

ANALISIS WAKTU DAN BIAYA TENAGA KERJA LANGSUNG PROYEK MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH* DAN *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* (STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN DELFT & KANTO MAKASSAR)

Maydeline Caroline Faihu (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, maydelinecarolinee@gmail.com)

Stevy Thioritz (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, stevythioritz@gmail.com)

Mursalim (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, mursalim@lecturer.uajm.ac.id)

Received: 24 November 2023 Revised: 24 November 2023 Accepted: 28 November 2023

ABSTRAK

Perencanaan dalam proyek merupakan hal yang esensial karena berfungsi sebagai alat pengawas atau pedoman yang dibutuhkan dalam kegiatan pengendalian agar proyek tetap berjalan dalam batas waktu, biaya dan mutu yang telah ditetapkan. Namun tidak dapat dipungkiri, sering terjadi beragam kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada proyek, seperti keterlambatan dan pembengkakan biaya. Untuk menghindari hal-hal tersebut, sumber daya proyek harus dikelola secara efektif dan efisien agar proyek tidak mengalami kegagalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek yang diperoleh dari penjadwalan alternatif proyek menggunakan metode Critical Chain Project Management. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Critical Chain Project Management menghasilkan durasi total selama 209 hari dan diperoleh biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp1.779.736.000,00 (satu miliar tujuh ratus tujuh puluh sembilan juta tujuh ratus tiga puluh enam ribu rupiah) jika diasumsikan seluruh buffer time digunakan 100%.

Kata Kunci: penjadwalan, jalur kritis, rantai kritis, waktu tenggang

ABSTRACT

Planning in a project is essential because it functions as a supervisory tool or a guideline needed in controlling activities so that the project can continue to run within the specified time, cost and quality limits. However, it is undeniable that various conditions often occur that can cause project to experience failures, such as delays and cost overruns. To avoid these things, project resources must be managed effectively and efficiently in order for the project to not experience failures. This research aims to determine the time and direct labor cost of the project obtained from alternative project scheduling using the Critical Chain Project Management. CCPM replaces activity's safety time by incorporating buffers into the project schedule due to limited resources and project uncertainty. There are 3 types of buffers in the CCPM method, which is project buffers, feeding buffers and resource buffers. The results of this research showed that Critical Chain Project Management resulted a total duration of 209 days and obtained direct labor cost of Rp1.779.736.000,00 (one billion seven hundred seventy-nine million seven hundred and thirty-six thousand rupiah) if it was assumed that the entire buffer time was 100% used.

Keywords: scheduling, critical path, critical chain, buffer

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya kehidupan manusia serta teknologi yang terus mengalami kemajuan, berkembangnya proyek konstruksi merupakan hal yang tidak terbantahkan. Kebutuhan manusia yang beragam menuntut industri jasa konstruksi untuk membangun proyek konstruksi sesuai dengan keragaman kebutuhan manusia, seperti proyek konstruksi untuk bangunan gedung, bangunan perumahan, infrastruktur dan proyek industri. *High rise building* mempunyai luas bangunan yang besar, peralatan yang kompleks dan fungsional internal yang perlu memadati berbagai kualifikasi. Tingginya

target mutu dan keamanan bangunan bertingkat tinggi menyebabkan diperlukannya suatu rangkaian prosedur analisis yang panjang dan rumit serta terdapatnya syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam proses perencanaan maupun pelaksanaannya. Diperlukan juga adanya manajemen proyek yang baik agar proyek dapat terhindar dari kegagalan. Manajemen proyek adalah ilmu yang mempelajari tentang pengelolaan sumber daya yang terdapat dalam proyek, mulai dari tahap perencanaan hingga berakhirnya suatu proyek. Perencanaan dalam proyek merupakan hal yang esensial karena berfungsi juga sebagai alat pengawas atau pedoman yang dibutuhkan dalam kegiatan pengendalian agar proyek tetap berjalan dalam batas waktu, biaya dan mutu yang telah ditetapkan. Namun tidak dapat dipungkiri, realita kondisi di lapangan tidak selamanya dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sering terjadi beragam kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada proyek, seperti keterlambatan dan pembengkakan biaya. Untuk menghindari hal-hal tersebut, sumber daya proyek harus dikelola secara efektif dan efisien agar proyek tidak mengalami kegagalan. Dewasa ini, telah dikembangkan sebuah metode penjadwalan yang dikenal dengan nama *Critical Chain Project Management*. Metode ini memperbolehkan tim proyek untuk menambahkan waktu penyangga (*buffer*) pada penjadwalan proyek dikarenakan sumber daya yang terbatas dan ketidakpastian proyek. Terdapat 3 jenis *buffer* pada metode CCPM, yaitu *project buffer*, *feeding buffer* dan *resource buffer*. Pada penelitian ini, penulis akan menggunakan *Critical Chain Project Management* sebagai metode alternatif penjadwalan proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar yang menggunakan *Critical Path Method* sebagai metode penjadwalan awalnya. Penggunaan metode ini digunakan untuk mengetahui waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek yang menggunakan *Critical Chain Project Management* dalam penjadwalannya.

