Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri)
Vol. 20, No. 2, Agustus 2026, 212-226
p-ISSN 2085-5869/ e-ISSN 2598-4853

Analisis Penjadwalan Proyek Pemasangan Sistem Konferensi *Audio-Video Crestron* dengan Metode *Critical Chain* pada Perusahaan Pertambangan

Herlambang Bagus Wicaksono[1*], Defi Norita[2]
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat 11650
Email: 41620110009@student.mercubuana.ac.id[*], defi.norita@mercubuana.ac.id

(Diterima: 20-07-2024; Direvisi: 15-08-2026; Disetujui: 31-08-2026)

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada penanganan keterlambatan dalam proyek *Video Conference* perusahaan pertambangan melalui *Critical Chain Project Management* (CCPM). Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian deskriptif untuk mengumpulkan dan menganalisis data primer dan sekunder untuk menginterpretasikan dan menarik kesimpulan. Tahapan utama termasuk diagram jaringan, jalur kritis, menghilangkan waktu aman, menambahkan *buffer*, dan membandingkan hasil untuk meningkatkan penjadwalan proyek. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang efektif untuk perencanaan dan pelaksanaan proyek dengan menekankan pada perincian kerja yang terstruktur, manajemen sumber daya yang efisien, dan pengurangan risiko dengan menggunakan CCPM. Temuan menggarisbawahi keunggulan CCPM dibandingkan metode tradisional seperti CPM/PERT, termasuk alokasi sumber daya yang lebih baik, durasi proyek yang lebih singkat, dan pemantauan yang lebih sederhana. Penggunaan *buffer* pada metode ini terbukti sangat penting dalam mengendalikan jadwal proyek dan mengurangi keterlambatan. Hasil penelitian dengan menggunakan CCPM menunjukkan terdapat pemangkasan sebesar 24% dari sebelumnya 50 hari menjadi 38 hari. Penelitian di masa depan dapat mengeksplorasi penerapan CCPM dalam konteks proyek yang beragam untuk lebih memvalidasi efektivitasnya. Secara keseluruhan, penerapan CCPM menjanjikan peningkatan efisiensi proyek, pengurangan risiko keterlambatan, dan hasil proyek yang lebih baik.

Kata kunci: CCPM; Penjadwalan Proyek; Sistem Konferensi Audio-Video; Efisiensi Operasional

Abstract

This research focuses on handling delays in the Video Conference project of a mining company through Critical Chain Project Management (CCPM). This study uses descriptive research methodology to collect and analyze primary and secondary data to interpret and draw conclusions. The main stages include network diagram, critical path, eliminating safe time, adding buffers, and comparing results to improve project scheduling. This research aims to provide effective recommendations for project planning and execution by emphasizing structured work breakdown, efficient resource management, and risk reduction using CCPM. The findings underscore the advantages of CCPM over traditional methods such as CPM/PERT, including better resource allocation, shorter project duration, and simpler monitoring. The use of buffers in this method proved to be very important in controlling the project schedule and reducing delays. The results of the study using CCPM showed that there was a 24% cut from the previous 50 days to 38 days. Future research can explore the application of CCPM in diverse project contexts to further validate its effectiveness. Overall, the application of CCPM promises improved project efficiency, reduced risk of delay, and better project outcomes.

Keywords: *CCPM; Project Scheduling; Audio-Video Conference System; Operational Efficiency*

PENDAHULUAN

Perusahaan kontraktor audio-visual yang menjadi objek penelitian ini fokus pada pemasangan sistem konferensi audio-video untuk perusahaan pertambangan. Proyek ini melibatkan integrasi perangkat merek terkemuka seperti Poly dan Crestron, penting untuk mendukung operasional mereka di kantor dan lapangan tambang. Penjadwalan proyek menjadi krusial dalam memastikan penyelesaian tepat waktu tanpa mengorbankan kualitas (Budi, 2009; Siswanto, 2015; Soeharto, 1999). Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dipilih karena menekankan optimalisasi sumber daya dan mitigasi risiko, yang vital dalam menghadapi tantangan seperti keterbatasan sumber daya, koordinasi dengan pemasok, dan kompleksitas integrasi sistem.

Studi-studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan CCPM dalam proyek konstruksi dan multi-proyek telah berhasil meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko keterlambatan. Penelitian Suyansen, Martanto, dan Nugraha (2014) mengenai penentuan *buffer sizing* dalam CCPM menunjukkan bahwa penggunaan *buffer* waktu yang cerdas dapat mengimbangi variabilitas dalam durasi pekerjaan dan menghindari penjadwalan yang tidak tepat waktu. Begitu pula dengan penelitian Ramanda N dan Arvianto (2015) yang menggambarkan peningkatan *throughput* proyek melalui pengendalian optimal dan penggunaan *buffer* yang efektif.

Penelitian lain menerapkan CCPM pada beragam jenis proyek. Aulady dan Orleans (2016) membandingkan durasi proyek konstruksi apartemen antara metode CPM dan CCPM; Suherman (2016) menerapkan CCPM pada pengendalian waktu proyek pembangunan jalan; Azis dkk. (2017) menggunakan CCPM untuk mengevaluasi penjadwalan pembangunan hanggar; Wirawan (2017) menerapkan CCPM dan CPM pada penjadwalan proyek perbaikan kapal; Febianti dkk. (2015) serta Nurfitriansyah dan Indrayadi (2019) memadukan CCPM dengan pendekatan *lean* pada proyek konstruksi; Lianto dan Anondho (2018) menganalisis koefisien ketidakpastian lingkungan pada perhitungan *buffer*; Larasati dan Sutopo (2020) menganalisis jadwal proyek implementasi perangkat lunak dengan CPM. Publikasi sejak tahun 2022 melaporkan penurunan durasi pada beberapa proyek: Sugiyanto dan Insan (2022) pada pembangunan gudang dari 98 hari menjadi 61 hari; Faiizuddaroini dkk. (2022) pada proyek struktur semi *gantry crane* dari 43 hari menjadi 33 hari dengan total *buffer* 10 hari; Musfar dkk. (2023) sebesar 21.43% pada proyek reparasi kapal; Fahmi dkk. (2023) pada reparasi kapal dari 24 hari menjadi 12 hari dengan *buffer* 9 hari; Samodra dkk. (2025) pada pembangunan kapal dari 790 hari menjadi 678 hari dengan penentuan *buffer* menggunakan *Root Square Error Method*; Sandora dan Tridya (2025) pada proyek pipa dari 318 hari menjadi 216 hari.

