Soil Work*, *Thrust Block Work*, *Box Service Connection Work*, *Road Crossing Protection Work*, *Support Work*, *Piping Work*, *Horizontal Directional Drilling Work*, dan *Commissioning* yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Work Breakdown Structure

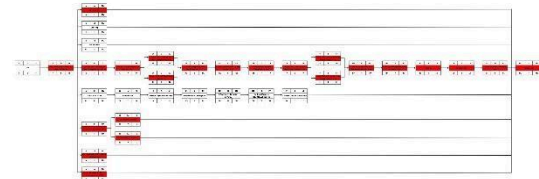
3.3 Penjadwalan CPM

Penjadwalan durasi CPM ini menggunakan durasi aktual yang dimulai pada bulan Juli 2022 hingga Juli 2023 yakni selama $\pm$ 12 bulan atau 318 hari. Semua pekerjaan harus dijadwalkan sesuai urutan pekerjaannya. Penjadwalan durasi CPM dengan menggunakan *Microsoft Project* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penjadwalan CPM

Dari hasil perhitungan maju, perhitungan mundur, dan total float, didapatkan *network diagram* CPM seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Network Diagram CPM

Berdasarkan *network diagram* pada Gambar 3 diatas, didapatkan lintasan kritis kegiatan dengan penjadwalan CPM seperti pada Tabel 1.

Tabel 1: Lintasan Kritis Kegiatan CPM

No	Lintasan Kegiatan	Durasi (hari)
1	A-B-AF	318
2	A-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-A F	318
3	A-AA-AB-AC-AF	318
4	A-AD-AF	318
5	A-AE-AF	318

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa lintasan atau jalur kritis kegiatan CPM pada proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE* adalah A-B-AF, A-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-AF, A-AA-AB-AC-AF, A-AD-AF, A-AE-AF dengan total durasi yakni 318 hari.

3.4 Penjadwalan CCPM

Dalam penjadwalan CCPM, terdapat beberapa tahapan yang perlu dianalisis antara lain mengurangi durasi kegiatan, menghitung *feeding buffer* dan *project buffer*, dan membuat *network planning*.

3.4.1 Mengurangi Durasi Kegiatan

Pengurangan durasi dilakukan pada masing-masing kegiatan sebesar 50% dari durasi sebenarnya atau *cut and paste method* (C&PM). Perhitungan pengurangan durasi kegiatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Data Pengurangan Durasi Kegiatan

Activity	Duration (CPM)	Duration (CCPM)
Preparation Work		
Mob, Demob, Material Delivery, Workers' Compensation, and Project Management	66	33
Soil Work		
Soil Excavation and Backfilling	246	123
Sand Filling	240	120
Soil Compaction	180	90
Road Crossing Protection Work		
Road Crossing (length: 54,42 m)		
Concrete CTB + Cement 6% Work	12	6
Concrete K-350 Work	12	6
Road Crossing (length: 8 m)		
Concrete CTB + Cement 6% Work	6	3
Concrete K-350 Work	6	3
Road Crossing (length: 18 m)		

Demolish Existing Paving	6	3
Concrete K-350 Work	6	3
Demolish Concrete CTB	6	3
Concrete CTB + Cement 6% Work	30	15
Existing Paving + Sand 5 cm Installation	6	3
Kansteen Slipform/Precast Work	6	3
Road Crossing (length: 110 m)		
Concrete CTB + Cement 6% Work	24	12
Concrete K-350 Work	6	3
Thrust Block Work		
Formwork	36	18
Reinforcing Work	30	15
Concrete K-350 Work	66	33
Permit and Social Cost		
Permit and Social Cost	60	30
Road Stake Work		
Road Stake Work	6	3
Horizontal Directional Drilling Work		
HDD HDPE Pipe PN 12.5, Ø600 Work	72	36
Support Work		
Thick Plate 12 mm + Welding Work	6	3
U-Clamp Dia. 30 + Bolt per 5 m Installation	12	6
Box Service Connection Work		
Box Service Connection 1500x1700x2650 Installation	12	6
Cover Iron Cast 2000x1500 Installation	6	3
Piping Work		
Fitting and Accessories Installation	84	42
Gate Valve Ø24" Installation	162	81
Flexible Joint Ø24" Installation	162	81
HDPE Pipe PN 12.5, SDR 13.6, PE 100, Ø600 Installation	246	123
Black Steel Pipe Ø600 IDE SCH 20 + Cement Lining AWWA C205 Installation	246	123
Commissioning		
Hydrostatic Test	6	3

Lintasan atau jalur kritis kegiatan CCPM pada proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE* adalah A-B-AF, A-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-AF, A-AA-AB-AC-AF, A-AD-AF, A-AE-AF dengan total durasi yakni 159 hari.