Rumusan Masalah

- Berapa durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar yang menggunakan *Critical Path Method* sebagai metode penjadwalan awal proyek?
- Berapa durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar setelah menggunakan *Critical Chain Project Management* sebagai metode penjadwalan alternatif proyek?
- Bagaimana perbedaan durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar yang diperoleh dari penerapan kedua metode tersebut pada penjadwalan proyek?

Tujuan Penelitian

- Mengetahui durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar yang menggunakan *Critical Path Method* sebagai metode penjadwalan awal proyek.
- Mengetahui durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar setelah menggunakan *Critical Chain Project Management* sebagai metode penjadwalan alternatif proyek.
- Mengetahui perbedaan durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar setelah penerapan kedua metode pada penjadwalan proyek.

Batasan Masalah

- Pekerjaan yang dimasukkan ke dalam penjadwalan adalah pekerjaan persiapan, pekerjaan pondasi dan pekerjaan struktur bangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar.
- Tidak melakukan analisis *resource buffer*.
- Tidak ada penambahan tenaga kerja langsung.
- Biaya yang ditinjau adalah biaya tenaga kerja langsung proyek.
- Penjadwalan awal proyek menggunakan *Critical Path Method*.
- Menggunakan aplikasi *Microsoft Excel 2019* dan *Microsoft Project 2019* dalam melakukan penjadwalan menggunakan metode *Critical Chain Project Management*.

Penelitian Terdahulu

- Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Ekanugraha (2016) yang melakukan evaluasi mengenai pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode CPM dan PERT. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis waktu optimal penyelesaian proyek dan perkiraan biaya untuk proyek pembangunan terminal Binuang Baru yang waktu penyelesaiannya dipercepat.
- Wirawan (2017) dalam penelitiannya menerapkan *Critical Chain Project Management* dan *Critical Path Method* pada penjadwalan proyek perbaikan kapal BC30002. Penelitian ini dilakukan untuk

menentukan durasi proyek tercepat dari hasil analisis dengan menggunakan kedua metode tersebut pada proyek perbaikan kapal.

- c. Penelitian oleh Aulady & Orleans (2016) dilakukan untuk mengetahui perbandingan durasi waktu proyek konstruksi antara *Critical Path Method* dengan *Critical Chain Project Management* pada proyek pembangunan Apartemen Menara Rungkat.

Manajemen Proyek dan Perencanaan Proyek

Manajemen proyek adalah segala hal yang dilakukan agar seluruh sumber daya yang terlibat dalam proyek dapat difungsikan secara tepat. Sumber daya yang dimaksud yaitu *material, manpower, machine, method, money* dan *schedule* (Ervianto, 2006). Ervianto juga menuliskan bahwa terdapat delapan fungsi dasar dalam manajemen proyek, yaitu penetapan tujuan (*goal setting*), perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengisian staf (*staffing*), pengarahan (*directing*), pengawasan (*supervising*), pengendalian (*controlling*) dan koordinasi (*coordination*). Perencanaan dalam proyek merupakan tahapan mendasar namun penting yang berfungsi sebagai penentu hal-hal yang akan dikerjakan dan dicapai oleh proyek. Tujuan perencanaan dalam proyek antara lain untuk: (Santosa, 2009)

- a. Meniadakan atau mengurangi ketidakpastian.
- b. Memperbaiki efisiensi proyek.
- c. Mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang tujuan proyek.
- d. Sebagai dasar pekerjaan *monitoring* dan pengendalian.