Tabel 1. Status Proyek yang Telah dikerjakan Perusahaan Kontraktor Audio-Visual

No	Perusahaan	Status Proyek	Target (*days*)	Aktual (*days*)
1	Perusahaan A	Selesai	7	7
2	Perusahaan B	Selesai (Terlambat)	320	338
3	Perusahaan C	Selesai	14	14
4	Perusahaan Pertambangan	Selesai (Terlambat)	30	50

Saat ini, perusahaan kontraktor audio-visual tengah mengelola beberapa proyek untuk awal tahun ini. Dari proyek-proyek tersebut, empat di antaranya melibatkan instalasi yang membutuhkan waktu paling cepat seminggu. Namun, dari keempat proyek instalasi tersebut, dua di antaranya mengalami keterlambatan, terjadi di Perusahaan B dan perusahaan pertambangan dan dua lainnya di Perusahaan A dan Perusahaan C tidak mengalami keterlambatan. Sehingga, persentase proyek yang terlambat sama dengan proyek yang tepat waktu, yakni 50%. Untuk target proyek di diskusikan saat *Kick Off Meeting* durasi proyek berlangsung dengan *user*, sedangkan dari internal dapat dilihat dari besar kecilnya proyek. Jika banyak maksimal 3 bulan, sedangkan jika sedikit bisa seminggu.

Data pada Tabel 1 menunjukkan total durasi target empat proyek sebesar 371 hari dan total durasi aktual sebesar 409 hari, sehingga selisih keterlambatan sebesar 38 hari atau 10.2% dari total durasi target. Perusahaan A dan Perusahaan C selesai sesuai target masing-masing selama 7 hari dan 14 hari; Perusahaan B melampaui target 320 hari sebanyak 18 hari atau 5.6%; perusahaan pertambangan melampaui target 30 hari sebanyak 20 hari atau 66.7%. Proyek perusahaan pertambangan menyumbang 20 dari 38 hari keterlambatan (52.6%) dan memiliki rasio keterlambatan tertinggi pada Tabel 1; proyek perusahaan pertambangan merupakan objek penelitian ini. Dua proyek dengan durasi target 14 hari atau kurang selesai tepat waktu, sedangkan dua proyek dengan durasi target 30 hari atau lebih terlambat; empat proyek belum cukup untuk menyimpulkan hubungan antara durasi target dan keterlambatan. Penelitian pada proyek instalasi pipa mengidentifikasi keterlambatan pengadaan material, koordinasi antar tim, dan kendala teknis lapangan sebagai penyebab keterlambatan (Mursyid dkk., 2025); proyek perusahaan pertambangan memuat kegiatan pengiriman peralatan dan koordinasi dengan pemasok, sehingga kategori penyebab pengadaan material dan koordinasi perlu ditelusuri pada jadwal proyek perusahaan pertambangan.

Rujukan yang dikaji menerapkan CCPM pada proyek konstruksi bangunan, jalan, dan hanggar, struktur semi gantry crane, reparasi dan pembangunan kapal, serta proyek pipa; penelitian pada proyek perangkat lunak dan proyek instalasi menggunakan CPM atau PERT tanpa penentuan *buffer* (Larasati dan Sutopo, 2020; Mursyid dkk., 2025). Penerapan CCPM pada proyek instalasi dan integrasi sistem konferensi audio-video, yang terdiri atas fase inisiasi, tiga *stage* pada fase *deployment*, dan fase penutupan serta mengalami keterlambatan 20 hari pada Tabel 1, belum ditemukan pada rujukan yang dikaji, sehingga acuan ukuran *buffer* dan durasi untuk proyek instalasi sistem konferensi audio-video belum tersedia. Tujuan dari penelitian ini adalah Melakukan perencanaan dan pengendalian jadwal proyek *Audio -Video Conference* untuk perusahaan pertambangan dengan menggunakan metode CCPM yang berfokus pada sebatas penjadwalan saja. Kemudian menentukan durasi yang optimal proyek *Crestron* dan *Poly* untuk perusahaan pertambangan.

METODE PENELITIAN

Critical Chain Project Management

Metode *Critical Chain* adalah pendekatan yang memungkinkan seorang manager proyek untuk menambahkan waktu penyangga pada setiap kegiatan dalam proyek, mengingat keterbatasan sumber daya dan ketidakpastian yang ada. Metode ini merupakan evolusi dari *Critical Path Method* dan memperhitungkan dampak pemindahan, optimalisasi, dan alokasi sumber daya, serta durasi kegiatan dalam jalur kritis yang telah ditetapkan. Untuk menerapkannya, CCPM menggunakan konsep *buffer* dan manajemen *buffer*. Dalam CCPM, waktu buffer digunakan sebagai pengganti waktu cadangan untuk setiap kegiatan, yang terdiri dari *feeding buffer* dan *project buffer*. *Feeding buffer* berfungsi sebagai penyangga waktu antara kegiatan non-kritis dan kritis, sementara *project buffer* digunakan sebagai cadangan waktu keseluruhan proyek yang ditempatkan pada akhir seluruh kegiatan

proyek. Kajian literatur mengenai penjadwalan proyek dan manajemen *buffer* mengelompokkan penelitian CCPM ke dalam penentuan ukuran *buffer*, pemantauan konsumsi *buffer*, serta optimasi waktu dan sumber daya (Zohrehvandi dan Soltani, 2022).

CCPM mengatasi beberapa permasalahan dengan memasukkan *buffer* ke dalam jadwal proyek. Berbeda dengan pendekatan tradisional yang menambahkan waktu cadangan (*safety time)* ke setiap kegiatan secara terpisah, CCPM mengurangi durasi proyek dengan menghapus waktu cadangan dari masing-masing kegiatan dalam jadwal.

