

Metode *critical chain project management* (CCPM) dalam upaya optimalisasi penjadwalan

Fikrian Fadillah¹, Vendie Abma^{1*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.

Article Info

Available online

Keywords:

Optimization
Scheduling
CCPM
Buffer

Corresponding Author:

Vendie Abma
vendie.abma@uii.ac.id

Abstract

The implementation of the construction project requires good analysis at the planning and scheduling stage, because the output is used as a benchmark in the implementation and becomes an important point in the success of the project. A common problem is that there is an inconsistency between the burden and work capacity in planning and too much security time allocation that makes current project planning inadequate. Critical Chain Project Management (CCPM) methodology is assessed to be able to address the problem by replacing the assumption of excess security time with buffer time by cutting 30% of the time of each work and reducing the presence of multitasking for better resource management. This study uses the CCPM method in an attempt to optimize the duration of conventional planning on building construction projects. Based on the analysis carried out, the CCPM method can optimize 18 days from the initial duration for the project of 130 days to 112 working days with records using the entire buffer time available. As far as this is concerned, it shows that CCPM can provide a shorter project duration.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang unik, dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk tercapainya tujuan dan sasaran proyek (Sugiyanto, S., & Umam, 2021). Perencanaan terhadap penjadwalan dan sumber daya yang disusun harus dibuat secara terperinci dan tepat kelola agar tercapai tujuan proyek konstruksi yang tepat mutu, tepat biaya dan tepat waktu (Arditi dan Patel, 1989 dalam GG, 2015). Selain itu, perencanaan jumlah tenaga kerja diperlukan untuk optimalisasi kebutuhan tenaga dan jadwal penyelesaian proyek dalam waktu tertentu (Yahya & Abma, 2022)

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, masalah yang kerap terjadi adalah adanya ketidaksesuaian antara beban dan kapasitas pekerjaan. Selain itu, ketidaktepatan alokasi sumber daya proyek yang terbatas juga

menjadi penyebab munculnya pemborosan (*waste*) pada suatu proyek (Hatpito, Anwardi, & Hamdy, 2019).

Banyak pilihan terhadap metode perencanaan penjadwalan menjadikan proses perencanaan menjadi lebih fleksibel menyesuaikan dengan kondisi proyek yang dikerjakan. Perencanaan penjadwalan menjadi hal penting sebagai acuan dalam proses konstruksi dan informasi progress proyek (Abrar, 2009). Industri konstruksi juga mengalami perkembangan dalam hal pembuatan sistem pelaksanaan proyek yang semakin baik dengan perilaku meminimalisir *waste* baik material maupun waktu (Mudzakir, Setiawan, Wibowo, & Khasani, 2017). Era perkembangan saat ini penjadwalan berbasis teknologi juga banyak dikembangkan melalui penjadwalan berbasis BIM 4D (Luth & Abma, 2024).

Perencanaan proyek konstruksi secara konvensional (*bar chart*) umumnya

menggunakan satu waktu perkiraan sebagai asumsi terhadap adanya ketidakpastian (*uncertainty*) yang mungkin terjadi pada pelaksanaan proyek. Hal ini menjadikan perencanaan proyek secara konvensional menjadi kurang efektif dari segi waktu dan alokasi sumber daya. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan perencanaan yang dapat mengontrol penggunaan sumber daya agar tepat sasaran (Mahapati, 2019).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui hasil penjadwalan proyek dengan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) yang meliputi pengurangan waktu durasi dan manajemen sumber daya dari suatu proyek konstruksi bangunan gedung yang masih menggunakan metode konvensional (*Bar chart*). Diharapkan penelitian ini mampu memberikan perubahan yang lebih baik terhadap perencanaan konvensional dengan adanya optimalisasi yang dilakukan menggunakan CCPM.

Penjadwalan

Penjadwalan proyek konstruksi merupakan alat yang digunakan untuk menentukan waktu yang diperlukan bagi penyelesaian suatu kegiatan (Widiasanti & Lenggogeni, 2013). Selain itu, penjadwalan dapat menentukan kapan aktivitas bisa dimulai dan berakhir. Perencanaan suatu proyek konstruksi pada umumnya terdiri dari perencanaan waktu, tenaga kerja, material, peralatan, dan keuangan. Ketepatan penjadwalan menjadi hal yang vital dalam pelaksanaan proyek karena dapat menghindari terjadinya kerugian dari adanya keterlambatan seperti akibat perencanaan yang tidak logis, keterlambatan penyerahan proyek, dan perselisihan atau klaim.

Estimasi Durasi Pekerjaan

Dalam menghitung estimasi waktu setiap pekerjaan, diperlukan data koefisien dari tenaga kerja, bahan, dan volume pekerjaan yang akan dikerjakan. Sehubungan dengan hal ini, dalam perhitungan durasi pekerjaan menggunakan rumus sebagai berikut (Hartanto, W. 2020).

