

Implementation Of Critical Path Method And Critical Chain Project Management For Project Scheduling

Penerapan Metode Jalur Kritis Dan Manajemen Proyek Rantai Kritis Untuk Penjadwalan Proyek

Mukandar Idris , Mega Cattleya Prameswari Annisa Islami

**Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya Jawa Timur 60294 Indonesia**

Email: 21032010209@student.upnjatim.ac.id

Abstract - Work time scheduling is a crucial factor that affects the success of construction project implementation. Project management is a discipline that utilizes information, skills, tools, and procedures to plan, organize, and direct resources (human, time, financial, and material) to achieve set goals within a certain period of time. The use of scheduling programs or tools increases the effectiveness and efficiency of project management. This study aims to implement the Critical Path Method (CPM) and Critical Chain Project Management (CCPM) techniques for work duration scheduling on the oil tank foundation construction project at PT XYZ. The study data were obtained by analyzing the correlation between the relationship between work and the duration of each activity. The results of the comparative analysis of the two methodologies were used to identify important tasks and ensure the ideal project duration. The results of the analysis showed that the CCPM duration was 90 days, 8 days faster than the CPM approach. PT XYZ is advised to use an application-based scheduling method to improve the effectiveness and efficiency of its project implementation.

Keywords: Critical Path Method, Critical Chain Project Management, Project Management

Abstrak – Penjadwalan waktu kerja merupakan faktor krusial yang mempengaruhi keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi. Manajemen proyek merupakan disiplin ilmu yang memanfaatkan informasi, keterampilan, perangkat, dan prosedur untuk merencanakan, mengatur, dan mengarahkan sumber daya (manusia, waktu, keuangan, dan material) untuk mencapai tujuan yang ditetapkan dalam jangka waktu tertentu. Pemanfaatan program atau perangkat penjadwalan meningkatkan efektivitas dan efisiensi manajemen proyek. Kajian ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknik *Critical Path Method* (CPM) dan *Critical Chain Project Management* (CCPM) untuk penjadwalan durasi kerja pada proyek pembangunan pondasi tangki minyak di PT XYZ. Data kajian diperoleh dengan cara menganalisis korelasi antara keterkaitan pekerjaan dengan durasi masing-masing kegiatan. Hasil analisis perbandingan kedua metodologi tersebut digunakan untuk mengidentifikasi tugas-tugas penting dan memastikan durasi proyek yang ideal. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi CCPM adalah 90 hari, 8 hari lebih cepat daripada pendekatan CPM. PT XYZ disarankan untuk menggunakan metode penjadwalan berbasis aplikasi untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pelaksanaan proyek-proyeknya.

Kata Kunci: Critical Path Method, Critical Chain Project Management, Manajemen Proyek.

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan merupakan salah satu sektor ekonomi yang tumbuh paling cepat di Indonesia [1]. Proyek dapat didefinisikan sebagai setiap usaha yang memiliki tanggal mulai dan selesai yang dimaksudkan untuk diselesaikan dalam jangka waktu tertentu [2]. Kontrol waktu, yang sering dikenal sebagai penjadwalan proyek, adalah alat penting untuk menyelesaikan proyek apa pun. Ketepatan dan kesesuaian waktu pelaksanaan menjadi sangat penting karena hal ini akan berdampak pada beberapa aspek, seperti keterlambatan [3]. Keterlambatan proyek dan masalah lain yang tidak termasuk dalam lingkup

garis waktu implementasi proyek merupakan masalah operasional umum yang muncul selama perencanaan dan pelaksanaan proyek [4]. Keterlambatan dapat terjadi selama pelaksanaan proyek bangunan karena berbagai alasan. Perbedaan antara bobot yang dimaksudkan dan aktualitas dari setiap tugas berdasarkan nilai kontrak dapat melebar jika terjadi keterlambatan pelaksanaan pekerjaan proyek [5]. Hal ini menghasilkan kemunduran besar dalam penyelesaian proyek karena inisiatif sebelumnya gagal memenuhi tujuan waktu. Untuk menjaga proyek tetap pada jalurnya dalam hal waktu,

uang, dan kualitas, manajemen penjadwalan yang efektif sangat penting [5].

