



EVALUATION OF PROJECT IMPLEMENTATION TIME BASED ON OPTIMISTIC, PESSIMISTIC, AND MOST LIKELY TIME USING THE MONTE CARLO METHOD

(Project Case Study: Sentul Road Rehabilitation - Bendung Terrace - Tirtayasa, Serang District FY. 2022)

Muhammad Ridho Alcaesar¹⁾*, Eri Susanto Hariyadi²⁾ & Mardiaman³⁾

Magister Teknik Sipil Universitas Tama Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan^{1,3}, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Kota Bandung²

Koresponden*, Email: edhoalcaesar@gmail.com

Abstract

Construction projects have precise plans and completion times. This turnaround time is affected by the performance of the workers and the method of execution. In this road rehabilitation work, there are several stages of work that require time to complete. The Monte Carlo method can estimate the completion time which can be calculated with the optimistic time, the most likely time and the pessimistic time. In this study using quantitative analysis method which refers to 10 respondents with each working device, namely contractors, consultants, owners and foremen. The results of the study show difference between opinions regarding the estimated time for implementation between contractors, consultants, owners and foremen. The comparison results of the Monte Carlo simulation were obtained with a difference of 1.7 – 1.9 weeks when compared with the actual results.

Keywords: execution time; optimistic time; pessimistic time; most likely time; monte carlo

Abstrak

Proyek konstruksi memiliki rencana dan waktu penyelesaian yang tepat. Waktu penyelesaian ini dipengaruhi oleh kinerja para pekerja dan metode pelaksanaan. Pada pekerjaan rehabilitasi jalan ini terdapat beberapa tahap pekerjaan yang membutuhkan waktu penyelesaian. Metode Monte Carlo dapat mengestimasi waktu penyelesaian yang dapat dihitung dengan waktu optimis, waktu most likely dan waktu pesimis. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif yang mengacu pada 10 responden dengan masing-masing perangkat kerjanya yaitu kontraktor, konsultan, owner dan mandor. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan antara pendapat mengenai estimasi waktu pelaksanaan antara kontraktor, konsultan, owner dan mandor. Hasil perbandingan simulasi Monte Carlo yang diperoleh dengan selisih 1,7 – 1,9 minggu jika dibandingkan dengan hasil realisasi.

Kata Kunci: waktu pelaksanaan; waktu optimis; waktu pesimis; waktu most likely; monte carlo

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan pemindahan orang ataupun barang dari suatu wilayah ke wilayah lain (Sompa *et al*, 2021; Ruktiningsih, 2017). Meningkatnya pertumbuhan penduduk mengakibatkan

peningkatan prasarana transportasi yaitu salah satunya jalan. Jalan merupakan penghubung antar wilayah yang terdiri atas perkerasan di dalamnya (Faritzie *et al* 2019; Zulkarnain *et al* 2023). Pembangunan proyek jalan saat ini menjadi fokus utama diberbagai daerah

dalam mendukung perekonomian. Proyek konstruksi jalan memiliki rencana penyelesaian dan metode pekerjaan yang kompleks seperti perencanaan waktu konstruksi pada tiap pekerjaan (Krishna, *et al* 2023). Dalam mengantisipasi ketidakpastian pada proyek konstruksi jalan, maka dapat menggunakan metode probabilistik seperti Monte Carlo (Suardika & Suparta, 2017; Desmyra, 2022). Penelitian proyek dengan metode Monte Carlo telah dilakukan oleh Wijaya *et al* 2019 dan Putra *et al* (2020) yaitu dengan jenis proyek bangunan gedung. Penggunaan metode Monte Carlo ini dikembangkan untuk pemilihan durasi dari awal rencana sampai ke akhir. Pentingnya penelitian mengenai waktu penyelesaian ini akan berdampak pada faktor risiko yang berpengaruh terhadap investor proyek (Akhirini *et al* 2023; Hubert & Huda, 2015). Maka dari itu pada makalah ini membahas mengenai waktu pekerjaan rehabilitasi Jalan Sentul - Teras Bendung - Tirtayasa di Kabupaten Serang.

