

OPTIMALISASI SIMPANG TAMBAK-TERMINAL WATES-KARANGNONGKO KABUPATEN KULON PROGO

M. Ilham¹⁾, Rianto Rili Prihatmantyo²⁾, Guntur Tri Indra³⁾

¹ Taruna/Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat/Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, Jl. Raya Setu No.89, Kab.Bekasi, Provinsi Jawa Barat, 17520

²Dosen/ Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat/Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, Jl. Raya Setu No.89, Kab.Bekasi, Provinsi Jawa Barat, 17520

Ilham0157@gmail.com

ABSTRACT

Several intersections on the southern cross-national road in Kulon Progo Regency are suboptimal and require optimization to enhance intersection performance through an analysis of the current condition. Subsequently, the intersection performance is analyzed after optimization using the Transyt application, followed by a comparison of performance before and after. The method employed involves calculating intersection performance using the MKJI, with optimization assisted by the Transyt application.

There is an improvement in intersection performance at the study intersection during the morning peak period, with an average delay reduced from 50.07 pcu/sec to 32.70 pcu/sec. During the afternoon peak period, the average delay decreased from 48.54 pcu/sec to 31.87 pcu/sec. Finally, during the evening peak period, the initial average delay of 49.25 pcu/sec was reduced to 33.78 pcu/sec.

In conclusion, the performance of the intersection at the study location can be considered subpar, but through coordinated optimization methods, performance improvements can be achieved. Recommendations include examining other intersections that have not been studied and conducting research on road widening along the southern cross-national road.

Keywords: Intersection, Coordination, Transyt.

ABSTRAK

Beberapa persimpangan di ruas jalan nasional lintas selatan di Kabupaten Kulon Progo yang belum optimal, dan perlu dilakukan optimalisasi untuk meningkatkan kinerja simpang dengan cara melakukan analisis pada kinerja simpang pada kondisi saat ini.

Selanjutnya menganalisis kinerja simpang pada hasil optimalisasi dengan aplikasi Transyt, dan diakhiri dengan membandingkan kinerja sebelum dan sesudah. Metode yang digunakan ialah perhitungan kinerja simpang menggunakan MKJI, dan untuk optimalisasi dibantu dengan aplikasi Transyt.

Terdapat peningkatan kinerja pada simpang kajian dari peak pagi dengan tundaan rata-rata 50,07 smp/det, menjadi 32,70 smp/det. Peak siang dengan tundaan rata-rata 48,54 smp/det, menjadi 31,87 smp/det. Dan peak sore tundaan rata-rata awal 49,25 smp/det menjadi 33,78 smp/det. Kesimpulannya yaitu kinerja simpang pada lokasi studi dapat dikatakan kurang baik, dan setelah dilakukan kajian maka metode optimalisasi secara terkoordinasi dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja pada simpang kajian, adapun saran yang diberikan adalah untuk mengkaji simpang lain yang belum dikaji serta melakukan penelitian terkait pelebaran jalan di sepanjang ruas jalan nasional lintas selatan.

Kata Kunci: Persimpangan, Koordinasi, Transyt.

PENDAHULUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis masalah transportasi di Kabupaten Kulon Progo sebagai dasar bagi pemerintah daerah untuk mengambil tindakan preventif dan menentukan kebijakan masa depan. Kabupaten ini menjadi pusat lalu lintas karena dilalui oleh Jalan Nasional Lintas Selatan dan memiliki Bandara Internasional, yang menyebabkan kemacetan terutama pada simpang-simpang di pusat kota. Hal ini terjadi karena adanya kendaraan dari luar Kabupaten Kulon Progo dan penduduk lokal, terutama pada jam sibuk pagi dan sore.

Kepadatan lalu lintas disebabkan oleh kendaraan berat yang melintas dan kurangnya koordinasi antara simpang-simpang di jalan nasional, menyebabkan antrian di simpang-simpang berdekatan. Contohnya, Simpang 4 Karangnongko memiliki kinerja terburuk di Kabupaten Kulon Progo dengan tingkat tundaan tinggi (71.63 detik per kendaraan per siklus). Simpang-simpang lain di dekatnya, seperti Simpang Terminal Wates dan Simpang Tambak, juga memiliki kinerja buruk dengan jarak yang dekat, menyebabkan antrian sering terjadi.