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri perdagangan minyak bumi dan jasa terminal. Fasilitas penyimpanan dan pengelolaan bahan bakar merupakan bagian penting dari perdagangan bahan bakar minyak skala besar dan kecil. Tangki penyimpanan merupakan bagian penting dalam proses produksi industri minyak karena tangki ini menampung material cair [6]. Namun dalam proses pemenuhan kebutuhan, konsumen menghadapi kendala tempat penyimpanan bahan bakar. Proyek pembangunan tangki penyimpanan minyak (*storage tank*) untuk memperluas kapasitas penyimpanan bahan bakar merupakan salah satu upaya PT XYZ untuk meningkatkan infrastruktur dan kualitas produknya. Pondasi merupakan salah satu komponen bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah di bawahnya [7]. Aspek pembangunan pondasi perlu diperhatikan. Perusahaan mengharapkan jadwal diselesaikan tepat waktu, mengingat keterlambatan, kemacetan, dan inefisiensi lainnya telah menyebabkan manajemen proyek sebelumnya berjalan lebih lama dari yang bisa diantisipasi. Dalam hal ini perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan *Critical Chain Project Management* (CCPM)[8].

CPM merupakan metode yang menetapkan korelasi langsung antara sumber daya yang digunakan, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek, serta jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap langkah proyek [9]. Ketika suatu proyek sedang dilaksanakan, CPM dapat digunakan untuk menghemat waktu [10]. CCPM merupakan alternatif dari CPM yang dibangun di atas teknik dan algoritma dasar yang ditetapkan oleh *Theory of Constraints* (TOC), merupakan salah satu pendekatan untuk perencanaan dan pemrosesan proyek [11]. Pendekatan ini merupakan pemikiran inovatif yang dapat membantu menghemat waktu dan uang sambil menyelesaikan proyek dengan lebih cepat [12]. Ketika operasi jaringan non-kritis mengalami ketidakpastian penjadwalan, hal ini dapat memengaruhi kinerja aktivitas jaringan rantai yang penting. Untuk mencegah hal ini, buffer pengumpanan digunakan [13]. Ketidakpastian dalam waktu untuk operasi rantai krusial, waktu penyelesaian akhir proyek akan dilindungi dengan menggunakan *buffer* proyek. Setelah jaringan penting terakhir dikerjakan, *buffer* proyek ditambahkan ke akhir proyek.

Studi terapan ini dilakukan untuk menghindari keterlambatan waktu kerja proyek pembangunan menggunakan metode CPM dan CCPM yang dioperasikan melalui *software MS Project*. Diharapkan dengan adanya studi ini, perusahaan dapat meminimalisir keterlambatan dan meningkatkan efisiensi pekerjaan.

2. METODE PELAKSANAAN

Studi kasus ini dilaksanakan pada Desember 2024 di PT XYZ. Tahapan kegiatan dimulai dengan persiapan, yang mencakup studi literatur dan pemilihan perangkat lunak untuk penjadwalan waktu kerja. Selanjutnya, data lapangan dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara dengan manajer proyek untuk mendapatkan informasi yang relevan. Setelah data terkumpul, proses penjadwalan pekerjaan dilakukan menggunakan perangkat lunak *MS Project*. Hasil dari kedua metode ini berupa *Gantt chart* dan estimasi total waktu pengerjaan proyek. Kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan untuk menentukan jadwal kerja yang paling efisien dan optimal, sehingga dapat diusulkan sebagai acuan pelaksanaan proyek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Critical Path Method

Identifikasi penjadwalan proyek pondasi tangki minyak mendapatkan urutan deskripsi aktivitas dari materi proyek, yang terdiri dari kontrak, gambar, dan spesifikasi [14]. Daftar urutan aktivitas pekerjaan pada proyek pondasi tangki minyak ditunjukkan pada Tabel 1. Setiap aktivitas diberi simbol abjad dari A hingga S untuk mewakili kegiatan yang dilakukan dalam penjadwalan kerja.