Langkah pertama dalam pengaplikasian metode CCPM adalah melakukan pengurangan durasi masing-masing kegiatan sebesar 50% dari durasi CPM (Leach, 2014). Pengurangan ini bertujuan untuk menghilangkan *safety times* sehingga permasalahan seperti *Student's Syndrome, Parkinson's Law, Multitasking*, dan *Overestimated Activity Durations* dapat dihilangkan. Dimana untuk menentukan durasi CPM didapatkan dari durasi awal kegiatan pada jadwal proyek dan untuk perhitungan durasi CCPM didapat dari 50% dari perhitungan CPM, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Durasi CCPM (A)} = \frac{\text{S}}{2} \text{ atau Durasi CCPM (A)} = 50\% \times \text{S} \quad (1)$$

Besarnya *buffer* didapat dengan menyelesaikan persamaan:

$$Buffer\ Size = 2 \times \sqrt{\frac{S_1 - A_1^2}{2} + \frac{S_2 - A_2^2}{2} + \cdots + \frac{S_n - A_n^n}{2}} \quad (2)$$

Dimana n adalah banyaknya aktivitas dalam rantai kritis. Menggunakan contoh yang sama dari kasus CCPM, ukuran *project buffer* dengan menggunakan metode RSEM. Dengan contoh, kegiatan *purchase order* (PO) dengan kode kegiatan "B" memiliki durasi awal di penjadwalan sebanyak 1 hari. Kemudian dilakukan pengurangan 50% dari *safety time* sehingga didapat sebanyak 0.5 hari.

Setelah didapat 0.5 hari dilanjukan ke perhitungan selanjutnya dengan rumus:

$$Buffer\ Size = \frac{\text{S}-\text{A}}{2} \quad (3)$$

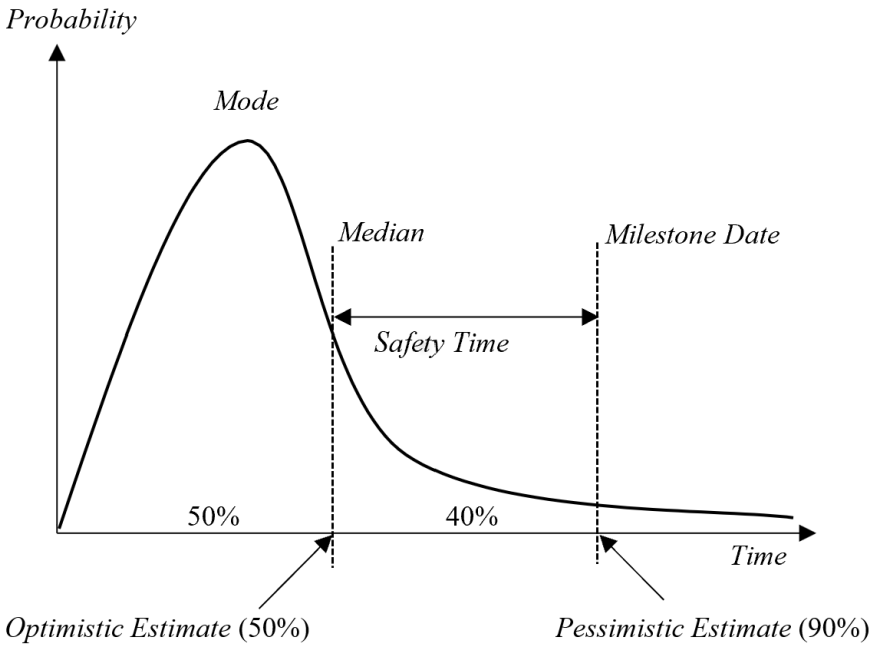
Dimana, S adalah durasi awal jadwal proyek (CPM) dan A adalah hasil pengurangan 50% *safety time* dari durasi awal proyek. Sehingga didapat hasil perhitungan:

$$Buffer\ Size = \frac{1 - 0.5}{2} = 0.25 \text{ hari}$$

Setelah mendapatkan hasil perhitungan kedua, maka dilanjutkan ke perhitungan ke tiga dengan rumus ke-3. Sehingga didapat hasil perhitungan:

$$Buffer\ Size = \sqrt{\frac{1 - 0.5}{2}} = 0.0625 \text{ hari}$$

Dan nantinya besaran *feeding buffer* proyek didapatkan dari total *buffer size* setiap kegiatan dan kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus ke-2. Nantinya dari hasil perhitungan *feeding buffer* selanjutnya dibagi menjadi tiga sama besar. Ukuran *buffer* dipengaruhi oleh ketidakpastian lingkungan proyek yang dinyatakan dalam koefisien ketidakpastian (Lianto dan Anondho, 2018).



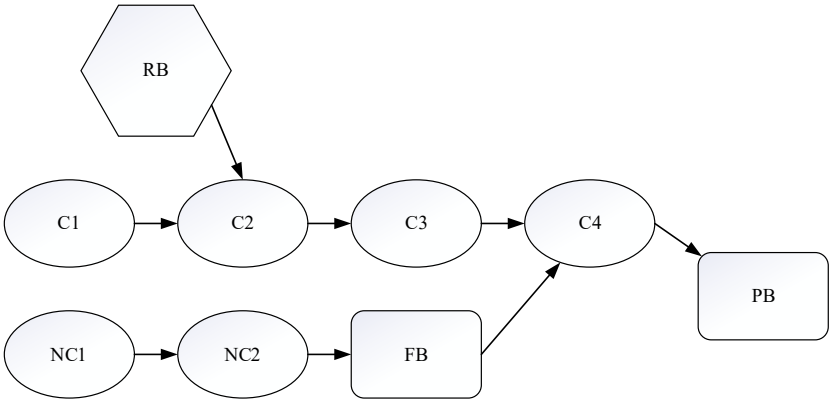
Gambar 1. Distribusi Durasi dalam Aktivitas

Tipe-Tipe *Buffer*

Menurut Leach (2000) di dalam lingkungan proyek tunggal ada tiga tipe *buffer,* yaitu:

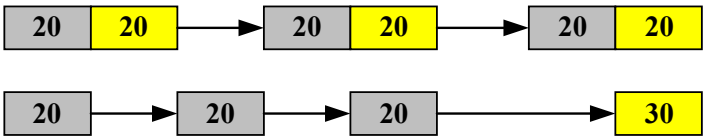
1. *Project Buffer*
   Seperti yang telah disebutkan pada penjadwalan proyek tradisional, *safety time* dimasukan ke dalam beberapa kegiatan, pada metode CCPM *safety time* tersebut digabung menjadi *Project Buffer. Buffer* ini ditambahkan pada akhir proyek untuk melindungi waktu akhir dari penyelesaiannya.
2. *Feeding Buffer*
   Feeding buffer dimasukan untuk melindungi kegiatan jalur kritis akibat terlambatnya kegiatan-kegiatan non jalur kritis. *Buffer* ini dimasukan pada akhir kegiatan-kegiatan non kritis.
3. *Resource Buffer*
   Resource buffer adalah satu-satunya *buffer* yang sifatnya non-waktu. Fungsinya sebagai sinyal, mekanisme jaga-jaga untuk sumber daya agar disiapkan terlebih dahulu ketika dibutuhkan oleh aktivitas dalam jalur kritis. *Resource buffer* dimasukan ke dalam kegiatan ketika aktivitas jalur kritis memerlukan sumber daya yang jenisnya berbeda.