Dari masalah ini, beberapa simpang di jalan nasional diidentifikasi memiliki kinerja yang kurang baik berdasarkan derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tingkat tundaan yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian "OPTIMALISASI SIMPANG TAMBAK – TERMINAL WATES – KARANGNONGKO KABUPATEN KULON PROGO" dilakukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah analisis kinerja simpang menggunakan perhitungan dari hasil survei di lapangan yang kemudian dihitung menggunakan MKJI, dan untuk optimalisasi dibantu dengan aplikasi komputer *Transyti* untuk mendapatkan pengaturan fase simpang, yang kemudian dibandingkan untuk mendapatkan pengaturan terbaik untuk simpang kajian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kinerja Simpang Saat Ini

Tingkat kinerja simpang ditentukan oleh 3 faktor yaitu derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan dari simpang. Dan kinerja simpang juga dihitung pada tiap *peak-nya* dikarenakan jumlah dan arah arus yang berbeda-beda pada tiap simpangnya. Kinerja simpang kajian dapat dilihat pada Tabel 1,2,3.

Tabel 1. Kinerja Simpang Tambak Saat Ini

PEAK PAGI								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	15	115	3	2	0,29	1,63	46,03
T	3	25		3	2	0,51	10,30	54,55
S	4	20		3	2	0,33	2,10	45,36
B	1	35		3	2	0,62	18,12	56,11
PEAK SIANG								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	15	115	3	2	0,20	0,86	43,28
T	3	25		3	2	0,46	9,22	53,95
S	4	20		3	2	0,16	0,69	41,77
B	1	35		3	2	0,51	14,75	54,73
PEAK SORE								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	15	115	3	2	0,18	0,75	42,81
T	3	25		3	2	0,46	9,23	53,75
S	4	20		3	2	0,20	0,96	41,96
B	1	35		3	2	0,62	18,41	56,39

Tabel 2. Kinerja Simpang Terminal Wates Saat Ini

PEAK PAGI								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	15	80	3	2	0,56	3,41	39,23
T	1	25		3	2	0,43	7,01	34,33
S	3	25		3	2	0,42	9,34	39,60

PEAK SIANG								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	15	80	3	2	0,37	1,99	34,23
T	1	25		3	2	0,79	14,71	41,59
S	3	25		3	2	0,30	6,47	38,87

PEAK SORE								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	15	80	3	2	0,44	2,48	35,89
T	1	25		3	2	0,55	9,69	36,18
S	3	25		3	2	0,52	11,96	40,42

Tabel 3. Kinerja Simpang Karangnongko Saat Ini

PEAK PAGI								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	20	135	3	2	0,22	1,47	52,40
T	3	45		3	2	0,14	4,40	59,82
S	4	25		3	2	0,26	2,50	51,76
B	1	25		3	2	0,77	15,85	71,63
PEAK SIANG								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	20	135	3	2	0,07	0,09	47,24
T	3	45		3	2	0,28	9,09	60,79
S	4	25		3	2	0,25	2,37	51,95
B	1	25		3	2	0,63	12,21	65,54
PEAK SORE								
PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	WAKTU HIJAU	WAKTU SIKLUS	SEMUA MERAH	KUNING	DERAJAT KEJENUHAN	ANTRIAN	TUNDAAN RATA-RATA
		DETIK	DETIK	DETIK	DETIK		SMP	det/SMP
U	2	20	135	3	2	0,53	3,81	55,50
T	3	45		3	2	0,26	8,63	60,61
S	4	25		3	2	0,37	3,60	52,32
B	1	25		3	2	0,64	12,87	65,87

Validasi Model

Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah model yang digunakan dalam penelitian ini Transytdapat dikatakan valid atau menyerupai kondisi eksisting, dan metode validasi yang digunakan ialah uji-chi dengan menggunakan 2 faktor pembanding yaitu derajat kejenuhan dan antrian. Adapun Hipotesa chi-kuadrat yang digunakan yaitu.

Tabel 4. Hipotesa Chi-kuadrat

I.	HIPOTESA		
	Ho : Model dan Survey Selaras		
	H ₁ : Model dan Survey Tidak Selaras		
II.	Nilai Tingkat Kepercayaan	$\alpha = 95\%$	0,05
III.	Derajat Kebebasan	$v = (11-1)$	10
IV.	Nilai Chi-kuadrat (Tabel)	X ² Tabel	18,307
V.	Nilai Chi-kuadrat (Hitung)	X ² Hitung	0,111
VI	Aturan Keputusan		
	Ho diterima jika $X^2 < 18,307$		
	H ₁ diterima jika $X^2 < 18,307$		
VII.	Keputusan	=	Ho diterima

Adapun hasil uji-chi yang dilakukan berdasar pada hipotesa pada Tabel 4 bisa dilihat pada Tabel 5 dan 6 berikut.