Critical Path Method

Dikenal istilah jalur kritis (*critical path*) dalam metode ini, yaitu jalur yang memiliki rangkaian kegiatan-kegiatan dengan durasi waktu terlama dalam proyek. Di dalam jalur kritis terdapat rangkaian kegiatan kritis mulai dari kegiatan pertama hingga kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999). Jika kegiatan yang terdapat dalam jalur kritis mengalami keterlambatan, maka penyelesaian proyek akan otomatis mengalami keterlambatan secara keseluruhan. Terdapat beberapa tahap perhitungan dalam menganalisis jalur kritis yaitu perhitungan maju, perhitungan mundur dan perhitungan total *float*. Dari perhitungan perhitungan maju dan perhitungan mundur, jalur kritis sebuah proyek dapat ditentukan jika kegiatannya memenuhi kondisi sebagai berikut:

$$ES = LS$$

$$EF = LF$$

$$LF - ES = t$$

Keterangan:

ES = waktu mulai paling awal suatu kegiatan

EF = waktu selesai paling awal suatu kegiatan

LS = waktu mulai paling akhir suatu kegiatan

LF = waktu selesai paling akhir suatu kegiatan

t = durasi kegiatan

Critical Chain Project Management

Critical Chain Project Management merupakan sebuah metode penjadwalan yang memperbolehkan tim proyek untuk menambahkan waktu penyangga (*buffer*) pada penjadwalan proyek dikarenakan sumber daya yang terbatas dan ketidakpastian proyek. Metode ini dikembangkan dari pendekatan *Critical Path Method* dan mempertimbangkan akibat dari alokasi sumber daya, optimalisasi sumber daya, pemerataan sumber daya dan ketidakpastian durasi kegiatan yang berada pada jalur kritis, yang ditentukan dengan *Critical Path Method* dengan memperkenalkan konsep *buffer* dan manajemen *buffer* (*buffer management*). *Critical Chain Project Management* mengganti waktu aman (*safety time*) pada kegiatan dengan memasukkan *buffer* ke dalam jadwal proyek (Project Management Institute, 2013). Tidak seperti metode lainnya yang menambahkan *safety time* ke dalam masing-masing kegiatan dalam penjadwalannya, *Critical Chain Project Management* menghilangkan *safety time*, sebesar 50% dari durasi tiap kegiatan dalam proyek dan menggantinya dengan menambahkan *buffer* ke dalam jadwal proyek. Terdapat dua jenis metode yang digunakan untuk menghitung nilai *buffer*, antara lain:

1. *Cut and Paste Method (C&PM)*

Metode ini menggunakan 50% dari *safety time* yang dihilangkan dari tiap kegiatan pada langkah pengurangan durasi penjadwalan *Critical Chain Project Management*. Waktu tersebut kemudian digunakan sebagai *buffer*. Metode ini lebih sering digunakan untuk menghitung *project buffer*.

2. *Root Square Error Method (RSEM)*

Metode *RSEM* lebih sering digunakan untuk menghitung nilai *feeding buffer* dalam proyek yang menggunakan metode *CCPM* sebagai metode penjadwalannya. Metode ini menghitung nilai *buffer* dengan menggunakan persamaan,

$$Buffer\ Size = \sqrt{\left(\frac{S_1 - A_1}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{S_2 - A_2}{2}\right)^2} + \dots + \sqrt{\left(\frac{S_n - A_n}{2}\right)^2}$$

Di mana,

S= waktu aman (90% dari estimasi durasi kegiatan)

A= waktu optimis (50% dari estimasi durasi kegiatan)

n= banyak aktivitas

METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data berupa wawancara dan studi literatur. Pengumpulan data dengan metode wawancara merupakan kegiatan pengumpulan data primer yang berasal langsung dari sumber utama, yaitu hasil studi kasus di lapangan pada proyek yang dikaji. Pengumpulan data yang diperoleh dari studi literatur meliputi data yang digunakan penulis sebagai landasan teori dan data sekunder yang digunakan untuk variabel penelitian. Data sekunder yang dapat diperoleh dari pihak perusahaan berupa:

- a. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
- b. Kurva S
- c. Data *Labour Schedule*

Lokasi Proyek

Pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar yang berlokasi di Jalan Sunset Boulevard Citraland City Losari Kawasan Centre Point of Indonesia didasarkan karena bertambah padatnya penduduk di Makassar, ditambah lagi dengan pendatang yang ingin menetap di kota besar menyebabkan lahan di Makassar perlu diperluas serta pembangunan akan tempat hunian perlu



diadakan.