Gambar 2 mendemonstrasikan penggunaan *buffer* atau waktu penyangga di dalam metode CCPM. *Feeding Buffer* (FB) ditempatkan pada poin aktivitas non- kritikal bertemu dengan aktivitas kritikal. *Resource Buffer* (RB) dimasukan sebelum aktivitas kritikal C2, karena aktivitas tersebut memerlukan sumber daya yang berbeda dari aktivitas C1. *Project buffer* (PB) ditempatkan pada akhir dari proyek.



Gambar 2. *Buffer* pada CCPM

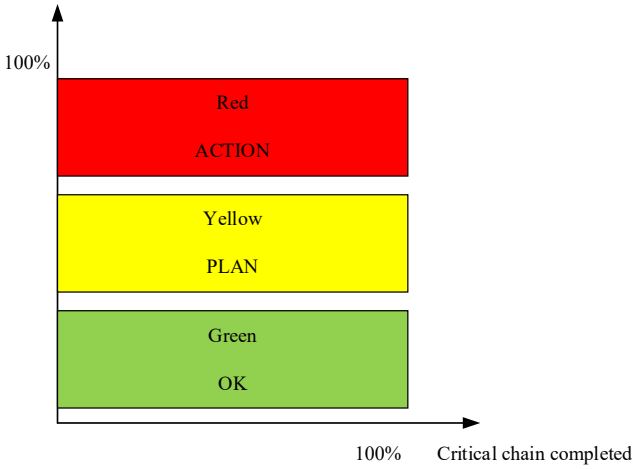
Contoh dapat dilihat pada Gambar 3, dalam rantai kritis dengan tiga aktivitas, setia tugas dengan *safety time* 20, yang berasal dari pemotongan sebesar 50% dari aktivitas keseluruhan waktu kerja 40, dan *project buffer* mempunyai nilai 30 sebagai ukuran *buffer* yang ditambahkan pada akhir rantai kritis yang mempunyai durasi 60 (Ramanda N dan Arvianto, 2015).



Gambar 3. Contoh Perhitungan *buffer* menggunakan Metode CPM

Buffer Management

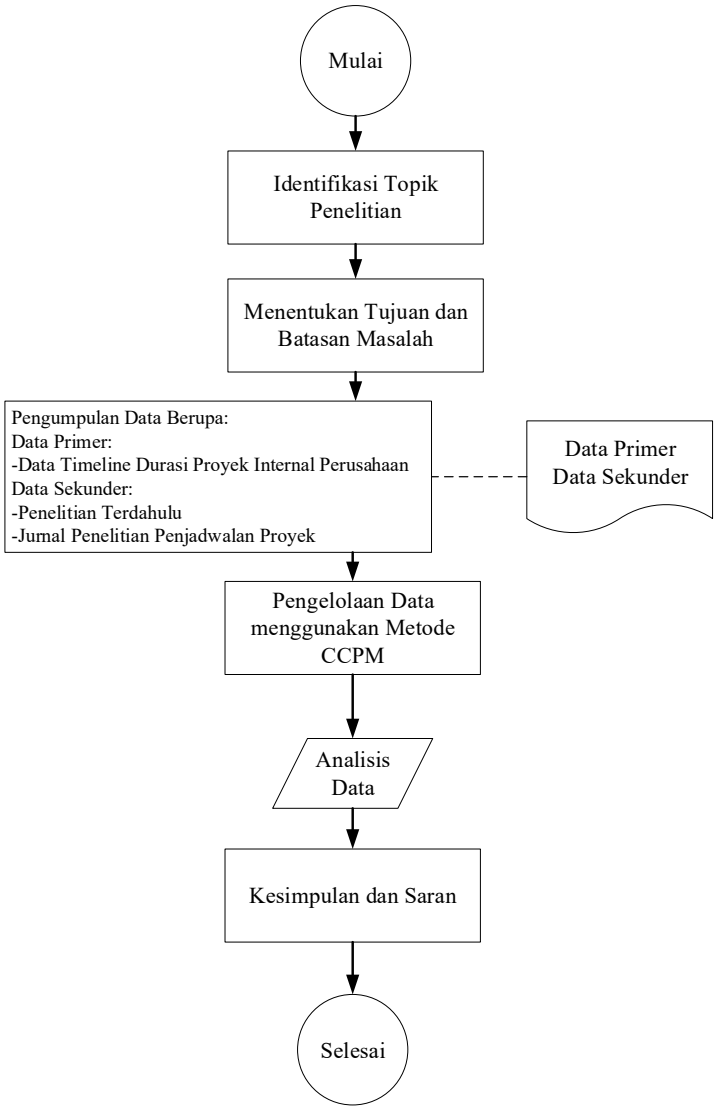
Management buffer dibagi menjadi tiga divisi yang sama besar (Cerveny dan Galup, 2002). Seperti yang ditunjukan oleh Gambar 4 dibedakan menjadi beberapa warna yaitu: hijau, kuning dan merah. Warna hijau menunjukan area dari nilai negatif sampai satu per tiga pemakaian. Ini menunjukan zona aman dimana tidak diharuskannya mengambil tindakan. Warna kuning menunjukan zona transisi dimana tindakan harus sudah direncanakan siap dibutuhkan jika konsumsi *buffer* dinilai banyak. Tindakan pencegahannya berupa identifikasi masalah, membuat strategi untuk memecahkan masalah tersebut. Warna merah menunjukan dimana tindakan pemulihan yang telah direncanakan sebelumnya harus dilaksanakan.