Tabel 5. Validasi Model Berdasar Derajat Kejenuhan

No	Nama Simpang	Pendekat	Nama Jalan	Derajat Kejenuhan		Uji Chisquare	Ket
				Eksisting	Model		
1	Simpang Tambak	U	Jl. Tentara Pelajar 2	0,29	0,27	0,0020	Ho Diterima
		T	Jl. Toyan Bts Wates 2	0,51	0,49	0,0753	Ho Diterima
		S	Jl. Nyi Ageng Serang	0,33	0,32	0,0690	Ho Diterima
		B	Jl. Toyan Bts Wates 1	0,62	0,60	0,0006	Ho Diterima
2	Simpang Terminal Wates	U	Jl. Sutijab 2	0,56	0,52	0,0024	Ho Diterima
		S	Jl. Toyan Bts Wates 1	0,43	0,40	0,0022	Ho Diterima
		T	Jl. Chudori	0,42	0,41	0,0002	Ho Diterima
3	Simpang Karangnongko	U	Jl. Brigjen Katamso	0,22	0,20	0,0011	Ho Diterima
		T	Jl. Kol Sugiyono	0,14	0,13	0,0004	Ho Diterima
		S	Jl. Pahlawan	0,26	0,25	0,0006	Ho Diterima
		B	Jl. Chudori	0,77	0,74	0,0014	Ho Diterima
X ² HITUNG						0,1552	18,307

Tabel 6. Validasi Model Berdasar Antrian

No	Nama Simpang	Pendekat	Nama Jalan	Antrian		Uji Chisquare	Ket
				Eksisting	Model		
1	Simpang Tambak	U	Jl. Tentara Pelajar 2	1,63	1,84	0,0266	Ho Diterima
		T	Jl. Toyan Bts Wates 2	10,30	9,34	0,0891	Ho Diterima
		S	Jl. Nyi Ageng Serang	2,10	2,22	0,0072	Ho Diterima
		B	Jl. Toyan Bts Wates 1	18,12	15,7	0,3228	Ho Diterima
2	Simpang Terminal Wates	U	Jl. Sutijab 2	3,41	3,28	0,0050	Ho Diterima
		T	Jl. Toyan Bts Wates 1	7,01	5,78	0,2142	Ho Diterima
		S	Jl. Chudori	9,34	7,59	0,3273	Ho Diterima
3	Simpang Karangnongko	U	Jl. Brigjen Katamso	1,47	1,72	0,0428	Ho Diterima
		T	Jl. Kol Sugiyono	4,40	3,47	0,1949	Ho Diterima
		S	Jl. Pahlawan	2,50	2,58	0,0029	Ho Diterima
		B	Jl. Chudori	15,85	15,02	0,0436	Ho Diterima
X ² HITUNG						1,2764	18,307

Hasil uji-chi pada Tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa model yaitu Transyt dapat digunakan dalam analisis selanjutnya dikarenakan uji hitung < tabel uji.

Analisis Optimalisasi Simpang

Pada penelitian ini dipilih 2 metode yaitu optimalisasi simpang terisolasi dan terkoordinasi untuk memberi opsi dikarenakan kondisi persimpangan yang cukup berdekatan antara 350 m dan 800 m sehingga dapat digunakan metode koordinasi. Adapun berikut hasil analisis optimalisasi dengan metode terisolasi dan terkoordinasi dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 7. Hasil Analisis Optimalisasi Terisolasi dan Terkoordinasi

PEAK PAGI								
NAMA SIMPANG	PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	DERAJAT KEJENUHAN		ANTRIAN SMP		TUNDAAN det/SMP	
			OPT	KRD	OPT	KRD	OPT	KRD
TAMBAK	U	2	0,29	0,27	1,47	1,50	38,41	38,71
	T	3	0,50	0,50	7,35	9,65	33,26	35,67
	S	4	0,40	0,49	1,89	2,09	41,03	48,86
	B	1	0,59	0,60	12,20	0,60	28,10	30,07
TERMINAL WATES	U	2	0,42	0,39	0,42	3,28	22,41	30,69
	T	3	0,48	0,34	0,48	2,78	20,19	43,33
	S	1	0,49	0,38	0,49	3,81	20,53	3,48
KARANGNONGKO	U	2	0,20	0,20	1,21	1,18	36,56	35,48
	T	3	0,17	0,14	2,74	2,47	27,55	22,68
	S	4	0,23	0,38	1,77	2,00	32,68	42,14
	B	1	0,72	0,67	10,57	8,46	43,54	28,60