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktifitas}} \quad (1)$$

Dimana:

$$\text{Produktifitas} = \frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja}}{\text{Koef. Tenaga Kerja}}$$

Critical Chain Project Management (CCPM)

CCPM merupakan sistem perencanaan proyek yang dikembangkan oleh Goldratt pada tahun 1997 yang berfokus pada aktifitas manajemen terhadap sumber daya yang diperlukan dalam melaksanakan tugasnya. Metode ini didasarkan pada algoritma yang diturunkan dari *Theory of Constraints* dan merupakan pengembangan dari metode CPM karena memiliki pengembangan dibagian perencanaan waktu tambah sebagai langkah antisipasi adanya keterlambatan. CCPM menghilangkan penambahan waktu tambah di setiap pekerjaan yang dinilai menambah waktu durasi dan mengakibatkan adanya sikap menunda dari pekerja dan tidak efisien. CCPM menggunakan *buffer* sebagai langkah antisipasi untuk mengamankan proyek dari ketidakpastian.

Keterlambatan suatu proyek konstruksi dapat terjadi dikarenakan berbagai macam faktor, salah satunya adalah penyusunan jadwal pekerjaan yang buruk atau tidak logis sehingga menyebabkan adanya aktifitas saling tunggu yang menjadikan proyek terlambat. Peran manajemen menjadi sangat penting demi kesuksesan proyek (Wisudanto, A. W, 2019).

Dengan demikian, tujuan pelaksanaan proyek dapat tercapai apabila pada fase *planning* dan *scheduling* dilakukan dengan baik agar tercapainya alokasi sumber daya yang efisien dengan durasi pengerjaan yang efektif (Dimiyati, H., & Nurjaman, K, 2014).

Pendekatan yang dilakukan pada metode CCPM ini berbeda dengan metode pemodelan dan analisa proyek metode konvensional. Ada yang mengatakan bahwa metode CCPM merupakan pengembangan dari metode CPM yang umumnya digunakan sebagai metode analisa penjadwalan proyek.

CCPM didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari suatu kejadian yang saling berkaitan, yang mana keterkaitan tersebut didasarkan pada pekerjaan atau sumber daya yang berhubungan (Krezner, 2006). Penggunaan metode CC dalam perencanaan konstruksi dapat memberikan estimasi lama waktu pengerjaan proyek yang lebih dapat diprediksi dan lebih pendek dengan pendekatan yang lebih rasional untuk mengelola ketidakpastian. Adapun tujuan dari penjadwalan CCPM adalah untuk menghindari masalah-masalah terkait kebiasaan manusia seperti *parkinson's law effects*, *student syndrome* dan *multitasking* yang dapat mengakibatkan keterlambatan. (Goldratt, 1997.)

Kelebihan dari metode CCPM salah satunya adalah penggantian *safety time* yang berlebihan dengan *buffer* sebagai perlindungan penjadwalan dari keterlambatan. Penggantian *safety time* disini bukan tanpa sebab, buruknya penjadwalan konvensional salah satunya dikarenakan estimator menggunakan terlalu banyak tambahan waktu aman pada setiap pekerjaan dalam mengatasi kejadian tidak terduga pada proyek (Aulady, M., & Orleans, C, 2016). Penggunaan metode CCPM memiliki prioritas dalam menyukseskan proyek secara keseluruhan, sehingga menghilangkan waktu pengaman pada aktivitas individual dan lebih berfokus terhadap penyelesaian *critical chain* proyek.

Buffer time yang digunakan sebagai pengganti *safety time* untuk menjamin jalur kritis dan keamanan penjadwalan proyek memiliki 2 jenis buffer sebagai berikut.

1. *Project Buffer* (PB)

Merupakan waktu penyangga yang diletakkan di akhir *critical chain* suatu proyek sebagai cadangan waktu bagi proyek secara keseluruhan. Penempatan *project buffer* berada di akhir jalur kritis dan memiliki panjang setengah dari Panjang jalur kritis. *Buffer* ini digunakan untuk melindungi waktu penyelesaian

akhir proyek dari variabilitas yang terjadi dalam aktivitas jalur kritis.

2. *Feeding Buffer* (FB)

Merupakan waktu penyangga yang menghubungkan kegiatan non-kritis dengan kegiatan yang masuk ke dalam jalur kritis. *Feeding buffer* juga dapat dijadikan waktu tambahan pada aktivitas non kritis jika mengalami keterlambatan. Sehingga, perletakan *buffer* ini berada di akhir aktivitas non-kritis.

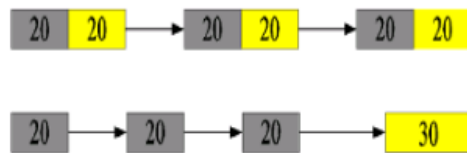
Manajemen Waktu Buffer

Terdapat 2 metode pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan ukuran buffer yang sederhana berupa penentuan ukuran *buffer* proyek dan *feeder buffer* (Herroelen, Leus, & Demeulemeester, 2002). Metode tersebut adalah *Cut and Paste Method* (C&PM) dan *Root Square Error method* (RSEM).