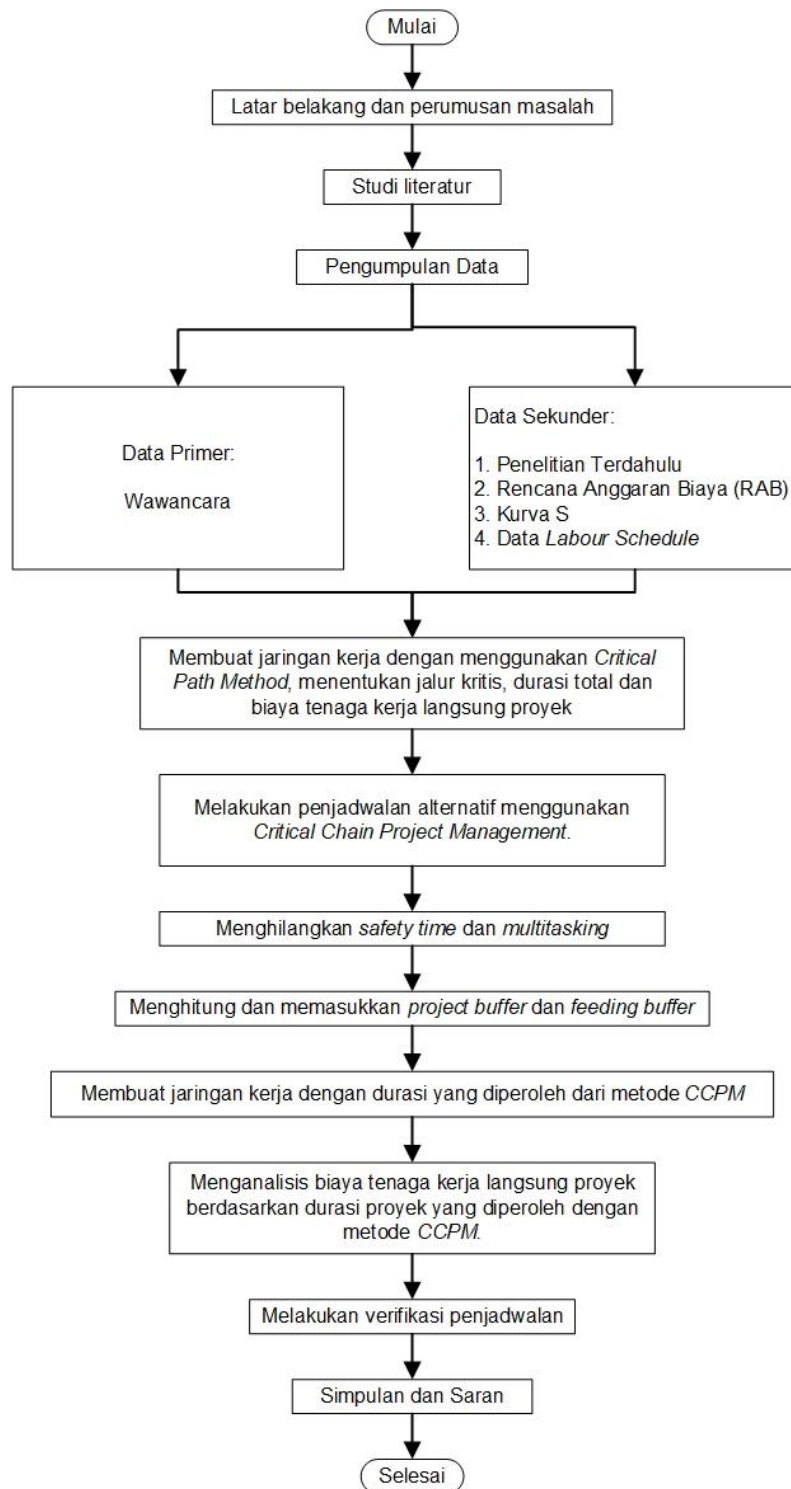
Gambar 1. Lokasi Proyek

Metode Analisis Data dan Diagram Alir Penelitian

Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini setelah pengumpulan data yang dibutuhkan:

1. Membuat jaringan kerja dengan menggunakan *CPM*, menentukan jalur kritis, durasi total dan biaya tenaga kerja langsung proyek.
2. Melakukan penjadwalan alternatif menggunakan *CCPM*.
3. Menghilangkan *safety time* dan *multitasking*.
4. Menghitung dan memasukkan *project buffer* dan *feeding buffer*.
5. Membuat jaringan kerja dengan durasi yang diperoleh dari *CCPM*.
6. Menganalisis biaya tenaga kerja langsung proyek berdasarkan durasi proyek yang diperoleh dengan metode *CCPM*.
7. Melakukan verifikasi penjadwalan. Tahap ini dilakukan untuk melihat perbedaan total waktu dan biaya tenaga kerja langsung yang dihasilkan dengan penjadwalan awal proyek dan penjadwalan alternatif proyek.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan yang dimulai dari studi literatur dan pengumpulan data, pengolahan data (penjadwalan dengan CPM dan CCPM) dan penarikan kesimpulan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penjadwalan Awal Proyek

Penjadwalan awal proyek pembangunan Apartemen DELFT & KANTO Makassar menggunakan metode penjadwalan *Critical Path Method*. Pada metode ini dilakukan 3 perhitungan yaitu perhitungan maju, perhitungan mundur dan perhitungan total *float*. Setelah melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, akan dilakukan perhitungan total *float*. Perhitungan total *float* dilakukan untuk menentukan jalur kritis. Jalur kritis yang dimaksud adalah serangkaian kegiatan dalam proyek yang tidak boleh mengalami keterlambatan karena jika terdapat keterlambatan pada kegiatan yang berada di jalur kritis tersebut akan mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing menunjukkan waktu dan aktivitas kerja serta urutan kegiatan proyek yang dilaksanakan.

Tabel 1. Waktu dan Aktivitas Kerja

No.	Kegiatan	Durasi (Hari)	Mulai	Selesai	Predecessors
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	14 days	Mon 10/18/21	Mon 11/1/21	-
2					
3	<u>APARTMENT</u>	<u>256 days</u>	<u>Mon 11/1/21</u>	<u>Sat 7/30/22</u>	
4	PEKERJAAN SUBSTRUCTURE	35 days	Mon 11/1/21	Mon 12/6/21	
5	Pekerjaan Tanah	30 days	Mon 11/1/21	Wed 12/1/21	1
6	Pekerjaan <i>Mat Foundation, Pile Cap, Grade Beam, Slab</i>	35 days	Mon 11/1/21	Mon 12/6/21	1
7	FRAME DAN SUPER STRUCTURE	221 days	Mon 12/6/21	Sat 7/30/22	
8	Semi Basement	27 days	Mon 12/6/21	Sun 1/2/22	6,5
9	Lantai Dasar / GF	11 days	Sun 1/2/22	Thu 1/13/22	8
10	Lantai P1A-1B / UG	11 days	Thu 1/13/22	Mon 1/24/22	9
11	Lantai P2A-2B	11 days	Mon 1/24/22	Fri 2/4/22	10
12	Lantai P3A-3B / Lantai 1	11 days	Fri 2/4/22	Tue 2/15/22	11
13	Lantai P4A-4B / Lantai 2	11 days	Tue 2/15/22	Sat 2/26/22	12
14	Lantai 5	34 days	Fri 2/4/22	Thu 3/10/22	11
15	Lantai 6	9 days	Thu 3/10/22	Sat 3/19/22	14,13
16	Lantai 7	9 days	Sat 3/19/22	Mon 3/28/22	15
17	Lantai 8	9 days	Mon 3/28/22	Wed 4/6/22	16
18	Lantai 9	9 days	Wed 4/6/22	Fri 4/15/22	17
19	Lantai 10	9 days	Fri 4/15/22	Mon 5/9/22	18
20	Lantai 11	9 days	Mon 5/9/22	Wed 5/18/22	19
21	Lantai 12	9 days	Wed 5/18/22	Fri 5/27/22	20
22	Lantai 15	8 days	Fri 5/27/22	Sat 6/4/22	21