Gambar 4. *Buffer Monitoring* pada CCPM

Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan jenis penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan data sebanyak mungkin sesuai kebutuhan, untuk kemudian diinterpretasikan, dianalisis, dan ditarik kesimpulan mengenai kondisi objek penelitian berdasarkan data yang terkumpul. Hal ini bertujuan untuk memberikan solusi serta rekomendasi kepada perusahaan dalam merencanakan dan melaksanakan proyek.



Gambar 5. Langkah-langkah Penelitian

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

a. Data Primer, data utama yang akan diolah dalam penelitian ini. Data ini diperoleh langsung melalui observasi lapangan pada proyek dan wawancara dengan *Project Manager* karena mereka bertanggung jawab atas semua kegiatan proyek.
b. Data Sekunder, diperoleh dari dokumen-dokumen proyek serta melalui penelitian kepustakaan, yaitu mempelajari literatur dan referensi terkait penjadwalan proyek yang relevan dengan topik penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dikumpulkan adalah data penjadwalan proyek *vicon* di perusahaan pertambangan.

Tabel 2. Durasi Proyek di Perusahaan Pertambangan

No.	*Task Name*	*Duration*
	Phase I - Project Initiation	
	Sales Order	
	Purchase Order	
1	*Internal meeting*	1 hari
	Site Survey	
	Kick-off meeting	
	Equipment delivering	
	Phase II – Deployment	
	Stage I - Mobile Video Conference	
	- *Dismantle* perangkat *vicon* eksisting	
	- *Mounting* perangkat baru	
	- *Cabling interconnection*	2 hari
	- *Setup* & konfigurasi	
	- *Testing* & *commissioning* (UAT)	
	Stage II - Vicon for Amber & Alexandrite	
	- Penarikan kabel	
2	- *Mounting* kamera & pemasangan perangkat	4 hari
	- *Cabling interconnection*	
	- Setup & konfigurasi	
	- *Testing* & *commissioning* (UAT)	2 hari
	Stage III - Vicon for Emerald	
	- Penarikan kabel	1 hari
	- *Mounting* kamera & pemasangan perangkat	
	- *Cabling interconnection*	1 hari
	- *Setup* & konfigurasi	
	- *Re-Programming*	8 hari
	- *Testing, commissioning* & UAT	2 hari
	Phase III – Closing	
3	- *Documentation* (BAST)	1 hari
	- *Share knowledge*	
Total		**30**

Tabel 2 memuat rencana durasi proyek perusahaan pertambangan sebesar 30 hari, sama dengan durasi target pada Tabel 1, yang terbagi dalam tiga fase. Fase I (*Project Initiation*) terdiri atas enam kegiatan berdurasi masing-masing 1 hari dengan total 6 hari atau 20% dari total durasi; Fase II (*Deployment*) berdurasi 22 hari atau 73.3% yang terdiri atas Stage I selama 4 hari, Stage II selama 6 hari, dan Stage III selama 12 hari; Fase III (*Closing*) berdurasi 2 hari atau 6.7%. Stage III memuat kegiatan *re-programming* selama 8 hari, yaitu kegiatan dengan durasi terpanjang pada Tabel 2 dan setara dengan 26.7% dari total durasi proyek. Kegiatan pengujian, *commissioning*, dan UAT dilakukan pada ketiga stage dengan

durasi 2 hari per *stage*, sehingga total pengujian sebesar 6 hari atau 20% dari total durasi. Sebaran durasi menunjukkan bahwa 22 dari 30 hari berada pada Fase II, sehingga pengendalian jadwal pada Fase II mencakup bagian terbesar dari durasi proyek.

Tabel 3. Aktivitas dan Durasi Proyek *Video Conference* Perusahaan Pertambangan

No	*Task Name*	*Duration (Day)*	*Start*	*Finish*	*Predecessors*
	Project Initiation				
1	*Sales Order*	1	Jum, 7/2/24	Jum, 7/2/24	-
2	*Purchase Order*	1	Sen, 12/2/24	Sen, 12/2/24	1
3	Pertemuan internal	1	Sel, 13/2/24	Sel, 13/2/24	2
4	Survey Lokasi	1	Jum, 16/2/24	Jum, 16/2/24	3
5	Pertemuan Awal	1	Rab, 28/2/24	Rab, 28/2/24	4
6	Pengiriman Peralatan	1	Kam, 7/3/24	Kam, 7/3/24	5
	Deployment				
	Stage I Mobile Video Conference				
7	Membongkar peralatan *vicon* yang ada	2	Jum, 8/3/24	Sab, 9/3/24	6
8	Memasang peralatan baru	2	Jum, 8/3/24	Sab, 9/3/24	7
9	Interkoneksi kabel	2	Jum, 8/3/24	Sab, 9/3/24	8
10	Penyiapan & konfigurasi	2	Jum, 8/3/24	Sab, 9/3/24	9
	Stage II – Vicon for Amber & Alexandrite				
11	Membongkar peralatan *vicon* yang ada	4	Sab, 9/3/24	Sab, 9/3/24	6
12	Memasang peralatan baru	4	Sel, 14/5/24	Sab, 18/5/24	11
13	Interkoneksi kabel	4	Sel, 14/5/24	Sab, 18/5/24	12
14	Penyiapan & konfigurasi	4	Sel, 14/5/24	Sab, 18/5/24	13
	Stage III – Vicon for Emerald				
15	Penarikan kabel	1	Sab, 9/3/24	Sab, 9/3/24	6
16	Memasang kamera & pemasangan perangkat	1	Kam, 4/4/24	Kam, 4/4/24	15
17	Interkoneksi kabel	1	Kam, 4/4/24	Kam, 4/4/24	16
18	Penyiapan & konfigurasi	1	Kam, 4/4/24	Kam, 4/4/24	17
19	Program ulang	8	Sen, 26/4/24	Jum, 3/5/24	18
	Closing				
20	Pengujian, komisioning & UAT	6	Sen, 20/5/24	Sen, 27/5/24	10, 14, 19
21	Dokumentasi BAST	1	Sel, 28/5/24	Sel, 28/5/24	20
22	Berbagi pengetahuan	1	Rab, 29/5/24	Rab, 29/5/24	21
	Total	**50**			