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

Dalam rencana penentuan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam C&PM pada dasarnya dapat memotong 20%, 30%, bahkan sampai 50% dari durasi untuk semua aktifitas (Ramanda dan Arvianto, 2015). Durasi yang dipotong diletakkan *project buffer* dengan separuh durasi jalur kritis (*critical chain*) pada akhir rantai (jika menggunakan 50%), sama halnya melekatkan *feeding buffer* dengan separuh durasi aktifitas ke aktifitas pada jalur yang bukan jalur kritis (*non-critical chain*) namun membawa kepada jalur kritis

Gambar 1. Analisa *Buffer* Metode C&PM



2. *Root Square Error method* (RSEM)

Aturan perekat yang digunakan untuk menentukan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam (RSEM) memerlukan 2 estimasi durasi tugas, pertama estimasi aman (S), dengan pengertian berarti

mempunyai cukup pengaman (waktu) untuk melindungi dari semua kemungkinan besar sumber keterlambatan, dan yang kedua estimasi pengurangan waktu sesuai yang telah dipilih berapa % dari durasi tugas. Berikut persamaan RSEM yang digunakan (Ramanda dan Arvianto, 2015).

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

Keterangan:

2σ : Buffer Time

S_i : Waktu kegiatan dengan *safety time*

A_i : Waktu kegiatan setelah *safety time* dipotong

n : Banyak aktivitas pada jalur kritis.

Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil optimalisasi durasi penjadwalan eksisting pada tahap perencanaan menggunakan metode CCPM. Berdasarkan data awal penjadwalan konvensional, dilakukan pendetailan terhadap durasi setiap item pekerjaan. Kemudian, akan dilakukan pemotongan durasi dengan metode CCPM diikuti dengan analisa terhadap hubungan keterkaitan antar pekerjaan. Diharapkan mendapat durasi perencanaan proyek yang lebih singkat dengan susunan hubungan pekerjaan yang lebih baik serta pengalokasian sumber daya yang lebih merata. Setelah mendapatkan hasil yang diinginkan, hasil optimalisasi akan dibandingkan dengan metode penjadwalan eksisting proyek (*bar chart*).

Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini, didapatkan dengan menggunakan beberapa sumber data seperti, wawancara dengan pihak perencana proyek untuk mendapatkan hubungan pekerjaan. Dilanjutkan wawancara dengan pihak Pelaksana dan mandor untuk mendapatkan data alokasi tenaga kerja yang digunakan. Selain data wawancara, data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang di dapat melalui admin proyek berupa data penjadwalan *bar chart*. Dari data proyek tersebut kemudian dilakukan identifikasi dengan menjabarkan data berupa nama kegiatan, durasi kegiatan dan hubungan antar kegiatan. Selanjutnya, pengolahan ulang penjadwalan ke dalam bentuk penjadwalan *network diagram* dengan bantuan program *Microsoft Project* sesuai dengan data yang ada dalam *Bar chart*. Hasil penjadwalan ulang kemudian dilakukan simulasi penjadwalan dan analisis hasil optimalisasi menggunakan metode CCPM.