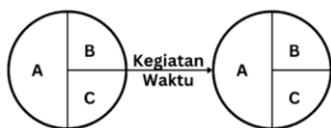
Tabel 1. Daftar Urutan Aktivitas

No	Aktivitas	Uraian	No	Aktivitas	Uraian
1	A	Rental Alat Berat	11	K	Pemotongan Spoonpile
2	B	Mobilisasi Genset	12	L	Pembesian untuk spoon pile dan bakesing
3	C	Mobilisasi Material	13	M	Pembuatan cetakan bekisting kayu
4	D	Mapping Drone	14	N	Pemasangan besi spoon pile
5	E	Clearing Area Pembangunan	15	O	Pengisian spoon pile/ pengecoran
6	F	Pemagaran area proyek	16	P	Pengecoran lantai kerja
7	G	Survei titik pancang dan bouplang	17	Q	Pemasangan besi pondasi
8	H	Mobilisasi material pemancangan 1	18	R	Pemasangan bekisting
9	I	Mobilisasi material pemancangan 2	19	S	Pengecoran pondasi
10	J	Pemancangan			

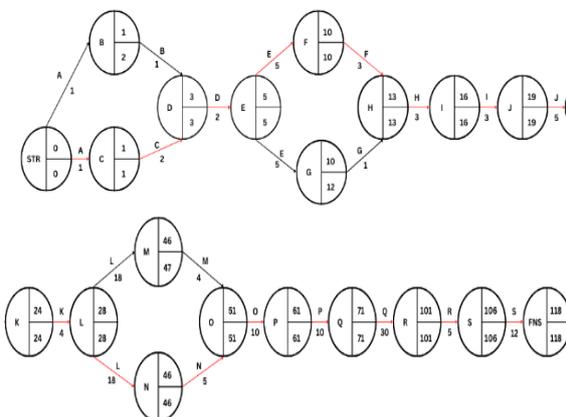
Selanjutnya disusun hubungan antara berbagai aktivitas dalam proyek pembangunan pondasi tangki minyak, sesuai dengan urutan pelaksanaan, aktivitas pendahulu, serta estimasi waktu penyelesaian setiap aktivitas (Tabel 2). Didapatkan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek adalah 124 hari. Dari Tabel 2 dibuat diagram jaringan kerja seperti pada contoh Gambar 1. Hasil diagram dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Hubungan Keterkaitan Aktivitas

No	Kode	Kode Pendahulu	Waktu
1	A		1
2	B	A	1
3	C	A	2
4	D	B, C	2
5	E	D	5
6	F	E	3
7	G	E	1
8	H	F, G	3
9	I	H	3
10	J	H, I	5
11	K	J	4
12	L	K	18
13	M	L	4
14	N	L	5
15	O	M, N	10
16	P	O	10
17	Q	P	30
18	R	Q	5
19	S	R	12
Total Pengerjaan			124



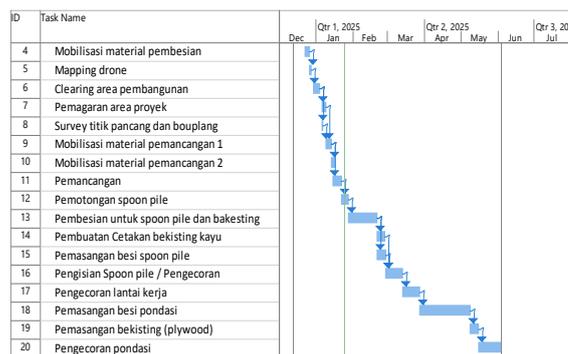
Gambar 1. Contoh Pembuatan Jaringan Kerja. A = Simbol event/kegiatan, B = Waktu paling cepat terjadinya event (ES), C = Waktu paling lambat terjadinya event (LS)



Gambar 2. Diagram Jaringan Kerja Aktual

Berdasarkan Gambar 2, garis merah menunjukkan lintasan kritis yang terdiri dari aktivitas A, C, D, E, F, H, I, J, K, L, N, O, P, Q, R, dan

S. Lintasan non-kritis ditandai dengan garis hitam yang meliputi aktivitas B, G, dan M. Selanjutnya dilakukan analisis CPM menggunakan *MS Project* untuk mendapatkan hasil berupa *ganttt chart* (Gambar 3). *Gantt Chart* merupakan penjadwalan proyek dan evaluasi perkembangan yang paling umum digunakan dalam proyek untuk menunjukkan aktivitas dalam proyek dari saat kegiatan mulai dilakukan sampai dengan batas waktu berakhir, dalam bentuk grafik batang. Sebagai pembandingan dilakukan penjadwalan waktu kerja menggunakan perhitungan manual (Tabel 3).