PEAK SIANG

NAMA SIMPANG	PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	DERAJAT KEJENUHAN		ANTRIAN		TUNDAAN	
					SMP		det/SMP	
			OPT	KRD	OPT	KRD	OPT	KRD
TAMBAK	U	2	0,18	0,15	0,92	0,94	35,45	34,90
	T	3	0,50	0,44	6,76	8,54	34,94	21,75
	S	4	0,16	0,33	0,81	0,99	33,73	48,59
	B	1	0,50	0,53	9,76	10,81	27,29	30,32
TERMINAL WATES	U	2	0,32	0,35	1,49	2,39	22,55	36,03
	T	3	0,78	0,25	10,42	2,96	26,39	40,70
	S	1	0,35	0,29	4,22	11,15	18,95	26,01
KARANGNONGKO	U	2	0,06	0,06	0,35	0,35	32,83	33,72
	T	3	0,34	0,40	5,56	5,91	28,89	32,86
	S	4	0,23	0,23	1,72	1,72	33,47	33,47
	B	1	0,65	0,57	8,49	6,68	42,83	12,27

PEAK SORE

NAMA SIMPANG	PENDEKAT	HIJAU DALAM FASE	DERAJAT KEJENUHAN		ANTRIAN		TUNDAAN	
					SMP		det/SMP	
			OPT	KRD	OPT	KRD	OPT	KRD
TAMBAK	U	2	0,16	0,17	0,84	0,89	35,27	37,94
	T	3	0,45	0,45	6,54	9,22	32,53	35,49
	S	4	0,28	0,40	1,07	1,26	30,15	51,93
	B	1	0,57	0,62	12,03	13,44	26,98	31,41
TERMINAL WATES	U	2	0,41	0,43	1,88	2,93	25,19	38,92
	T	3	0,49	0,26	5,94	3,33	17,24	25,57
	S	1	0,65	0,45	8,59	7,07	24,21	9,06
KARANGNONGKO	U	2	0,44	0,50	2,62	2,75	40,65	44,97
	T	3	0,35	0,36	5,40	5,47	30,40	31,37
	S	4	0,37	0,36	2,57	2,57	37,06	37,06
	B	1	0,56	0,61	8,34	4,72	37,46	27,85

Dimana dari 2 metode optimalisasi tersebut dipilih metode koordinasi, dikarenakan secara rata-rata kinerja simpang menggunakan metode koordinasi lebih baik dibandingkan metode terisolasi, dengan perbedaan yang cukup tipis diantara keduanya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Dari analisis kinerja simpang kajian pada kondisi saat ini disepanjang ruas Jalan Nasional di Kabupaten Kulon Progo yang tepatnya berada di Kecamatan Wates teridentifikasi bahwa simpang yang berada pada daerah tersebut memiliki kinerja sebagai berikut, pada Simpang Tambak memiliki tundaan rata-rata sebesar 49,22 det/smp (LOS E), Simpang Terminal Wates dengan tundaan rata-rata sebesar 37,82 det/smp (LOS D), dan Simpang Karangnongko dengan tundaan rata-rata sebesar 57,95 (LOS E).
2. Setelah dilakukan optimalisasi dengan metode terisolasi dapat teridentifikasi kinerja simpang pada Simpang Tambak dengan tundaan rata-rata 33,10 det/smp (LOS D), Simpang Terminal Wates dengan tundaan rata-rata 21,96 det/smp (LOS C), dan Simpang Karangnongko dengan tundaan rata-rata 35,33 det/smp (LOS D). Lalu setelah dilakukan optimalisasi secara terkoordinasi didapatlah kinerja pada Simpang Tambak dengan tundaan rata-rata 37,14 det/smp (LOS D),

Simpang Terminal Wates dengan tundaan rata-rata 28,20 det/smp (LOS D), dan Simpang Karangnongko dengan tundaan rata-rata 31,87 det/smp (LOS D).

3. Dari hasil optimalisasi dapat diambil 2 pilihan antara terisolasi dan koordinasi dengan pertimbangan untuk optimalisasi secara terisolasi didapatkan kinerja yang lebih baik dengan kinerja yang merata di tiap kaki simpangnya, sedangkan untuk optimalisasi secara terkoordinasi didapat kinerja yang sangat signifikan pada salah satu kaki simpang dengan arus terbesar sesuai pada peak nya.