Analisis dan Pembahasan

Analisis Data Awal

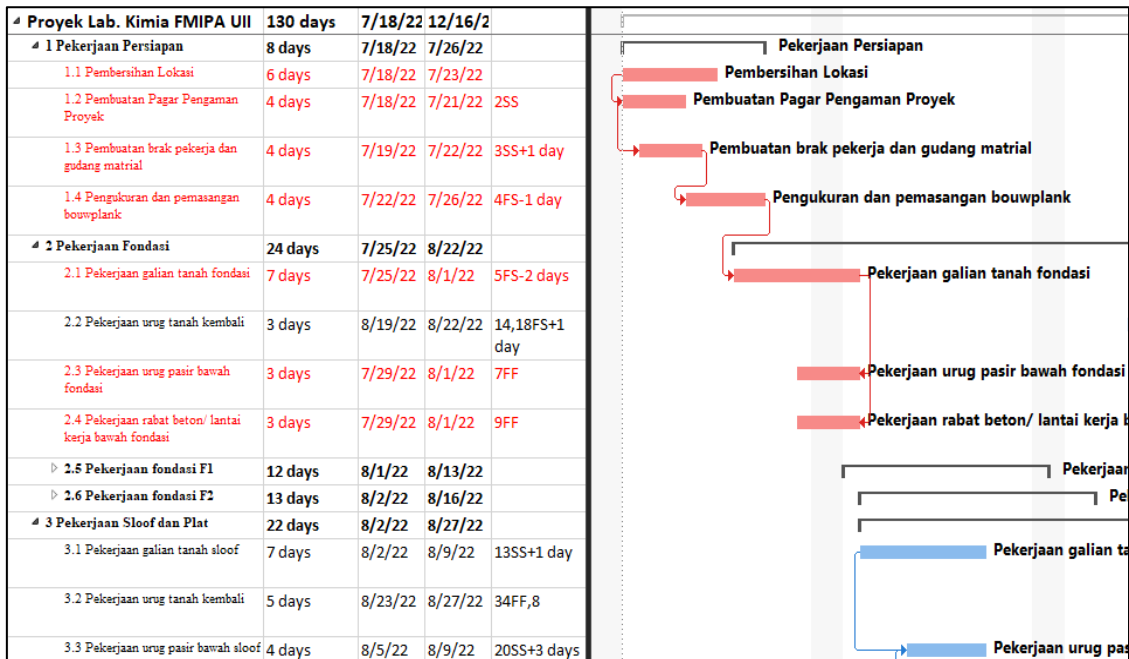
Pada analisis awal dilakukan pendetailan terhadap durasi item pekerjaan berdasarkan data awal proyek eksisting. Analisis durasi mengacu pada persamaan 1 dan berdasarkan dari data existing pproyek. Dari data durasi awal proyek kemudian diekstrak dengan pendekatan koefisien produktifitas dari AHSP Permen PUPR untuk mendapatkan jumlah alokasi tenaga kerja. Selain itu, dilakukan analisis terhadap hubungan antar pekerjaan dengan pendekatan logika urutan pekerjaan berdasarkan dari data penjadwalan existing proyek. Berikut merupakan gambar hasil analisis terhadap penjadwalan existing proyek.

No	JENIS PEKERJAAN	VOL.	SAT.	Jumlah tenaga kerja	Tenaga Kerja	Tenaga Kerja					Durasi awal (hari)				duration (day)	
						P	TK	TBt	TBs	M	KT	P	TK	TB		M
1	Pekerjaan Persiapan			35.91504	36	6	4			1	1	4.9	1.3	1.5	0.5	5
	c. Beton Fc 25 Mpa	17.64	m3													
3	Pekerjaan kolom K3			28.97664	29	9	8			1	1	2.1	1.2		1	2
	a. Bagesting kolom	27.44	m2													
	b. Pemasangan	533.85	kg	8.001135	9	3			4	1	1	1.3		1	0.3	0.4
	c. Beton Fc 25 Mpa	2.21	m3	4.49956	5	3		1		1	1	1.3		0.7	0.2	0.1
4	Pekerjaan kolom sialif K3			195.59232	196	12	8			1	1	10.2	7.7		6.2	6.2
	a. Bagesting kolom	185.22	m2													
	b. Pemasangan	1457.49	kg	22.003099	23	4			4	1	1	2.6		2.6	0.6	1.1
	c. Beton Fc 25 Mpa	9.26	m3	18.85336	19	4		1		1	1	3.9		2.6	0.8	0.3
																36.7
XVII	Pekerjaan Balok +17.40															
1	Pekerjaan balok B1			47.9424	48	8	8			1	2	3.8	1.9		1.5	0.8
	a. Bagesting balok	45.4	m2													
	b. Pemasangan	2087.31	kg	31.513381	32	8			8	1	2	1.9		1.9	0.9	0.8
	c. Beton Fc 25 Mpa	8.88	m3	18.07968	19	8		3		1	1	1.9		0.9	0.8	0.3
2	Pekerjaan balok B2			82.51584	83	10	10			1	3	5.2	2.6		2.6	0.9
	a. Bagesting balok	78.14	m2													
	b. Pemasangan	3001.63	kg	45.324613	46	10			8	1	2	2.2		2.2	1.3	1.1
	c. Beton Fc 25 Mpa	12.32	m3	25.08352	26	6		5		1	1	3.4		0.7	1.1	0.4
3	Pekerjaan balok B4			140.04672	141		10			1	2	8.8	4.4		4.4	2.2
	a. Bagesting balok	132.62	m2													
	b. Pemasangan	3644.39	kg	55.037688	56				10	1	2	5.2		2.6	1.5	1.3
	c. Beton Fc 25 Mpa	16.37	m3	33.23893	34							4.6		1.7	1.2	0.5

Gambar 2. Pengolahan Data Durasi.

Setelah mendapatkan data durasi dan hubungan antar pekerjaan yang lebih detail seperti pada Gambar 2, langkah selanjutnya dapat dilakukan input data durasi, hubungan antar pekerjaan, dan jumlah tenaga kerja ke dalam Ms. Project. Berikut merupakan hasil input data penjadwalan existing ke dalam Ms. Project.