Gambar 3. Gantt Chart Critical Path Method

Tabel 3. Hasil kegiatan metode CPM

Aktivitas	Waktu (Hari)	ES	EF	LS	LF	Float
A	1	0	1	0	1	0
B	1	1	2	2	3	1
C	2	1	3	1	3	0
D	2	3	5	3	5	0
E	5	5	10	5	10	0
F	3	10	13	10	13	0
G	1	10	11	12	13	2
H	3	13	16	13	16	0
I	3	16	19	16	19	0
J	5	19	24	19	24	0
K	4	24	28	24	28	0
L	18	28	46	28	46	0
M	4	46	50	47	51	1
N	5	46	51	46	51	0
O	10	51	61	51	61	0
P	10	61	71	61	71	0
Q	30	71	101	71	101	0
R	5	101	106	101	106	0
S	12	106	118	106	118	0
Total	118					

Keterangan :

- ES = Early Start (waktu paling awal aktivitas dimulai)
- EF = Early Finish (waktu paling awal aktivitas selesai)
- LS = Late Start (waktu paling lambat aktivitas dimulai)
- LF = Late Finish (waktu paling lambat aktivitas selesai)
- Float = Waktu luang atau kelonggaran

Aktivitas dengan nilai float 0 menandakan bahwa aktivitas tersebut berada pada jalur kritis, dimana keterlambatan pada aktivitas ini akan berdampak pada waktu penyelesaian proyek. Berdasarkan Tabel 3 jalur kritis terdiri dari

aktivitas-aktivitas dengan float = 0, yaitu A-C-D-E-F-H-I-J-K-L-N-O-P-Q-R-S, dengan total durasi proyek selama 118 hari.

Metode Critical Chain Project Management

Metode ini dilakukan diawali dengan identifikasi durasi menggunakan *Cut & Paste Method* (C&PM). Metode C&PM digunakan untuk menentukan waktu penyelesaian yang lebih efisien. Dengan teknik ini, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap tugas dalam daftar urutan aktivitas dikurangi hingga setengahnya [14], berkat pengetahuan luas perencana (*Site Project Engineering Staff*) dan penelitian sebelumnya.

Aktivitas penting dalam menentukan durasi tercepat atau tersingkat penyelesaian proyek, didasari pemahaman bahwa setiap penundaan aktivitas pada rute kritis akan menyebabkan durasi keseluruhan proyek bertambah. Berdasarkan Gambar 3 identifikasi rute kritis telah dilakukan menggunakan pendekatan CPM. Dari rute kritis ini dilakukan identifikasi *Project Buffer* (Tabel 4) dan *Feeding Buffer* (Tabel 5). Rumus yang digunakan adalah:

Project Buffer

$$= 2 \times \sqrt{\left(\frac{S_1 - A_2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_n - A_n}{2}\right)^2} \quad 1)$$

$$= 2 \times \sqrt{107,5}$$

$$= 2 \times 10,368$$

$$= 20,736 \approx 21 \text{ hari kerja}$$

Feeding Buffer

$$= 2 \times \sqrt{\left(\frac{S_1 - A_2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_n - A_n}{2}\right)^2} \quad 2)$$

$$= 2 \times \sqrt{1,125}$$

$$= 2 \times 1,0606$$

$$= 2,121 \approx 2 \text{ hari kerja}$$

Keterangan :

- S = Waktu aman
- A = Waktu tercepat
- S_n = Waktu aman pada kegiatan n
- A_n = Waktu tercepat pada Kegiatan n

Berdasarkan hasil perhitungan dalam Tabel 4 dan 5, metode CCPM menghasilkan *project buffer* sebesar 21 hari kerja, *feeding buffer* sebesar 2 hari kerja. Penentuan waktu penyangga, baik *project buffer* maupun *feeding buffer*, bertujuan untuk mengestimasi penghematan waktu kerja tanpa memanfaatkan waktu penyangga sama sekali. Perkiraan waktu kerja harian pada jalur penyangga dihitung berdasarkan asumsi rata-rata waktu kerja harian untuk seluruh aktivitas.