23	Lantai 16	8 days	Sat 6/4/22	Sun 6/12/22	22
24	Lantai 17	8 days	Sun 6/12/22	Mon 6/20/22	23
25	Lantai 18	8 days	Mon 6/20/22	Tue 6/28/22	24
26	Lantai 19	8 days	Tue 6/28/22	Wed 7/6/22	25
27	Lantai 20	8 days	Wed 7/6/22	Thu 7/14/22	26
28	Lantai 21	8 days	Thu 7/14/22	Fri 7/22/22	27
29	Lantai 23	8 days	Fri 7/22/22	Sat 7/30/22	28,38
30					
31	<u>KANTO</u>	<u>100 days</u>	Mon 3/28/22	Thu 7/21/22	
32	PEKERJAAN SUBSTRUCTURE	37 days	Mon 3/28/22	Thu 5/19/22	
33	Pekerjaan Tanah	12 days	Mon 3/28/22	Sat 4/9/22	16
34	Pekerjaan <i>Mat Foundation, Pile Cap, Grade Beam, Slab</i>	25 days	Sat 4/9/22	Thu 5/19/22	33
35	FRAME DAN UPPER STRUCTURE	63 days	Thu 5/19/22	Thu 7/21/22	
36	Lantai Dasar	21 days	Thu 5/19/22	Thu 6/9/22	34
37	Lantai UG	21 days	Thu 6/9/22	Thu 6/30/22	36
38	Lantai 1	21 days	Thu 6/30/22	Thu 7/21/22	37

Tabel 2. Urutan Kegiatan Proyek

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Durasi (Hari)
1.	PEKERJAAN PERSIAPAN	A	-	14
<u>APARTMENT</u>				
PEKERJAAN SUBSTRUCTURE				
2.	Pekerjaan Tanah	B	A	30
3.	Pekerjaan <i>Mat Foundation, Pile Cap, Grade Beam, Slab</i>	C	A	35
FRAME DAN SUPER STRUCTURE				
4.	Semi Basement	D	B,C	27
5.	Lantai Dasar / GF	E	D	11
6.	Lantai P1A-1B / UG	F	E	11
7.	Lantai P2A-2B	G	F	11
8.	Lantai P3A-3B / Lantai 1	H	G	11
9.	Lantai P4A-4B / Lantai 2	I	H	11
10.	Lantai 5	J	G	34
11.	Lantai 6	K	I,J	9
12.	Lantai 7	L	K	9

13.	Lantai 8	M	L	9
14.	Lantai 9	N	M	9
15.	Lantai 10	O	N	9
16.	Lantai 11	P	O	9
17.	Lantai 12	Q	P	9
18.	Lantai 15	R	Q	8
19.	Lantai 16	S	R	8
20.	Lantai 17	T	S	8
21.	Lantai 18	U	T	8
22.	Lantai 19	V	U	8
23.	Lantai 20	W	V	8
24.	Lantai 21	X	W	8
25.	Lantai 23	Y	X, AD	8
KANTO				
PEKERJAAN SUBSTRUCTURE				
26.	Pekerjaan Tanah	Z	L	12
27.	Pekerjaan <i>Mat Foundation, Pile Cap, Grade Beam, Slab</i>	AA	Z	25
FRAME DAN UPPER STRUCTURE				
28.	Lantai Dasar	AB	AA	21
29.	Lantai UG	AC	AB	21
30.	Lantai 1	AD	AC	21

Berdasarkan perhitungan total *float*, dapat ditentukan jalur kritis di mana kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam jalur ini merupakan kegiatan yang memiliki nilai total *float* = 0. Suatu kegiatan dikatakan berada dalam jalur kritis jika memiliki nilai *ES* yang sama dengan nilai *LS* kegiatan tersebut, serta jika nilai *EF* kegiatan sama dengan nilai *LF* kegiatan tersebut. Dapat disimpulkan bahwa:

1. Kegiatan yang terdapat dalam jalur kritis adalah kegiatan A-C-D-E-F-G-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X-Y.
2. Dibutuhkan waktu 270 hari untuk menyelesaikan pekerjaan persiapan hingga pekerjaan struktur Apartemen DELFT & KANTO Makassar.