Dengan menggunakan bantuan *software Ms. Project*, dapat diketahui pekerjaan mana saja yang masuk ke dalam jalur kritis. Dari jalur kritis tersebut selanjutnya dilakukan proses optimalisasi. Pada gambar 3 berikut dapat dilihat hasil olah data menggunakan *Ms Project*.



Gambar 3. Hasil input data dalam Ms Project.

Hasil dari input data penjadwalan dengan bantuan Ms. Project didapatkan hasil penjadwalan yang telah terhubung hubungan

antar pekerjaannya, sehingga dapat diketahui jalur kritis kegiatan. Berikut tabel identifikasi jalur kritis.

Tabel 1. Identifikasi Jalur Kritis Data Awal

Nama Pekerjaan	Durasi	Mulai	Selesai	Hubungan Kegiatan
Pekerjaan Persiapan	8 days	7/18/2022	7/26/2022	
Pembersihan Lokasi	6 days	7/18/2022	7/23/2022	
Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	4 days	7/18/2022	7/21/2022	2SS
Pembuatan brak pekerja dan gudang matrial	4 days	7/19/2022	7/22/2022	3SS+1 day
Pengukuran dan pemasangan bouwplank	4 days	7/22/2022	7/26/2022	4FS-1 day
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Pekerjaan Plat +19.90	4 days	12/13/2022	12/16/2022	
Pekerjaan plat A3	4 days	12/13/2022	12/16/2022	
a. Begesting plat	2 days	12/13/2022	12/14/2022	290SS
b. Pembesian	1 day	12/15/2022	12/15/2022	295
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	12/16/2022	12/16/2022	296,292FF

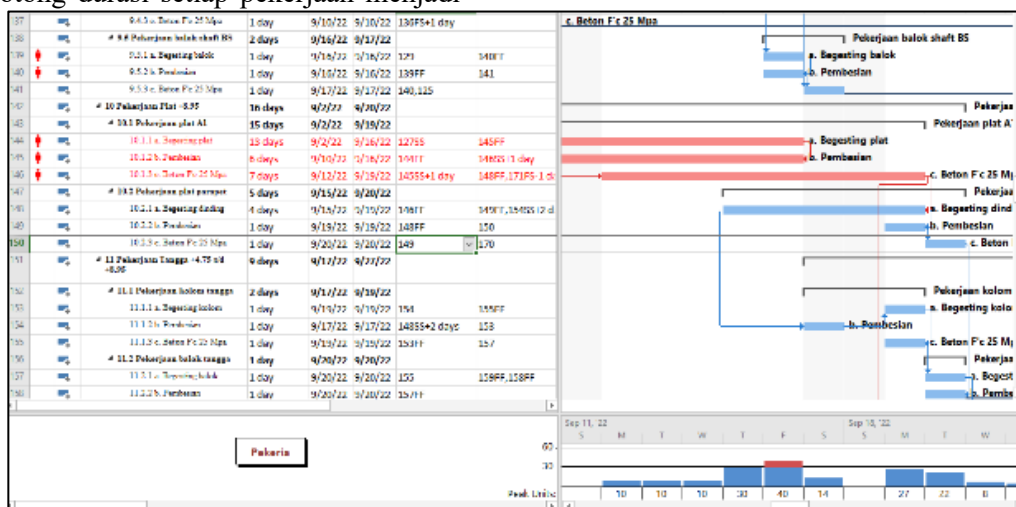
Dari hasil penyusunan ulang data penjadwalan diketahui jalur kritis pada penjadwalan eksisting adalah pekerjaan A-B-D-E-F-H-I-J-L-M-N-P-Q-R-S-T-U meliputi 17 item pekerjaan dengan rencana durasi proyek selama 130 hari kerja. Langkah selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan metode CCPM.

Analisis Menggunakan Metode CCP

Langkah awal dalam metode CCPM adalah menghilangkan waktu cadangan dengan memotong durasi setiap pekerjaan menjadi

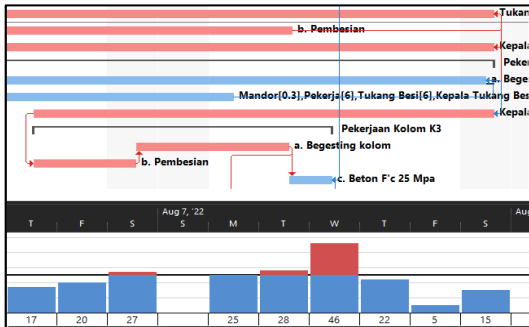
70% waktu normal, dengan 30% sisanya digunakan sebagai alokasi untuk waktu *buffer*. Perhitungan hasil pemotongan durasi dilakukan pembulatan angka genap hari untuk memudahkan penyusunan kembali jadwal proyek dengan input ulang dalam Ms Project.

Berikut ini Gambar 4 merupakan tampilan hasil pemotongan durasi dan input kembali ke dalam Ms Project.