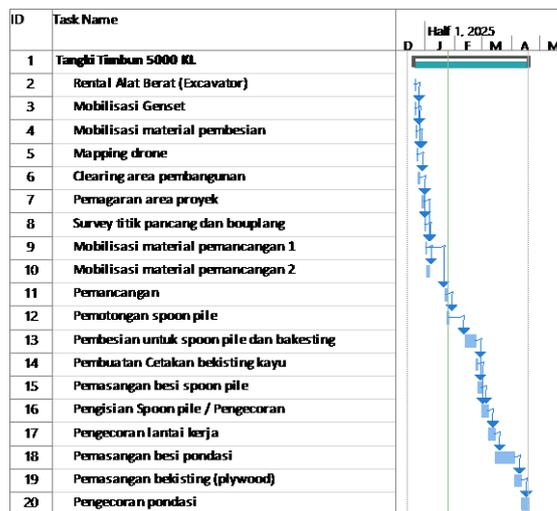
Tabel 4. Perhitungan *Project Buffer*

No	Akti- vitas	S	A	S-A	S-A/2	(S-A/2)^2
1	A	1	0,5	0,5	0,25	0,0625
2	C	2	1	1	0,5	0,25
3	D	2	1	1	0,5	0,25
4	E	5	2,5	2,5	1,25	1,5625
5	F	3	1,5	1,5	0,75	0,5625
6	H	3	1,5	1,5	0,75	0,5625
7	I	3	1,5	1,5	0,75	0,5625
8	J	5	2,5	2,5	1,25	1,5625
9	K	4	2	2	1	1
10	L	18	9	9	4,5	20,25
11	N	5	2,5	2,5	1,25	1,5625
12	O	10	5	5	2,5	6,25
13	P	10	5	5	2,5	6,25
14	Q	30	15	15	7,5	56,25
15	R	5	2,5	2,5	1,25	1,5625
16	S	12	6	6	3	9
Total						107,5

Tabel 5. Perhitungan *Feeding Buffer*

No	Akti- vitas	S	A	S-A	S-A/2	(S-A/2)^2
1	B	1	0,5	0,5	0,25	0,0625
2	G	1	0,5	0,5	0,25	0,0625
3	M	4	2	2	1	1
Total						1,125

Hasil analisis metode CCPM dengan menggunakan *project buffer* juga dibuatkan *gantt chart* (Gambar 4).



Gambar 4. *Gantt Chart Critical Chain Project Management*

Dari hasil analisis metode CPM dan CCPM tampak bahwa kedua metode tersebut memiliki pendekatan yang berbeda dalam penjadwalan proyek. CPM berfokus pada identifikasi jalur kritis, yaitu rangkaian tugas yang menentukan durasi keseluruhan proyek. Pendekatan ini

mengutamakan efisiensi waktu dengan menjadwalkan tugas berdasarkan estimasi waktu yang presisi, tanpa mempertimbangkan secara langsung keterbatasan sumber daya. Pada kajian ini dihasilkan durasi total pengerjaan proyek pondasi tangki minyak yaitu 118 hari.

Sebaliknya, CCPM lebih berorientasi pada manajemen sumber daya dan ketidakpastian dalam proyek. Pada pelaksanaan proyek pembangunan pondasi tangki minyak ini CCPM memperkenalkan konsep *buffer* waktu, seperti *project buffer* sebesar 21 hari dan *feeding buffer* sebesar 2 hari, untuk mengantisipasi gangguan atau perubahan yang mungkin terjadi selama proyek berlangsung. Selain itu, CCPM juga mengutamakan optimalisasi sumber daya untuk mencegah konflik atau penjadwalan berlebihan, yang sering kali diabaikan dalam CPM. Secara umum, CPM lebih cocok untuk proyek dengan ketidakpastian rendah dan sumber daya yang cukup, sementara CCPM lebih efektif untuk proyek yang kompleks, memiliki ketergantungan tinggi, dan menghadapi banyak ketidakpastian. Kedua metode ini dapat saling melengkapi tergantung pada kebutuhan dan karakteristik proyek yang dikelola.

4. PENUTUP

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis penjadwalan waktu kerja kegiatan pembangunan proyek pondasi tangki minyak di PT XYZ didapatkan durasi total waktu pengerjaan proyek pada metode CPM sebesar 118 hari kerja, sedangkan metode CCPM sebesar 69 hari kerja tanpa menggunakan *project buffer* dan 90 hari apabila digunakan *project buffer*. Penggunaan metode CCPM dapat diusulkan.