Perhitungan biaya tenaga kerja langsung dilakukan dengan mengalikan upah setiap tenaga kerja dengan durasi tiap pekerjaan yang dikerjakan serta jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam pekerjaan tersebut. Biaya tenaga kerja langsung proyek Apartemen DELFT & KANTO Makassar menggunakan metode penjadwalan *Critical Path Method* adalah Rp2.333.814.000,00 (dua miliar tiga ratus tiga puluh tiga juta delapan ratus empat belas ribu rupiah).

Perencanaan Alternatif

Perencanaan alternatif dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan penjadwalan menggunakan *Critical Chain Project Management*. Melalui penjadwalan awal proyek telah diperoleh estimasi durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan yang penulis teliti seperti yang dapat dilihat pada tabel 1. Diketahui pula bahwa kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam rantai kritis adalah kegiatan A – C – D – E – F – G – J – K – L – M – N – O – P – Q – R – S – T – U – V – W – X – Y karena memenuhi persyaratan sehingga dapat dikatakan kegiatan kritis.

Langkah yang perlu dilakukan dalam melakukan penjadwalan menggunakan *Critical Chain Project Management* adalah menghilangkan *safety time* sebesar 50% dari durasi tiap kegiatan dalam proyek. Setelah mengurangi durasi kegiatan sebesar 50% adalah memastikan bahwa tenaga kerja langsung tidak mengerjakan dua pekerjaan atau lebih dalam satu waktu atau yang biasa dikenal dengan istilah *multitasking*. Selanjutnya, digunakan metode *C&PM* untuk menghitung *project buffer* dan metode *RSEM* untuk menghitung *feeding buffer* yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan *Project Buffer* Menggunakan Metode *C&PM*

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (Hari)	Durasi CCPM (Hari)	Buffer	
					C&PM	C&PM (dibulatkan)
1.	PEKERJAAN PERSIAPAN	A	14	7	3.5	4
2.	Pekerjaan Mat <i>Foundation</i> , <i>Pile Cap</i> , <i>Grade Beam</i> , <i>Slab</i>	C	35	18	8.5	9
3.	<i>Semi Basement</i>	D	27	14	6.5	7
4.	Lantai Dasar / GF	E	11	6	2.5	3
5.	Lantai P1A-1B / UG	F	11	6	2.5	3
6.	Lantai P2A-2B	G	11	6	2.5	3
7.	Lantai 5	J	34	17	8.5	9
8.	Lantai 6	K	9	5	2	2
9.	Lantai 7	L	9	5	2	2
10.	Lantai 8	M	9	5	2	2
11.	Lantai 9	N	9	5	2	2
12.	Lantai 10	O	9	5	2	2
13.	Lantai 11	P	9	5	2	2
14.	Lantai 12	Q	9	5	2	2
15.	Lantai 15	R	8	4	2	2
16.	Lantai 16	S	8	4	2	2
17.	Lantai 17	T	8	4	2	2
18.	Lantai 18	U	8	4	2	2
19.	Lantai 19	V	8	4	2	2
20.	Lantai 20	W	8	4	2	2
21.	Lantai 21	X	8	4	2	2
22.	Lantai 23	Y	8	4	2	2
Durasi Total (hari)						141
Total <i>Project Buffer</i> (hari)						68
Durasi Total CCPM (hari)						209

Tabel 2. Perhitungan *Feeding Buffer* Menggunakan Metode *RSEM*

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	Buffer	
					RSEM	RSEM (dibulatkan)
1.	PEKERJAAN PERSIAPAN	A	14	7	2.8	3
2.	Pekerjaan Tanah	B	30	15	6	6
3.	Lantai Dasar / GF	E	11	6	1.95	2
4.	Lantai P1A-1B / UG	F	11	6	1.95	2
5.	Lantai P2A-2B	G	11	6	1.95	2
6.	Lantai P3A-3B / Lantai 1	H	11	6	1.95	2
7.	Lantai P4A-4B / Lantai 2	I	11	6	1.95	2
8.	Lantai 7	L	9	5	1.55	2