Gambar 4. Pemotongan Durasi 30%

Akibat dari pemotongan durasi awal, akan terjadi konflik sumber daya pada pekerjaan. Sehingga, dilakukan analisa terhadap pekerjaan tersebut menggunakan *resources leveling* melalui Ms. Project. Pekerjaan dengan konflik sumber daya akan ditandai dengan logo merah (*overallocated*) seperti pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Konflik Sumber Daya

Selain dengan metode *resources leveling* otomatis dari program Ms Project, penyelesaian terhadap konflik dapat dilakukan dengan cara manual menggeser salah satu pekerjaan yang bermasalah atau mengurangi alokasi jumlah tenaga kerja pada pekerjaan tersebut yang akan berdampak pada bertambahnya durasi pada pekerjaan terkait.

Setelah menyelesaikan permasalahan konflik sumber daya antar pekerjaan, didapatkan jalur kritis baru dengan hasil akhir durasi pada penjadwalan CCPM sebesar 92 hari kerja. Selanjutnya dilakukan analisis *buffer time* dalam rencana penjadwalan.

Analisis Waktu Buffer

Perhitungan waktu *buffer* pada penelitian ini menggunakan analisa dengan metode *Root Square Error Method* (RSEM) seperti pada persamaan 2 yang mengandalkan 2 parameter waktu yaitu waktu normal yang diasumsikan masih memiliki waktu cadangan (S) dan waktu setelah potongan atau tanpa waktu cadangan (A). Untuk penentuan besaran (A) menggunakan pemotongan durasi sebesar 30% yang diasumsikan tanpa waktu cadangan.

1. *Feeding Buffer* (FB)

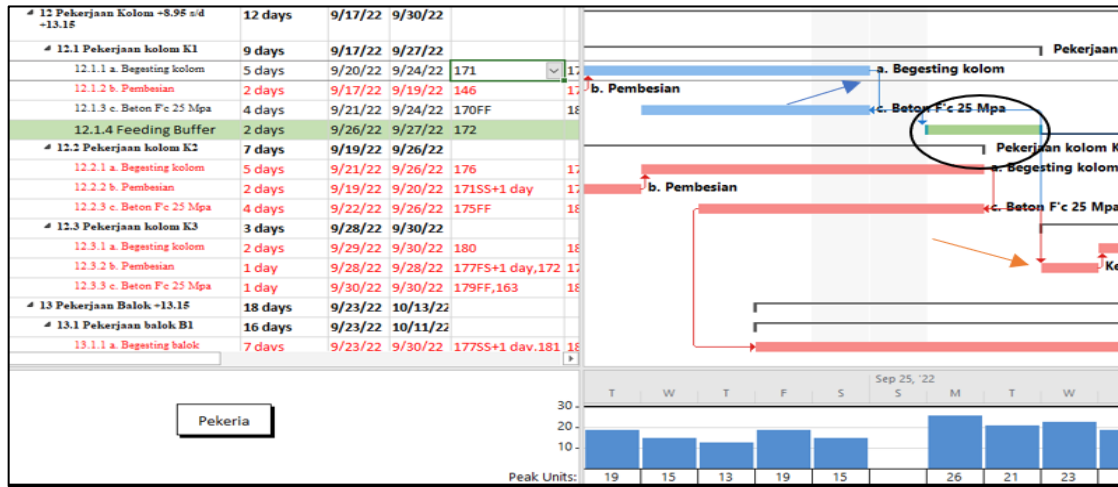
Dalam penentuan waktu FB, dibutuhkan analisa terhadap pekerjaan non-kritis. Hal ini dikarenakan waktu FB diletakkan pada pekerjaan non-kritis yang mengarah pada pekerjaan jalur kritis. Perhitungan waktu *buffer* didapatkan hasil seperti pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Perhitungan *Feeding Buffer*

Pekerjaan	Durasi (hari)		(S-A)/2	^2	Buffer (hari) $2x\sqrt{\left(\frac{S-A}{2}\right)^2}$
	Most Likely (S)	Optimistic (A)			
Pekerjaan Sloof dan Plat	6	4	1	1	2
Pekerjaan Tangga sd +4.75	3	2	0.5	0.3	1
Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	7	5	1	1	2
Pekerjaan Balok +13.15	7	5	1	1	2
Feeding Buffer					7

Dari hasil Tabel 2 diatas, dapat dilakukan langkah selanjutnya berupa input durasi *buffer* ke dalam penjadwalan CCPM.

Gambar 6 berikut merupakan contoh input waktu *buffer*.