METODE

Lokasi penelitian berada di Jalan Sentul - Teras Bendung - Tirtayasa, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Data primer yang digunakan berupa data situasi lapangan, pengisian formulir kuesioner yang berisikan pertanyaan mengenai estimasi waktu pekerjaan kepada responden. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan berupa *time schedule* dan kurva S dari tiap pekerjaan. Proses pengolahan dan analisis data menggunakan analisis kuantitatif yaitu dalam menentukan *expected time* (Te) pada tiap pekerjaan. Perhitungan *expected time* (Te) menggunakan metode perhitungan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) yang artinya waktu tercepat, waktu terlama dan waktu paling mungkin (Maslina *et al*, 2023; Febriana & Aziz, 2021). Metode ini dapat digunakan untuk mengestimasi waktu

proyek pekerjaan yang lebih cepat dalam manajemen proyek (Dewi *et al*, 2023). Data - data yang digunakan dalam perhitungan *expected time* (Te) adalah waktu optimis (To), waktu pesimis (Tp), dan waktu *most likely* (Tm). Untuk memperoleh waktu ini dilakukan pengisian kuesioner kepada 10 responden terpilih dalam penelitian ini. Perhitungan *expected time* (Te) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Te = \frac{To+4 Tm+Tp}{6} \quad (1)$$

Dimana:

Te = *expected time*

To = waktu optimis

Tp = waktu pesimis

Tm = waktu *most likely*

Perhitungan probabilitas ini juga memperhitungkan nilai variansi, Berikut adalah rumus untuk mendapatkan variansi:

$$variansi = \frac{(Tp - To)^2}{36} \quad (2)$$

Dimana:

Tp = waktu pesimis

To = waktu optimis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Responden yang dipilih sebanyak 10 orang tersebut terdiri atas 3 orang Kontraktor (KO), 2 Konsultan Pengawas (KS), 3 orang Owner (O) dan 2 orang mandor (M). Masing-masing responden telah menjawab pertanyaan dari kuesioner yang telah diberikan yaitu mengenai waktu optimis (To), waktu pesimis (Tp) dan waktu *most likely* (Tm). Tabel 1 merupakan hasil kuesioner dari kontraktor mengenai To, Tm, dan Tp dimana waktu Tp merupakan waktu terbesar yaitu 41,67 minggu. Besarnya waktu ini berdasarkan pengalaman dan jenis pekerjaan yang pernah dilakukan. Tabel 2 juga merupakan hasil pengisian kuesioner oleh responden konsultan dimana Tp lebih besar dari pada To. Tabel 3 menunjukkan hasil pengisian kuesioner dari *owner* dengan rata-rata

waktu T_o sebesar 28,33 minggu, T_m 45,33 minggu. sebesar 21,67 minggu dan T_p sebesar

Tabel 1. Hasil survei untuk waktu kontraktor

No.	Jenis Pekerjaan	Waktu untuk Kontraktor (KO) (minggu)		
		T_o	T_m	T_p
I	Divisi Umum			
1	Mobilisasi dan SMK3	2.33	1.67	4.00
II	Divisi 3. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik			
2	Galian Perkerasan Berbutir	2.33	2.00	4.00
3	Galian Perkerasan Beton	2.33	2.00	4.00
III	Divisi 5. Pekerjaan Perkerasan			
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A (Perbaikan)	2.33	1.33	3.00
5	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Perbaikan)	2.67	2.00	3.00
6	Perkerasan Beton Semen fc'35 MPa (L : 5 m)	3.33	3.33	4.33
7	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	2.67	2.67	3.33
IV	Pekerjaan Struktur TPT			
8	Galian Biasa untuk TPT	2.67	1.33	2.67
9	Pasangan Batu untuk TPT	3.67	3.00	6.67
10	Timbunan Biasa dari Sumber Galian untuk TPT	2.33	1.00	4.00
V	Pekerjaan Lainnya			
11	Marka Jalan Termoplastik	1.33	1.33	2.67
	Total	28.00	21.67	41.67