9.	Pekerjaan Tanah	Z	12	6	2.4	3
10.	Pekerjaan <i>Mat Foundation, Pile Cap, Grade Beam, Slab</i>	AA	25	13	4.75	5
11.	Lantai Dasar	AB	21	11	3.95	4
12.	Lantai UG	AC	21	11	3.95	4
13.	Lantai 1	AD	21	11	3.95	4
Total Feeding Buffer (hari)						41

Penjadwalan awal proyek yang menggunakan *Critical Path Method* dalam penjadwalannya menghasilkan durasi total selama 270 hari. Setelah penerapan *Critical Chain Project Management* diperoleh durasi total selama 209 hari jika diasumsikan seluruh *buffer time* digunakan selama pelaksanaan proyek. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *CCPM* menghasilkan durasi waktu lebih cepat 61 hari jika dibandingkan dengan durasi pada penjadwalan awalnya. Biaya tenaga kerja langsung proyek Apartemen DELFT & KANTO Makassar menggunakan metode penjadwalan *CCPM* jika diasumsikan seluruh *buffer time* digunakan dalam pelaksanaannya adalah Rp1.779.736.000,00 (satu miliar tujuh ratus tujuh puluh sembilan juta tujuh ratus tiga puluh enam ribu rupiah). Penjadwalan dengan metode *CCPM* menghemat biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp554.078.000,00 (lima ratus lima puluh empat juta tujuh puluh delapan ribu rupiah).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Penggunaan *Critical Path Method* sebagai metode penjadwalan awal proyek menghasilkan durasi waktu selama 270 hari dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp2.333.814.000,00 (dua miliar tiga ratus tiga puluh tiga juta delapan ratus empat belas ribu rupiah).
2. Penggunaan *Critical Chain Project Management* sebagai metode penjadwalan alternatif proyek menghasilkan:
 - a. Durasi total selama 141 hari jika diasumsikan *buffer time* tidak digunakan selama pelaksanaan proyek dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp1.224.776.000,00 (satu miliar dua ratus dua puluh empat juta tujuh ratus tujuh puluh enam ribu rupiah).
 - b. Durasi total selama 178 hari jika diasumsikan 50% dari keseluruhan *buffer time* digunakan selama pelaksanaan proyek dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp1,525,342,000.00 (satu miliar lima ratus dua puluh lima juta tiga ratus empat puluh dua ribu rupiah).
 - c. Durasi total selama 209 hari jika diasumsikan seluruh *buffer time* digunakan selama pelaksanaan proyek dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp1.779.736.000,00 (satu miliar tujuh ratus tujuh puluh sembilan juta tujuh ratus tiga puluh enam ribu rupiah).
3. *Critical Chain Project Management* menghasilkan durasi waktu lebih cepat 61 hari dan menghemat biaya sebesar Rp554.078.000,00 (lima ratus lima puluh empat juta tujuh puluh delapan ribu rupiah) jika diasumsikan seluruh *buffer time* digunakan 100% dan dibandingkan dengan durasi waktu dan biaya tenaga kerja langsung awalnya yang menggunakan *Critical Path Method*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulady, M., dan 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. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2016.v20i1.29>
- Ekanugraha, A. R. (2016). Evaluasi Pelaksanaan Proyek dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT. Universitas Islam Indonesia.
- Ervianto, W. I. (2006). Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi; Beton Pracetak dan Bekisting. Penerbit Andi.
- Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. North River Press.
- Project Management Institute. (2013). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge 5th Edition*. Project Management Institute.
- Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi*. Graha Ilmu.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1 Konsep, Studi Kelayakan dan Jaringan Kerja*. Erlangga.

- Valikoniene, L. (2014). Resource Buffers in Critical Chain Project Management. University of Manchester.
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). Manajemen Konstruksi. PT Remaja Rosdakarya.
- Wirawan, G. (2017). Penerapan Metode Critical Chain Project Management (CCPM) dan Critical Path Method (CPM) pada Penjadwalan Proyek Perbaikan Kapal BC30002. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.