3.4.2 Perhitungan Feeding Buffer

Buffer ditambahkan kedalam waktu proyek yang durasi aktivitasnya dikurangi dengan tujuan dihasilkannya jadwal yang lebih aman. Untuk mendapatkan perhitungan *buffer* yang akurat, digunakan metode *root square error method* (RSEM) yang dapat dilihat pada contoh perhitungan *buffer time* berikut.

Perhitungan *Buffer Time* pada pekerjaan *Sand Filling*:

$$2\sigma = 2 \times \sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S2-A2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma = 2 \times \sqrt{\left(\frac{240-120}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma = 2 \times 60$$

$$2\sigma = 120 \text{ hari}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka total *buffer time* pada pekerjaan *Sand Filling* adalah sebesar 120 hari.

Berikut Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 merupakan hasil perhitungan *feeding buffer*.

Tabel 3: *Feeding Buffer* Jalur Non Kritis C

Kode	Activity	Duration (CPM)	Duration (CCPM)	((S-A)/2) ²
	Soil Work			
C	Sand Filling	240	120	3600
	Total			3600
	Feeding Buffer (hari)			120

Tabel 4: *Feeding Buffer* Jalur Non Kritis D

Kode	Activity	Duration (CPM)	Duration (CCPM)	((S-A)/2) ²
	Soil Work			
D	Soil Compaction	180	90	2025
	Total			2025
	Buffer Time (hari)			90

Tabel 5: *Feeding Buffer* Jalur Non Kritis T-U-V-W-X-Y-Z

Kode	Activity	Duration (CPM)	Duration (CCPM)	((S-A)/2) ²
	Permit and Social Cost			
T	Permit and Social Cost	60	30	225
	Road Stake Work			
U	Road Stake Work	6	3	2,25
	Horizontal Directional Drilling Work			
V	HDD HDPE Pipe PN 12.5, Ø600 Work	72	36	324
	Support Work			
W	Thick Plate 12 mm + Welding Work	6	3	2,25
X	U-Clamp Dia. 30 + Bolt per 5 m Installation	12	6	9
	Box Service Connection Work			
Y	Box Service Connection 1500x1700x2650 Installation	12	6	9
Z	Cover Iron Cast 2000x1500 Installation	6	3	2,25
	Total			573,75
	Buffer Time (hari)			47,91

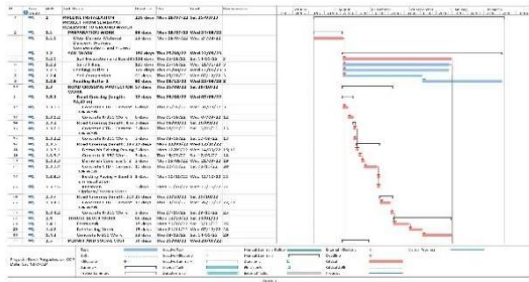
3.4.3 Perhitungan Project Buffer

Setelah menghitung *feeding buffer*, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan *project buffer* yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: *Project Buffer* Jalur Kritis A-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-AF