Tabel 2. Hasil survei untuk waktu konsultan

No.	Jenis Pekerjaan	Waktu untuk Konsultan (KS) (minggu)		
		T_o	T_m	T_p
I	Divisi Umum			
1	Mobilisasi dan SMK3	3.50	2.00	4.00
II	Divisi 3. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik			
2	Galian Perkerasan Berbutir	3.00	1.50	4.00
3	Galian Perkerasan Beton	4.00	2.00	3.50
III	Divisi 5. Pekerjaan Perkerasan			
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A (Perbaikan)	3.00	1.50	3.00
5	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Perbaikan)	2.50	2.00	2.50
6	Perkerasan Beton Semen fc'35 MPa (L : 5 m)	3.50	3.50	5.00
7	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	4.50	2.50	4.50
IV	Pekerjaan Struktur TPT			
8	Galian Biasa untuk TPT	2.00	1.00	3.00
9	Pasangan Batu untuk TPT	4.50	2.50	7.00
10	Timbunan Biasa dari Sumber Galian untuk TPT	2.00	1.50	4.50
V	Pekerjaan Lainnya			
11	Marka Jalan Termoplastik	1.00	1.00	3.50
	Total	33.50	21.00	44.50

Tabel 3. Hasil survei untuk waktu owner

No.	Jenis Pekerjaan	Waktu untuk Owner (O) (minggu)		
		T_o	T_m	T_p
I	Divisi Umum			
1	Mobilisasi dan SMK3	2.33	1.67	4.00

No.	Jenis Pekerjaan	Waktu untuk Owner (O) (minggu)		
		To	Tm	Tp
II	Divisi 3. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik			
2	Galian Perkerasan Berbutir	2.33	2.00	5.00
3	Galian Perkerasan Beton	2.67	2.00	4.67
III	Divisi 5. Pekerjaan Perkerasan			
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A (Perbaikan)	2.33	1.33	3.00
5	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Perbaikan)	2.00	2.33	3.00
6	Perkerasan Beton Semen fc'35 MPa (L : 5 m)	3.67	3.00	4.67
7	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	3.33	2.67	4.00
IV	Pekerjaan Struktur TPT			
8	Galian Biasa untuk TPT	2.33	1.33	3.00
9	Pasangan Batu untuk TPT	3.33	3.00	7.00
10	Timbunan Biasa dari Sumber Galian untuk TPT	2.33	1.33	4.00
V	Pekerjaan Lainnya			
11	Marka Jalan Termoplastik	1.67	1.00	3.00
	Total	28.33	21.67	45.33

Tabel 4. Hasil survei untuk waktu mandor

No.	Jenis Pekerjaan	Waktu untuk Mandor (M) (minggu)		
		To	Tm	Tp
I	Divisi Umum			
1	Mobilisasi dan SMK3	1.50	1.50	4.00
II	Divisi 3. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik			
2	Galian Perkerasan Berbutir	2.50	1.50	2.50
3	Galian Perkerasan Beton	2.00	1.50	3.50
III	Divisi 5. Pekerjaan Perkerasan			
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A (Perbaikan)	2.00	1.00	3.00
5	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Perbaikan)	2.00	2.00	3.50
6	Perkerasan Beton Semen fc'35 MPa (L : 5 m)	3.50	3.50	6.50
7	Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	4.00	3.00	4.50
IV	Pekerjaan Struktur TPT			
8	Galian Biasa untuk TPT	2.50	1.00	3.50
9	Pasangan Batu untuk TPT	3.50	2.00	7.50
10	Timbunan Biasa dari Sumber Galian untuk TPT	2.50	1.00	3.50
V	Pekerjaan Lainnya			
11	Marka Jalan Termoplastik	1.00	1.50	3.00
	Total	27.00	19.50	45.00

Tabel 5. Rekap hasil estimasi waktu pekerjaan

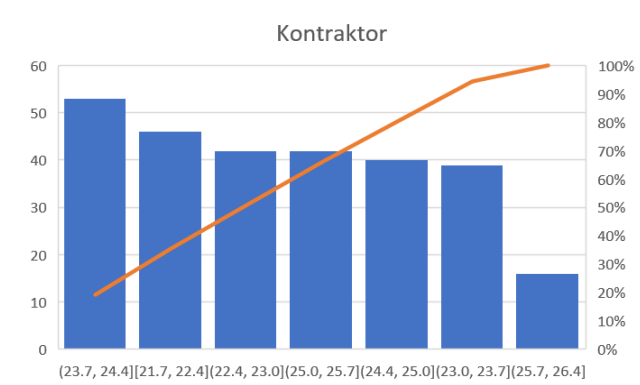
Responden	Waktu total (minggu)			
	To	Tm	Tp	Te
Kontraktor (KO)	28.00	21.67	41.67	26.06
Konsultan (KS)	33.50	21.00	44.50	27.00
Owner (O)	28.33	21.67	45.33	26.72
Mandor (M)	27.00	19.50	45.00	25.00
Rata-rata	29.21	20.96	44.13	26.19