Tabel 3 menguraikan proyek menjadi 22 kegiatan dengan total durasi 50 hari yang dihitung dari penjumlahan durasi seluruh kegiatan, sama dengan durasi aktual proyek perusahaan pertambangan pada Tabel 1. Durasi per kelompok adalah 6 hari pada *Project Initiation* (kegiatan 1 sampai 6), 8 hari pada *Stage I* (kegiatan 7 sampai 10), 16 hari pada *Stage II* (kegiatan 11 sampai 14), 12 hari pada *Stage III* (kegiatan 15 sampai 19), dan 8 hari pada *Closing* (kegiatan 20 sampai 22). Kolom *predecessors* menunjukkan bahwa kegiatan 1 sampai 6 berjalan berurutan; kegiatan 7, 11, dan 15 memiliki *predecessor* yang sama, yaitu kegiatan 6, sehingga *Stage I*, *Stage II*, dan *Stage III* membentuk tiga lintasan yang berawal dari kegiatan 6; kegiatan 20 memiliki *predecessor* kegiatan 10, 14, dan 19, sehingga ketiga lintasan bertemu pada kegiatan pengujian, komisioning, dan UAT. Akumulasi durasi

lintasan *Stage II* sebesar 16 hari lebih panjang daripada lintasan *Stage I* sebesar 8 hari dan lintasan *Stage III* sebesar 12 hari. Selisih total durasi antara Tabel 3 (50 hari) dan Tabel 2 (30 hari) sebesar 20 hari berasal dari *Stage I* sebesar 6 hari, *Stage II* sebesar 12 hari, dan *Stage III* sebesar 2 hari, yaitu kegiatan yang pada Tabel 2 berada dalam satu kelompok durasi dan pada Tabel 3 diberi durasi per kegiatan.

Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan Proyek *Video Conference*

Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan Proyek *Video Conference* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan Proyek *Video Conference*

No	*Task Name*	*Predecessors*	*Duration CPM (S) (Day)*	*Duration CCPM (A) (Day)*
	Project Initiation			
1	*Sales Order*	-	-	-
2	*Purchase Order*	1	1	0.5
3	Pertemuan internal	2	1	0.5
4	Survey Lokasi	3	1	0.5
5	Pertemuan Awal	4	1	0.5
6	Pengiriman Peralatan	5	1	0.5
	Stage I Mobile Video Conference			
7	Membongkar peralatan *vicon* yang ada	6	2	1.0
8	Memasang peralatan baru	7	2	1.0
9	Interkoneksi kabel	8	2	1.0
10	Penyiapan & konfigurasi	9	2	1.0
	Stage II – Vicon for Amber & Alexandrite			
11	Membongkar peralatan *vicon* yang ada	6	4	2.0
12	Memasang peralatan baru	11	4	2.0
13	Interkoneksi kabel	12	4	2.0
14	Penyiapan & konfigurasi	13	4	2.0
	Stage III – Vicon for Emerald			
15	Penarikan kabel	6	1	0.5
16	Memasang kamera & pemasangan perangkat	15	1	0.5
17	Interkoneksi kabel	16	1	0.5
18	Penyiapan & konfigurasi	17	1	0.5
19	Program ulang	18	8	4.0
	Closing			
20	Pengujian, komisioning & UAT	10, 14, 19	6	3.0
21	Dokumentasi BAST	20	1	0.5
22	Berbagi pengetahuan	21	1	0.5

Tabel 4 menerapkan langkah pertama CCPM, yaitu pemotongan *safety time* sebesar 50% dari durasi CPM (Leach, 2014), sehingga durasi CCPM (A) setiap kegiatan sama dengan setengah durasi CPM (S): kegiatan berdurasi 1 hari menjadi 0.5 hari, 2 hari menjadi 1.0 hari, 4 hari menjadi 2.0 hari, 6 hari menjadi 3.0 hari, dan 8 hari menjadi 4.0 hari. Penjumlahan kolom durasi CPM pada 21 kegiatan yang memiliki nilai (kegiatan *Sales Order* tidak diberi nilai pada Tabel 4) adalah 49 hari dan penjumlahan kolom durasi CCPM adalah 24.5 hari, sehingga *safety time* yang dihapus sebesar 24.5 hari. Pemotongan terbanyak

berasal dari *Stage II* sebesar 8 hari (32.7%); berikutnya *Stage I* dan kegiatan *re-programming* masing-masing 4 hari (16.3%), pengujian, komisioning, dan UAT sebesar 3 hari (12.2%), *Project Initiation* sebesar 2.5 hari (10.2%), kegiatan *Stage III* selain *re-programming* sebesar 2 hari (8.2%), dan *Closing* sebesar 1 hari (4.1%). Pemotongan *safety time* sebesar 50% pada tingkat kegiatan juga diterapkan pada proyek reparasi kapal sebagai salah satu variasi pemotongan (Musfar dkk., 2023; Fahmi dkk., 2023), dan penghapusan *safety time* dengan penambahan *buffer* diterapkan pada proyek struktur semi gantry crane yang durasinya turun dari 43 hari menjadi 33 hari (Faiizuddaroini dkk., 2022). Penghapusan *safety time* dari setiap kegiatan menghilangkan ruang bagi *Student's Syndrome* dan *Parkinson's Law* pada kegiatan individual, sedangkan perlindungan terhadap ketidakpastian dipindahkan ke *buffer* yang dihitung pada Tabel 6.

Tabel 5. Kode Kegiatan

No	*Task Name*	Kode Kegiatan
	Project Initiation	
1	*Sales Order*	A
2	*Purchase Order*	B
3	Pertemuan internal	C
4	Survey Lokasi	D
5	Pertemuan Awal	E
6	Pengiriman Peralatan	F
	Deployment	
	Stage I Mobile Video Conference	
7	Membongkar peralatan *vicon* yang ada	G
8	Memasang peralatan baru	H
9	Interkoneksi kabel	I
10	Penyiapan & konfigurasi	J
	Stage II – Vicon for Amber & Alexandrite	
11	Membongkar peralatan *vicon* yang ada	K
12	Memasang peralatan baru	L
13	Interkoneksi kabel	M
14	Penyiapan & konfigurasi	N
	Stage III – Vicon for Emerald	
15	Penarikan kabel	O
16	Memasang kamera & pemasangan perangkat	P
17	Interkoneksi kabel	Q
18	Penyiapan & konfigurasi	R
19	Program ulang	S
	Closing	
20	Pengujian, komisioning & UAT	T
21	Dokumentasi BAST	U
22	Berbagi pengetahuan	V

Tabel 5 memberi kode huruf A sampai V pada 22 kegiatan sesuai urutan nomor pada Tabel 3, dengan pembagian kode A sampai F untuk *Project Initiation*, G sampai J untuk Stage I, K sampai N untuk Stage II, O sampai S untuk Stage III, dan T sampai V untuk *Closing*. Kode diperlukan karena nama kegiatan yang sama muncul pada lebih dari satu stage: Interkoneksi kabel memiliki kode I, M, dan Q; Penyiapan & konfigurasi memiliki kode J, N, dan R; Membongkar peralatan vicon yang ada memiliki kode G dan K; Memasang peralatan baru memiliki kode H dan L. Kode kegiatan digunakan pada Tabel 6 untuk menghubungkan durasi CPM dan durasi CCPM dengan perhitungan *buffer* setiap kegiatan.