SARAN

Adapun saran dan masukan yang dapat diberikan, yaitu;

1. Kepada Dinas Perhubungan Kabupaten Kulon Progo
 - a. Melakukan pengkajian ulang pada simpang baik APILL dan non APILL di Kabupaten Kulon Progo untuk menyesuaikan mulai padatnya lalu lintas di Kabupaten tersebut.
 - b. Mengatur ulang siklus dan fase pada simpang APILL di Kabupaten Kulon Progo.
2. Kepada Peneliti Lainnya
 - a. Melakukan penelitian terkait peramalan pada lalu lintas di Kabupaten Kulon Progo menyusul rencana pembangunan jalur tol di Kabupaten Kulon Progo yang tentunya akan berdampak pada lalu lintas terutama di ruas jalan nasional yang melalui kabupaten tersebut.
 - b. Melakukan penelitian terkait perbaikan geometrik jalan terhadap ruas jalan nasional di Kabupaten Kulon Progo sebagai langkah preventif terhadap rencana pembangunan di Kabupaten Kulon Progo kedepannya

DAFTAR PUSTAKA

- Pemerintah Indonesia. 2009. "Lalu Lintas Angkutan Jalan." UU Nomor 22 Tahun 2009, no. 57: 3.
- Kementerian Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).*
- Agrawal Arpit, Bachani Ankit, Rathod Mahaveer, Ajmeri Sahil, Parmar Sunny, Sandeep Khorashiya, & Prerna Sutariya. (2018). Traffic Signal Design and Its Coordination. International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology, 4, 60–62.
<https://doi.org/10.32628/ce010>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo. 2022. "Kabupaten Kulon Progo Dalam Angka."
- Fahreza, Muhammad. 2022. "KOORDINASI PERSIMPANGAN KORIDOR JALAN PANGLIMA SUDIRMAN KABUPATEN TULUNGAGUNG."
- Haitao Xu, Zuozhang Zhuo, Jing Chen, & Xujian Fang. 2020. Traffic signal coordination control along oversaturated two-way arterials. Peerj, 6. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.319>
- Institute of Transportation Engineers. 2009. "Traffic Engineering Handbook."

- Kirono, J. C., Puspasari, N., & Handayani, N. 2018. Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang (Studi Kasus Jalan Rajawali-Tingan dan Jalan RajawaliGaruda). *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 109–123.
- Mingming Zheng, Hongfeng Xu, Kun Zhang, & Ronghan Yao. 2017. Shortest-Way: An Improved Empirical Transition Method for Signal Coordination. *Journal of Advanced Transportation*, 2017, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2017/7670521>
- Munawar, Ahmad. 2006. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*.
- Roess, Roger P, Elenaa S. Prassas, and William R. McShane. 2011. *Traffic Engineering*.
- Rui Yue, Guangchuan Yang, Yichen Zheng, Yang Yang, & Zong Tian. 2022. Effects of Implementing Night Operation Signal Coordination on Arterials. *Journal of Advanced Transportation*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/1438630>
- Sadana Devita Hapsari, Dwi Ratnaningsih, & Udi Subagyo. 2021. ANALISIS KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG JALAN RANUGRATI DAN SIMPANG JALAN MAYJEN M. WIYONO KOTA MALANG. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi*, 2(2), 41–46. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.02.41-46>
- Shu, Ai Bing, Qiang Fu, Dong Bo Liu, and Lei Lei Dai. 2017. “Optimization of Signal Coordination for Closely Spaced Intersections.” *2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety, ICTIS 2017 - Proceedings i* (1): 6–11. <https://doi.org/10.1109/ICTIS.2017.8047713>.
- Tim PKL Kabupaten Kulon Progo. 2022. Pola Umum Transportasi Darat Kabupaten Kulon Progo. Bekasi, Sekolah Tinggi Transportasi Darat.
- Transportation Research Board. 2010. *Highway Capacity Manual*.
- Widodo, A., Maryunani, W. P., & Yuwana, D. S. A. 2018. Evaluasi Dan Pengaturan Simpang Bersinyal Terkoordinasi Dengan Metode Mkji 1997 Dan Transyt 14.1 Di Jalan Brigjen Katamso Kota Parakan. *Word of Civil and Environmental Engineering*, 01, 9–14.
- Zulfhazli Abdullah. 2016. ANALISA KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE TRANSYT 14 (Studi Kasus Simpang Empat & Simpang BPD Kota Lhokseumawe). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 6, 39–48. <https://doi.org/10.29103/tj.v6i1.77>