Tabel 6. Rekap simulasi Monte Carlo

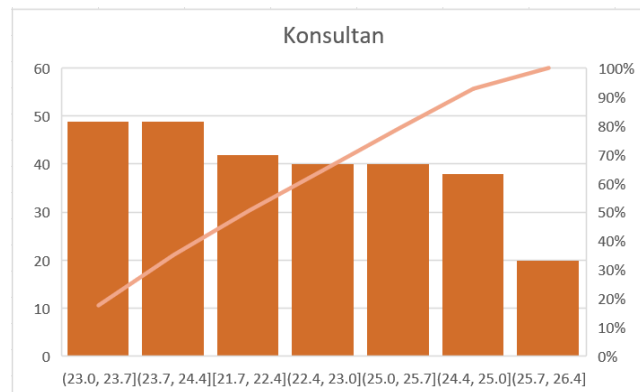
Responden	Te	Iterasi ke-				Rata-rata
		1	2	3...	278	
Kontraktor (KO)	26.06	25.7	24.8	23.3	22.6	23.9
Konsultan (KS)	27.00	23.8	25.2	23.0	23.6	23.9
Owner (O)	26.72	24.9	22.2	21.8	24.9	23.8
Mandor (M)	25.00	24.7	25.9	24.4	23.9	23.7
Rata-rata		23.6	23.2	22.8	23.9	23.8
Median		24	24	23	24	24

Tabel 5 menunjukkan hasil rekap estimasi waktu pekerjaan antara responden. Dari tabel tersebut diperoleh bahwa nilai T_o terbesar terletak pada responden konsultan sebesar 33,50 minggu sedangkan nilai T_o terkecil sebesar 27,00 minggu. Untuk waktu T_m terbesar yaitu 21,67 minggu yaitu pada Kontraktor dan *Owner*. Kemudian untuk waktu pesimis (T_p) terbesar yaitu 45,33 minggu terletak pada *Owner*. Waktu T_e dihitung berdasarkan Persamaan 1 diperoleh diantara 25,00 – 27,00 minggu, dimana responden konsultan dengan waktu tertinggi. Adanya perbedaan waktu ini bergantung pada pengalaman dari responden terhadap pelaksanaan

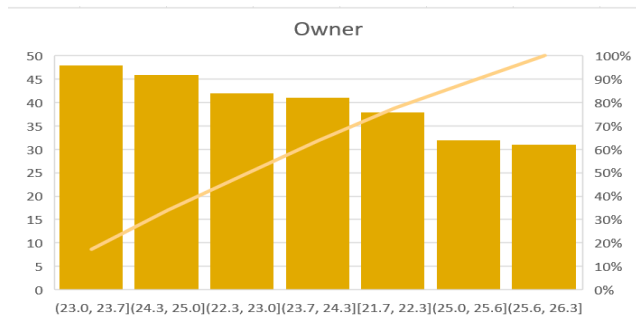
pekerjaan rehabilitasi jalan. Untuk menganalisis dengan Metode Monte Carlo, perlu dibuat data maksimum dan data minimum yang diambil pada Tabel 5. Kemudian dihitung nilai jumlah iterasi dengan menggunakan rumus standar deviasi sehingga diperoleh 278 iterasi. Dengan bantuan program *Microsoft Excel*, iterasi metode Monte Carlo dapat dilakukan yang ditunjukkan pada Tabel 6. Dari 278 hasil iterasi Monte Carlo diperoleh nilai rata-rata (*mean*) sebesar 23,86 minggu sedangkan untuk nilai tengah (*median*) sebesar 24,0 sehingga selisih antara kedua nilai ini sebesar 0,014.