Tabel 6. Perhitungan *Buffer*

No	Kode Kegiatan	*Duration* CPM (S)	*Duration* CCPM (A)	(S-A)/2 (1)	(S-A)/2 (2)
1	A	-	-	-	-
2	B	1	0.5	0.25	0.0625
3	C	1	0.5	0.25	0.0625
4	D	1	0.5	0.25	0.0625
5	E	1	0.5	0.25	0.0625
6	F	1	0.5	0.25	0.0625
7	G	2	1.0	0.5	0.25
8	H	2	1.0	0.5	0.25
9	I	2	1.0	0.5	0.25
10	J	2	1.0	0.5	0.25
11	K	4	2.0	1	1.0
12	L	4	2.0	1	1.0
13	M	4	2.0	1	1.0
14	N	4	2.0	1	1.0
15	O	1	0.5	0.25	0.0625
16	P	1	0.5	0.25	0.0625
17	Q	1	0.5	0.25	0.0625
18	R	1	0.5	0.25	0.0625
19	S	8	4.0	2.0	4.0
20	T	6	3.0	1.5	2.25
21	U	1	0.5	0.25	0.0625
22	V	1	0.5	0.25	0.0625
Feeding Buffer					**11.9375**
***Feeding Buffer* (Hari)**					**12.25**

Tabel 6 menghitung ukuran *buffer* setiap kegiatan dari selisih durasi CPM (S) dan durasi CCPM (A). Kolom (S-A)/2 (1) bernilai 0.25 hari untuk kegiatan berdurasi 1 hari, 0.5 hari untuk 2 hari, 1.0 hari untuk 4 hari, 1.5 hari untuk 6 hari, dan 2.0 hari untuk 8 hari; penjumlahan kolom (S-A)/2 (1) sebesar 12.25 hari, sama dengan 50% dari *safety time* yang dihapus pada Tabel 4 sebesar 24.5 hari. Ukuran *project buffer* sebesar 12 hari pada pembahasan berikutnya sesuai dengan pembulatan dari 12.25 hari pada baris *Feeding Buffer* (Hari). Kontribusi terbesar berasal dari kegiatan K sampai N (masing-masing 1.0 hari, total 4.0 hari atau 32.7%), kegiatan S (2.0 hari atau 16.3%), dan kegiatan T (1.5 hari atau 12.2%). Kolom (S-A)/2 (2) menghasilkan penjumlahan 11.9375 hari sebagaimana tercantum pada baris *Feeding Buffer*. Ukuran *buffer* 12 hari setara dengan 24% dari durasi CPM 50 hari; proporsi 24% mendekati total *buffer* 10 hari terhadap durasi awal 43 hari (23.3%) pada proyek struktur semi *gantry crane* (Faiizuddaroini dkk., 2022) dan lebih rendah daripada *buffer* 9 hari terhadap durasi normal 24 hari (37.5%) pada proyek reparasi kapal (Fahmi dkk., 2023).

Dari hasil perhitungan tabel didapat *project buffer* sebesar 12 hari yang dimasukkan ke dalam penjadwalan metode CCPM sehingga total durasi penjadwalan dengan metode CCPM menjadi 38 hari (jadwal awal 50 hari). Dari hasil tersebut selanjutnya dibagi menjadi tiga sama besar yang akan menentukan daerah-daerahnya seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemakaian Durasi *Project Buffer*

Zona Pemakaian *Buffer*	*Project Buffer* (Hari)	Durasi yang Terpakai (Hari)
0% - 33%	12	<3.96
34%-67%	12	4.08-8.04
68%-100%	12	8.16

Tabel 7 membagi *project buffer* 12 hari menjadi tiga zona dengan ukuran sepertiga dari *buffer* (Cerveny dan Galup, 2002). Zona pertama (0% sampai 33%) berlaku untuk pemakaian kurang dari 3.96 hari; zona kedua (34% sampai 67%) berlaku untuk pemakaian 4.08 sampai 8.04 hari; zona ketiga (68% sampai 100%) berlaku untuk pemakaian mulai 8.16 hari sampai batas 12 hari. Pada zona pertama proyek tidak memerlukan tindakan; pada zona kedua rencana tindakan pencegahan disiapkan melalui identifikasi masalah dan penyusunan strategi penyelesaian; pada zona ketiga tindakan pemulihan yang telah direncanakan dilaksanakan, sebagaimana diuraikan pada bagian *Buffer Management*. Dengan *safety time* yang dikonsolidasikan pada *project buffer*, pemantauan jadwal proyek perusahaan pertambangan berpindah dari pemantauan durasi tiap kegiatan ke pemantauan pemakaian *buffer* terhadap tiga ambang pada Tabel 7; pemantauan konsumsi *buffer* termasuk salah satu topik utama dalam penelitian penjadwalan proyek dan manajemen *buffer* (Zohrehvandi dan Soltani, 2022). Pemakaian seluruh 12 hari *buffer* menempatkan durasi proyek pada batas atas jadwal CCPM.