Rekomendasi juga diberikan untuk penggunaan analisis dua metode yang berbeda tersebut pada *software* seperti *MS Project*, dalam implementasi proses penjadwalan proyek perusahaan. Hal ini untuk mengoptimalkan efisiensi penjadwalan waktu kerja terhadap proyek selanjutnya. Diharapkan dengan diterapkannya usulan tersebut oleh perusahaan, dapat meminimalisir terjadinya keterlambatan waktu pengerjaan pada proyek-proyek yang dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Hartono and D. Handayani, "Pelatihan Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Microsoft Project Pada PT Insan Pesona Kabupaten Pati," SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknol. dan Seni bagi Masyarakat), vol. 11, no. 1, p. 61, 2022, doi: 10.20961/semar.v11i1.53626.
- [2] D. Mega Rizkia Riesna et al., "Identifikasi Platform dan Faktor Sukses dalam Manajemen Proyek Teknologi Informasi (Identification of Platforms and Success Factors in Information Technology Project Management)," J. Teknol. Ris. Terap., vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023,
- [3] M. P. Nanda, M. Kurniawati, and S. Riswanto, "Penggunaan Metode Project Evaluation Review Technique (Pert) Dalam Evaluasi Perencanaan Penjadwalan Proyek," J. Tek. Sipil, vol. 17, no. 3, pp. 163–173, 2023, doi: 10.24002/jts.v17i3.7181.
- [4] M. Rio, E. Shaputra, S. Nisumanti, and N. Puspita, "Pelaksanaan Pada Proyek Jalan Ruas Betung – Mangunjaya", Fakultas Teknik Universitas IBA TEKNIKA : Jurnal Teknik Fakultas Teknik Universitas IBA," vol. 9, no. 1, pp. 65–74, 2020.
- [5] W. Boy, R. Erlindo, and R. A. Fitrah, "Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Kuliah Pada Masa Pandemi Covid 19," J. Rivet, vol. 1, no. 01, pp. 57–64, 2021, doi: 10.47233/rivet.v1i01.231.
- [6] E. E. La Hamdan¹, Noce. N. Tetelepta^{2*}, "Journal Mechanical Engineering (JME).," J. Mech. Eng. (JME)., vol. 1, no. 3, pp. 201–208, 2023.
- [7] M. Sanaky, L. M. Saleh, and H. D. Titley, "Jurnal Simetrik Vol 11, No. 1, Juni 2021," J. Simetrik, vol. 11, no. 1, pp. 432–439, 2021.
- [8] N. Saputra, E. Handayani, and A. Dwiretnani, "Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi," J. Talent. Sipil, vol. 4, no. 1, p. 44, 2021, doi: 10.33087/talentsipil.v4i1.48.
- [9] A. Purwantoro, K. J. Suhin, and W. Nuswantoro, "Pengendalian Proyek Konstruksi Gedung Menggunakan Critical Path Method (Cpm) Dan Earned Value Method (Evm)," J. Tek., vol. 5, no. 2, pp. 65–72, 2022.
- [10] L. Lugina, S. Agustian, and C. S. Geraldo, "Penerapan Metode Project Evaluation adn Review Technique (PERT) dan Critical Path Method (CPM) terhadap Pembangunan Gedung," J. Pendidik. Tambusai, vol. 6, no. 8, pp. 880–888, 2022,
- [11] A. B. Sulistyono, I. Ipan, and A. Khadijah, "Redesign Road Project Using Critical Chain Project Management Method and Crashing Method," Opsi, vol. 14, no. 2, p.

- 262, 2021,
- [12] A. Mufahri and W. Oetomo, "Analisis Biaya Dan Waktu pada Pembangunan Rumah Sakit Tingkat III Brawijaya Surabaya menggunakan Metode Critical Chain Project Management (CCPM)," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 2023–852, 2023.
- [13] Rusnani, Enita, Tukidi, and E. Haryanto, "Journal of Scientech Research and Development," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–32, 2021, [Online]. Available: <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR/>
- article/view/14
- [14] J. Sarifah, B. Pasaribu, and T. Hariri, "Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Pada Proyek Perencanaan Teknis Manajemen Persampahan Di Kabupaten Padang Lawas Utara Provinsi Sumatra Utara (Studi Kasus)," *J. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, pp. 96–103, 2023, doi: 10.30743/jtsip.v2i1.7665.