Gambar 6. Input Feeding Buffer

2. Project Buffer (PB)

Merupakan waktu pengaman dalam metode CCPM yang diletakkan di akhir penjadwalan dengan besaran nilai buffer yang didasarkan pada waktu pekerjaan

kritis. Serupa dengan perhitungan FB, namun pada perhitungan PB digunakan total durasi sebagai alat perhitungan. Hasil perhitungan PB dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perhitungan Project Buffer

Pekerjaan	Durasi (hari)		(S-A)/2	S ²	Buffer (hari)
	Most Likely (S)	Optimistic (A)			
Pekerjaan Persiapan	9	6	1.5	2.3	
Pekerjaan Fondasi	17	12	2.5	6.3	
Pekerjaan Kolom s/d +4.75	19	13	3	9	
Pekerjaan Balok +4.75	17	12	2.5	6.3	
Pekerjaan Plat +4.75	19	13	3	9	
Pekerjaan Tanggasd. +4.75	7	5	1	1	
Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	10	7	1.5	2.3	
Pekerjaan Balok +8.95	10	7	1.5	2.3	
Pekerjaan Plat +8.95	20	14	3	9	
Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	11	8	1.5	2.3	
Pekerjaan Balok +13.15	26	18	4	16	
Pekerjaan Plat +13.15	24	17	3.5	12.3	
Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	11	8	1.5	2.3	
Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	11	8	1.5	2.3	
Pekerjaan Balok +17.40	14	10	2	4	
Pekerjaan Plat +17.40	17	12	2.5	6.3	
Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	3	2	0.5	0.3	
Pekerjaan Balok +19.90	4	3	0.5	0.3	
Pekerjaan Plat +19.90	4	3	0.5	0.3	
Project Buffer					20

Setelah mendapatkan besaran waktu *buffer* untuk rantai kritis. Dilakukan penginputan waktu PB ke dalam penjadwalan CCPM. Waktu PB diletakkan di akhir durasi pekerjaan sebagai antisipasi keterlambatan proyek secara keseluruhan. Dari hasil pengolahan rencana penjadwalan dengan metode CCPM, didapatkan durasi akhir proyek sebesar 112 hari kerja dengan catatan menggunakan seluruh waktu buffer yang tersedia. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa perencanaan jadwal dengan metode CCPM mampu mengoptimasi perencanaan konvensional sebanyak 18 hari dari waktu rencana eksisting 130 hari menjadi total durasi 112 hari.

Pembahasan

Berdasarkan pengoptimalisasian yang dilakukan pada penjadwalan proyek eksisting, didapatkan percepatan dari durasi awal yang berjumlah 130 hari menjadi 112 hari dengan pengoptimalan melalui metode CCPM. Optimalisasi yang dilakukan terletak pada pengurangan durasi item pekerjaan 30% dari waktu normal dengan penggantian perkiraan waktu aman menjadi waktu *buffer*. Sehubungan dengan hal itu, analisa terhadap hubungan pekerjaan juga dilakukan untuk meminimalisir adanya *multitasking* pada perencanaan proyek. Hal tersebut dinilai lebih optimal dikarenakan terbaginya sumber daya secara lebih merata.

Penggunaan CPPM dengan memanfaatkan waktu *buffer* juga dapat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan (Ilmi & Tjendani, 2024).

Adapun proses optimalisasi yang dilakukan pada perencanaan proyek adalah sebagai berikut.

1. **Pemotongan Durasi Pekerjaan**
Berdasarkan upaya optimalisasi durasi waktu eksisting, selain pemotongan durasi 30%, dilakukan juga beberapa penyesuaian terhadap durasi rencana eksisting. Contoh penyesuaian durasi yang dilakukan adalah pada pekerjaan Tangga s/d +4.75. Estimasi pekerjaan tangga membutuhkan waktu hingga 4 minggu

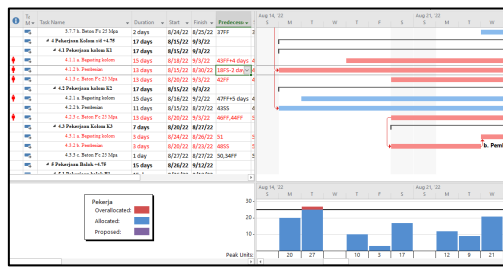
secara total, hal ini dirasa kurang sesuai, sehingga dilakukan penyesuaian berdasarkan hitungan durasi manual menggunakan AHS. Dalam hitungan tersebut, didapatkan data durasi pekerjaan tangga s/d +4.75 menjadi hanya 2 minggu saja.

2. **Meminimalisir Kegiatan *Multitasking***
Berdasarkan data awal proyek, terlihat pada Gambar 7 terdapat adanya penumpukan pekerjaan pada minggu ke-5 yaitu pekerjaan fondasi, sloof dan plat, kolom, balok, plat dan tangga.