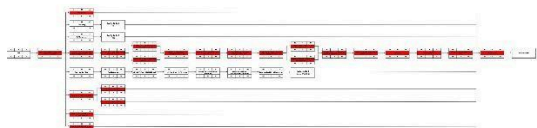
Kode	Activity	Duration (CPM)	Duration (CCPM)	((S-A)/2) ²
	Preparation Work			
A	Mob, Demob, Material Delivery, Workers' Compensation, and Project Management	66	33	272,25
	Road Crossing Protection Work			
	Road Crossing (length: 54.42 m)			
E	Concrete CTB + Cement 6% Work	12	3	9
F	Concrete K-350 Work	12	3	9
	Road Crossing (length: 8 m)			
G	Concrete CTB + Cement 6% Work	6	1,5	2,25
H	Concrete K-350 Work	6	1,5	2,25
	Road Crossing (length: 18 m)			
I	Demolish Existing Paving	6	1,5	2,25
J	Concrete K-350 Work	6	1,5	2,25
K	Demolish Concrete CTB	6	1,5	2,25
L	Concrete CTB + Cement 6% Work	30	7,5	56,25
M	Existing Paving + Sand 5 cm Installation	6	1,5	2,25
N	Kansteen Slipform/Precast Work	6	1,5	2,25
	Road Crossing (length: 110 m)			
O	Concrete CTB + Cement 6% Work	24	6	36
P	Concrete K-350 Work	6	1,5	2,25
	Thrust Block Work			
Q	Formwork	36	18	81
R	Reinforcing Work	30	15	56,25
S	Concrete K-350 Work	66	33	272,25
	Commissioning			
AF	Hydrostatic Test	6	3	2,25
	Total			812,25
	Buffer Time (hari)			57

Dari hasil perhitungan seperti ditunjukkan pada Tabel 6, didapat *project buffer* sebesar 57 hari yang dapat dimasukkan ke dalam penjadwalan metode CCPM (159 hari) sehingga total durasi penjadwalan dengan metode CCPM menjadi 216 hari. Penjadwalan durasi CCPM dengan penambahan *buffer* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penjadwalan CCPM + Buffer

Dari hasil perhitungan maju, perhitungan mundur, dan total *float*, didapatkan *network diagram* CCPM dengan penambahan *buffer* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Network Diagram CCPM + Buffer

3.5 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

Perhitungan biaya tenaga kerja diperoleh dari perkalian antara upah tenaga kerja dengan satuan waktu bekerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam proyek.

3.5.1 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Metode CPM

Perhitungan biaya tenaga kerja metode CPM ini terdiri dari biaya tenaga kerja langsung dan tenaga kerja tidak langsung yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7: Biaya Tenaga Kerja (CPM)

Manpower	Quantity	Duration (day)	Salary (/day)	Total Salary
Biaya Tenaga Kerja Langsung				
Foreman	2	318	Rp144.000,00	Rp291.584.000,00
Tukang Sipil	4	246	Rp128.000,00	Rp512.928.000,00
Filter	6	246	Rp128.000,00	Rp768.000.000,00
Welder	4	246	Rp184.000,00	Rp736.160.000,00
Helper	4	318	Rp112.000,00	Rp447.464.000,00
Operator Excavator	2	246	Rp400.000,00	Rp800.000.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja Langsung				Rp2.678.076.000,00
Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung				
Project Manager	1	318	Rp450.000,00	Rp163.100.000,00
Site Manager	1	318	Rp350.000,00	Rp131.300.000,00
Project Control	1	318	Rp250.000,00	Rp93.750.000,00
Quality Control	1	318	Rp200.000,00	Rp73.600.000,00
Engineer	1	318	Rp200.000,00	Rp73.600.000,00
Supervisor	2	318	Rp200.000,00	Rp132.200.000,00
HSE	2	318	Rp200.000,00	Rp132.200.000,00
Admin	1	318	Rp150.000,00	Rp54.750.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung				Rp763.200.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja				Rp3.441.276.000,00

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 7, didapatkan total biaya tenaga kerja pada proyek *Pipeline Installation from Sembayat* dengan penjadwalan metode CPM yakni sebesar Rp1.689.984.000,00.