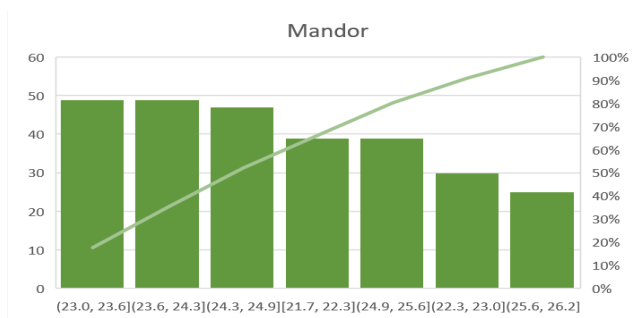
Gambar 1. Histogram hasil simulasi Monte Carlo waktu pekerjaan (Kontraktor)



Gambar 2. Histogram hasil simulasi Monte Carlo waktu pekerjaan (Konsultan)



Gambar 3. Histogram hasil simulasi Monte Carlo waktu pekerjaan (*Owner*)



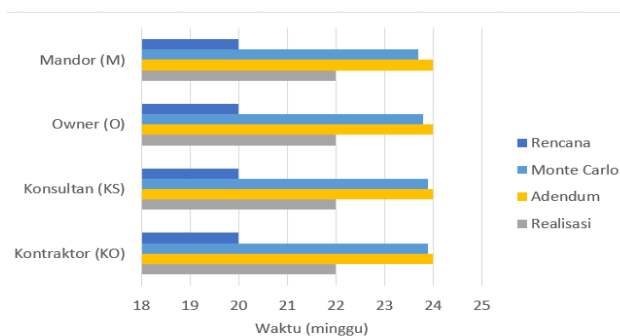
Gambar 4. Histogram hasil simulasi Monte Carlo waktu pekerjaan (*Mandor*)

Dari iterasi Tabel 5, diperoleh untuk hasil simulasi Monte Carlo untuk waktu Kontraktor (KO) sebesar 23,9 minggu, waktu untuk Konsultan (KS) sebesar 23,9 minggu, waktu untuk *Owner* (O) sebesar 23,8 minggu dan waktu untuk Mandor (M) sebesar 23,7 minggu. Gambar 1 merupakan probabilitas hasil simulasi Monte Carlo untuk responden Kontraktor dimana waktu total antara 24,4 – 25,1 minggu memiliki nilai probabilitas sebesar 53%. Gambar 2 menunjukkan hasil

simulasi Monte Carlo untuk responden Konsultan dimana probabilitas terbesar yaitu 50% terletak pada 23,0 – 23,7 minggu dan 23,7 – 24,4 minggu. Gambar 3 dan Gambar 4 juga merupakan hasil simulasi Monte Carlo untuk responden Owner dan Mandor. Probabilitas terbesar untuk responden Owner pada 49% untuk 23,0 – 23,7 minggu sedangkan untuk responden Mandor terletak pada probabilitas 49% yaitu pada 23,0 – 23,6 minggu dan 23,6-24,3 minggu.

Tabel 7. Perbandingan waktu pelaksanaan

Responden	Waktu Pekerjaan (minggu)			
	Rencana	Realisasi	Adendum	Monte Carlo
Kontraktor (KO)	20	22	24	23.9
Konsultan (KS)	20	22	24	23.9
<i>Owner</i> (O)	20	22	24	23.8
Mandor (M)	20	22	24	23.7