Gambar 7. Data Penjadwalan Eksisting

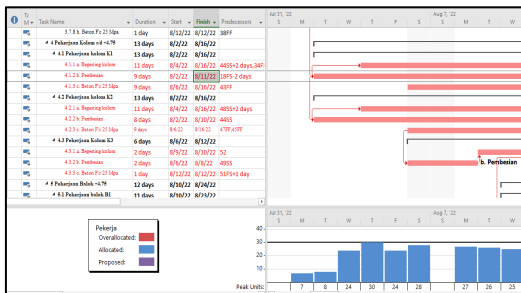
Hal ini mengakibatkan kepadatan sumberdaya karena terlalu banyak pekerjaan dalam 1 minggu. Sehingga, dibutuhkan penyesuaian urutan pekerjaan yang logis agar lebih meminimalisir penumpukan yang terjadi pada minggu tersebut. Beberapa penyesuaian yang dilakukan adalah memotong durasi pada pekerjaan fondasi menjadi hanya 3 minggu dan menggeser pekerjaan tangga lantai 1 menjadi dilakukan pada minggu ke 6.

3. **Pemerataan Sumber Daya**
Sehubungan dengan point nomor 2, dikarenakan adanya perencanaan dengan alokasi penumpukan pekerjaan yang terlalu banyak, maka perlu dilakukan penyesuaian hubungan pekerjaan dengan tujuan meratakan penggunaan sumber daya pada setiap item pekerjaan. Pemerataan alokasi sumber daya dilakukan secara manual dengan mengubah hubungan pekerjaan, dan menggeser waktu mulai atau selesai pekerjaan. Contoh dari penjadwalan awal seperti pada gambar 8, terlihat alokasi sumber daya yang tidak merata, kemudian dilakukan pemerataan alokasi sumber daya.



Gambar 8. Alokasi Sumber Daya yang Tidak Merata

Adapun tindakan yang dilakukan adalah melakukan penyesuaian hubungan pekerjaan seperti mengurangi durasi pekerjaan kolom lantai 1 dan menggeser pekerjaan tangga menjadi minggu ke 6. Sehingga dapat dilihat pada Gambar 9 hasil dari pemerataan alokasi sumber daya.



Gambar 9. Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan serangkaian pemotongan durasi sebelumnya, pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 1 mulai dikerjakan pada minggu ke 3 dengan visual penggunaan sumber daya yang lebih merata.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini, didapatkan hasil berupa metode CCPM mampu mengoptimalkan durasi perencanaan proyek pembangunan gedung menjadi sebanyak 18 hari dari durasi awal 130 hari menjadi 112 hari kerja jika menggunakan seluruh waktu buffer yang tersedia. Hasil tersebut lebih cepat dari estimasi rencana yang selesai dalam waktu 130 hari kerja.

Daftar Pustaka

Abrar, H. (2009). Manajemen Proyek. Andi.
 Alady, M., & Orleans, C. (2016). Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode *Critical Path Method* (CPM) Dengan

Metode *Critical Chain Project Management* Iptek, 20.

Dimiyati, H., & Nurjaman, K. (2014). *Manajemen Proyek* (1 Ed.).
 Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. The North River Press, Massachusetts, Amerika Serikat.
 Goldratt, E. M. (2007). *Viewer Notebook: The Goldratt Webcast Program on Project Management – The Strategy and Tactics Tree for Projects*. 4.7.1. Goldratt Group.
 Hartono, W., (2020). Menghitung Produktivitas dan Durasi. Retrieved from <https://spada.uns.ac.id>
 Hatpito, Anwardi, & Hamdy, M. I. (2019). Identifikasi Waste Proyek Konstruksi Jalan Dengan Menggunakan Metode *Lean Project Management*. *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 5).
 Herroelen, W., Leus, R., & Demeulemeester, E. (2002). Critical Chain Project Scheduling: Do Not Oversimplify. *Project Management Journal*, 33(4), 48–60. <https://doi.org/10.1177/875697280203300406>
 Ilmi, H. N., & Tjendani, H. T. (2024). Analisis Penjadwalan Dan Pembiayaan Pada Proyek Peningkatan Kualitas Kawasan Kumuh Perkotaan Sungai Kapih Ii Samarinda Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management*. *Journal Of Scientech Research And Development*, 6(1).
 Luth, F., & Abma, V. (2024). Perencanaan Penjadwalan Pekerjaan Strukur Groundsill Berbasis BIM 4D Dengan Kolaboratif Model. *Proceeding civil engineering research forum*, 121–128.
 Mahapati, I. A. (2019). Metode Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Konstruksi.
 Mudzakir, A. C., Setiawan, A., Wibowo, M. A., & Khasani, R. R. (2017). Evaluasi Waste Dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang). 145–158.
 Sugiyanto, S., & Umam, Ah. N. (2021). Analisis Kinerja Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode *Performance Intensity*. *Rang Teknik Journal*, 4(1), 52–67. <https://doi.org/10.31869/Rtj.V4i1.1951>
 Widasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Pt Remaja Rosdakarya.
 Wisudanto, A. W. (2019). Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan pada Proyek Konstruksi Gedung di Kediri. ITS. Surabaya.
 Yahya, A. R., & Abma, V. (2022). *Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Metode Resource Levelling*.