3.5.2 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Metode CCPM

Perhitungan biaya tenaga kerja metode CCPM ini terdiri dari biaya tenaga kerja

Manpower	Quantity	Duration (day)	Salary (/day)	Total Salary
Biaya Tenaga Kerja Langsung				
Foreman	2	216	Rp144.000,00	Rp292.208.000,00
Tukang Sipil	4	180	Rp128.000,00	Rp512.160.000,00
Filter	6	180	Rp128.000,00	Rp768.000.000,00
Welder	4	180	Rp184.000,00	Rp736.160.000,00
Helper	4	216	Rp112.000,00	Rp447.360.000,00
Operator Excavator	2	180	Rp400.000,00	Rp800.000.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja Langsung				Rp2.655.888.000,00
Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung				
Project Manager	1	216	Rp450.000,00	Rp163.100.000,00
Site Manager	1	216	Rp350.000,00	Rp131.300.000,00
Project Control	1	216	Rp250.000,00	Rp93.750.000,00
Quality Control	1	216	Rp200.000,00	Rp73.600.000,00
Engineer	1	216	Rp200.000,00	Rp73.600.000,00
Supervisor	2	216	Rp200.000,00	Rp132.200.000,00
HSE	2	216	Rp200.000,00	Rp132.200.000,00
Admin	1	216	Rp150.000,00	Rp54.750.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung				Rp763.200.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja				Rp3.419.088.000,00

langsung dan tenaga kerja tidak langsung yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8: Biaya Tenaga Kerja CCPM

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 8, didapatkan total biaya tenaga kerja pada proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE* dengan penjadwalan metode CCPM yakni sebesar Rp1.184.256.000,00.

3.5.3 Perbandingan Hasil Durasi dan Biaya Metode CPM dan CCPM

Berdasarkan hasil perhitungan durasi dan biaya tenaga kerja yang telah dibahas sebelumnya, maka sudah terbukti bahwa penjadwalan dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) menghasilkan durasi yang lebih pendek sekaligus biaya tenaga kerja yang lebih hemat dibandingkan dengan metode penjadwalan *Critical Path Method* (CPM). Berikut Tabel 9 merupakan perbandingan hasil durasi dan biaya tenaga kerja dengan penjadwalan metode CPM dan CCPM pada proyek *Pipeline Installation*

from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE.

Tabel 9: Perbandingan Hasil Durasi dan Biaya Metode CPM dan CCPM

Methods	Duration (day)		Labor Cost	
CPM	318	Dengan metode CCPM, proyek lebih cepat selesai 32,08 %	Rp1.689.984.000,00	Dengan metode CCPM, proyek membutuhkan biaya tenaga kerja lebih hemat 29,93%
CCPM	206		Rp1.184.256.000,00	

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan judul “Pengendalian Proyek *Pipeline Installation from Sembayat Reservoir to Ground Water Tank JIPE* dengan Metode *Critical Chain Project Management*” didapatkan kesimpulan:

Pada metode CPM didapatkan total durasi proyek sebesar 318 hari dan total biaya tenaga kerja sebesar Rp1.689.984.000,00. Sementara pada metode CCPM didapatkan durasi yakni 216 hari dan total biaya tenaga kerja sebesar Rp1.184.256.000,00. Sehingga dengan metode CCPM, proyek lebih cepat selesai 32,08% dan membutuhkan biaya tenaga kerja lebih hemat 29,93% daripada metode CPM. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka dengan menggunakan metode CCPM dapat menghasilkan durasi proyek yang optimal dan biaya yang efisien.

5. PUSTAKA

- [1] Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. Great Barrington, Massachusetts: North River Press.
- [7] Widiyanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- [2] Malau, A. Z. (2019). Aplikasi Metode Critical Chain Project Management dalam Pemasangan Dinding Proyek Area Mall Podomoro City Deli Medan. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- [3] Ramadhan, A. R. (2021). Optimasi Penjadwalan Proyek Jaringan Gas Rumah Tangga Menggunakan Metode Project Crashing dan Least Cost Scheduling. *Proceedings 6th Conference on Piping Engineering and Its Application*. Surabaya.
- [4] Riqi Efendi, M., Arum Sari, N., Choirul

Rizal, M., (2020). Optimasi Penjadwalan Proyek North Acid Gas Flare Rdmp Ru-V Balikpapan Melalui Lintasan Kritis Pdm Dan Percepatan Crash Duration. *Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application* 5(1), 276–281. Surabaya.

- [5] Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi (First Edition)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Schwalbe, K. (2004). *Information Technology Project Management (Fourth Edition)*. Course Technology, Inc. Boston.
- [7] Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2015). *Manajemen Proyek*.
- [8] Widiyanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.