Gambar 5. Histogram perbandingan waktu pelaksanaan berdasarkan responden

Tabel 7 dan Gambar 5 merupakan perbandingan waktu pelaksanaan pekerjaan berdasarkan rencana awal, realisasi di lapangan, adendum dan hasil simulasi Monte Carlo. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil realisasi dengan hasil simulasi Monte Carlo yaitu berkisar antara 1,7 - 1,9 minggu. Sedangkan hasil Monte Carlo hampir sama dengan Adendum yaitu dengan selisih waktu antara 0,1 - 0,3 minggu.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai evaluasi pekerjaan rehabilitasi pekerjaan jalan telah selesai dilakukan dengan menggunakan pendekatan simulasi Monte Carlo. Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Terdapat perbedaan antara pendapat mengenai estimasi waktu pelaksanaan antara kontraktor, konsultan, *owner* dan mandor. Hal ini didasarkan pada pengetahuan dan pengalaman kerja.
2. Hasil survei menunjukkan hasil T_o , T_m dan T_p untuk kontraktor sebesar 28,00; 21,67 dan 41,67 minggu. Untuk konsultan diperoleh hasil T_o , T_m dan T_p sebesar 33,50, 21,00 dan 44,50 minggu. Untuk mandor diperoleh hasil T_o , T_m dan T_p sebesar 27,00; 19,50 dan 45,00 minggu.
3. Perbandingan hasil simulasi Monte Carlo sebesar 1,7 - 1,9 minggu jika dibandingkan dengan hasil realisasi di lapangan. Hasil simulasi ini juga sama mendekati hasil Adendum dengan selisih waktu 0,1 - 0,3 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

Akhirini, A., & Umari, Z. F. (2023). Identification Of Risk Factors For The Implementation Stage Of Toll Road Construction In Public-Private Cooperation Using The Bot (Build Operate Transfer) System. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 7(1), 146-150.

Desmyra, E. (2022). Penerapan Metode Monte Carlo Pada Pengaruh Resiko Penambahan Biaya Konstruksi Proyek Pembangunan Puskesmas Werabur= Application Of Monte Carlo Method To The Effect Of The Risk Of Additional Construction Costs For The Werabur Health Center (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).

Hubert, W., & Huda, M. (2015). Analisa Faktor Risiko Biaya Pada Pembangunan Perumahan Type Vicenza The Greenlake Citraland. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 6(2), 99-112.

Fadjar, A. (2008). Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek. *Smartek*, 6(4).

Febriana, W., & Aziz, U. A. (2021). Analisis Penjadwalan Proyek Dengan Metode Pert Menggunakan Microsoft Project 2016. *Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 5(1), 37-45.

Faritzie, H. A., Djohan, B., & Wijaya, B. (2019). Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkatkerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur (Flexible Pavement). *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 100-107.

Krishna, Y. B., & Jimmyanto, H. (2023). Predicting Stiffness Asphalt Natural Rubber Latex Modulus Value Using Multiple Linear Regression Analysis. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 7(1), 293-300.

Maslina, M., Pratiwi, R., & Ridho, A. M. (2023). Analisis Penjadwalan Proyek Rehabilitasi Jalan Preservasi Jalan Kerang-Kuaro Kalimantan Timur Menggunakan Metode Pdm Dan Pert. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Transukma*, 5(2), 94-104.

Putra, J. G., & Sekarsari, J. (2020). Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Bertingkat Dengan Metode Pert Dan M-Pert Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 533-546.

Ruktiningsih, R. (2017). Analisis Tingkat Keselamatan Lalu Lintas Kota Semarang. *G-Smart*, 1(1), 1-9.

Suardika, I. N., & Suparta, I. W. D. (2017, November). Aplikasi Simulasi Monte Carlo Untuk Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Microsoft Project. In *Prosiding Sentrinov (Seminar Nasional*

Terapan Riset Inovatif) (Vol. 3, No. 1, Pp. Ts194-Ts202).

- Sompa, A. T., Muzdalifah, S., Hakim, A. R., & Padeli, M. (2021). Model Perilaku Pemerintahan Daerah Lahan Basah Studi Kasus: Pelayanan Transportasi Di Kabupaten Hulu Sungai Utara Kalimantan Selatan. In Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah (Vol. 6, No. 3).
- Dewi, H. R., Maksum, A. H., & Rachmat, M. T. (2023). Peningkatan Efektivitas Dan Efisiensi Sumber Daya Dengan Melakukan Perencanaan Manajemen Proyek Menggunakan Metode Cpm Dan Pert Di Pt. Anugrah Damai Mandiri. Jurnal Serambi Engineering, 8(2).
- Wijaya, F. S., & Sulistio, H. (2019). Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Serpong Garden Apartment. Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 189-198.
- Zulkarnain, Y. P., Djohan, B., & Yulianti, D. (2023). Analisis Pemodelan Pemilihan Moda Transportasi Antara Sepeda Motor Dengan Angkutan Umum. Jurnal Teknik Sipil Lateral, 1(1), 46-52.