PENUTUP

Hasil penelitian ini pelaksanaan proyek *video conference* membutuhkan struktur yang terorganisir, sehingga metode *Work Breakdown Structure* (WBS) digunakan untuk menyusun aktivitas dan mempermudah manajemen serta penjadwalan. Dengan analisis *Critical Chain Project Management* (CCPM), durasi pelaksanaan setiap pekerjaan dipotong hingga 50%, memungkinkan proyek diselesaikan dalam 38 hari, lebih cepat 12 hari dibandingkan dengan durasi awal 50 hari, atau pemangkasan sebesar 24%. Namun, jika seluruh buffer proyek digunakan, waktu pengerjaan bisa lebih lama. Pemakaian seluruh *buffer* dapat meningkatkan biaya pada proyek reparasi kapal dengan *buffer* 9 hari, pemakaian seluruh *buffer* meningkatkan biaya tenaga kerja sebesar 38.3% (Fahmi dkk., 2023); pemantauan zona *buffer* pada Tabel 7 menjadi acuan pengendalian pemakaian *buffer* pada pelaksanaan proyek berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

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 Apartamen Menara Rungkut). *Jurnal IPTEK*, *20*(1), 13. https://doi.org/10.31284/j.iptek.2016.v20i1.29

Azis, S., P, E. H. D., & Supriyadi, D. (2017). Evaluasi Penjadwalan Pembangunan Hanggar PT. Gudang Garam, Tbk Menggunakan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus Pembangunan Hanggar PT. Gudang Garam, Tbk di Waru, Siduarjo, Jawa Timur). *Jurnal Info Manajemen Proyek*, *6*(2), 30-42.

Budi, S. (2009). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Cerveny, J. F., & Galup, S. D. (2002). Critical Chain Project Management Holistic Solution Aligning Quantitative and Qualitative Project Management Methods. *Production and Inventory Management Journal*, *43*, 55–64.

Faiizuddaroini, M., Nugroho, W., Supriyadi, & Nalhadi, A. (2022). Perencanaan Proyek Struktur Semi Gantry Crane Menggunakan Critical Chain Project Management. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, *14*(2), 142–152.

https://doi.org/10.22441/oe.2022.v14.i2.051
Fahmi, S., Mulyatno, I. P., & Zakki, A. F. (2023). Penerapan Critical Chain Project Management (CCPM) dalam Percepatan Proyek Reparasi KT. Selat Legundi II – 206 dengan Variasi Pemotongan Safety Time. *Jurnal Teknik Perkapalan*, *11*(4), 38–47.
Febianti, E., Herlina, L., & Herfaisal, A. (2015). Analisis Proyek Konstruksi Menggunakan Critical Chain Project Management dan Lean Construction Untuk Meminimasi Waste. *Prosiding Semnastek*, *November*, 1–11.
Larasati, D. A., & Sutopo, W. (2020). Analisis Efektivitas Jadwal Proyek Implementasi Software dengan Critical Path Method: Studi Kasus. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, *6*(1), 55–64. https://doi.org/10.30656/intech.v6i1.2292
Leach, L. P. (2000). *Critical Chain Project Management*. Artech House.
Leach, L. P. (2014). *Critical Chain Project Management* (3rd ed.). Artech House.
Lianto, I. E., & Anondho, B. (2018). Analisis Besaran Koefisien Ketidakpastian Environmental Uncertainty (Eu) Yang Berpengaruh Pada Perhitungan Buffer Pada Critical Chain Project Management (Ccpm) Di Jakarta. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, *1*(2), 143. https://doi.org/10.24912/jmts.v1i2.2671
Mursyid, A. T., Hidayat, & Negoro, Y. P. (2025). Analisis Manajemen Proyek pada Proyek Instalasi Pipa dengan Metode CPM dan Metode PERT di PT. Cahya Mandiri Gemilang. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, *8*(2), 578–585. https://doi.org/10.31539/intecoms.v8i2.15002
Musfar, R. F., Manik, P., & Tuswan. (2023). Analisis Percepatan Waktu dan Produktivitas pada Proyek Reparasi Kapal KM Dharma Rucitra VII dengan Metode Critical Chain Project Management (CCPM). *Jurnal Teknik Perkapalan*, *11*(4), 146–158.
Nurfitriansyah, M., & Indrayadi; (2019). Mengaplikasikan Metode Lean Project Management dan Metode Penjadwalan CCPM Dalam Tahap Perencanaan Proyek Konstruksi. *Revista de Universidad de Tanjungpura*, 200–214.
Ramanda N., R., & Arvianto, A. (2015). Penerapan Critical Chain Project Management Untuk Mengatasi Masalah Multi Proyek Dengan Keterbatasan Resources Di Pt Berkat Manunggal Jaya. *Industrial Engineering Online Journal*, *4 (2)*, 1–7.
Samodra, B. P. D., Santoso, A., & Wardhana, E. M. (2025). Critical Chain Project Management and Buffer Planning: Study Case at Security Accommodation Vessel Construction. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, *10*(1), 137–145. https://doi.org/10.12962/j25481479.v10i1.22525
Sandora, R., & Tridya, D. R. (2025). Implementation of Critical Chain Project Management Method on Controlling the Pipeline Project. *Tibuana: Journal of Applied Industrial Engineering*, *8*(1), 15–21. https://doi.org/10.36456/tibuana.8.1.9988.15-21
Siswanto, A. B. (2015). *Manajemen Proyek* (I. Hamidullah (ed.)). CV. Pilar Nusantara.
Soeharto, I. (1999). *MANAJEMEN PROYEK (Dari Konseptual Sampai Operasional)* (Edisi Kedua). Erlangga.
Sugiyanto, & Insan, K. (2022). Penerapan Optimalisasi Metode Critical Chain Project Management pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi. *Rang Teknik Journal*, *5*(2), 352–363. https://doi.org/10.31869/rtj.v5i2.3121
Suherman, S. (2016). Pengendalian Waktu Proyek dengan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management (Ccpm) (Studi Kasus: Pembangunan Jalan SMK IT Payakumbuh). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, *2*(2), 104. https://doi.org/10.24014/jti.v2i2.5093
Suyansen, C. H., Sandika Martanto, W., & Nugraha, P. (2014). Penentuan Buffer Sizing Dalam Penerapan Critical Chain Project Management Pada Sebuah Proyek Konstruksi. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, *3*(2), 1–8.

Wirawan, G. (2017). Penerapan Metode Critical Chain Project Management (CCPM) Dan Critical Path Method (CPM) Pada Penjadwalan Proyek Perbaikan Kapal BC30002. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Zohrehvandi, S., & Soltani, R. (2022). Project Scheduling and Buffer Management: A Comprehensive Review and Future Directions. *Journal of Project Management*, *7*(2), 121–132. https://doi.org/10.5267/j.jpm.2021.9.002