

ANALISIS SIMPANG TIGA BERSINYAL TUGU ADIPURA KOTA PAYAKUMBUH MENGUNAKAN METODE MKJI 1997

IFANSUR ILHAM¹, MASRIL², ISHAK³

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UM Sumatera Barat¹, Dosen Program Studi
Teknik Sipil, Fakultas Teknik UM Sumatera Barat²

Email: kornpolos@gmail.com, mril6030@gmail.com, ishakumsb@gmail.com

Abstract: The rapid growth in the number of vehicles each year is not accompanied by an increase in road infrastructure. The population of Payakumbuh which is increasing from year to year causes the need for transportation equipment to increase. 36,960 vehicles and cars pass through the streets of Payakumbuh every day. Of the 36,960 vehicles, 70% were two-wheelers and 30% were four-wheelers. Comparing road conditions and transportation facilities will cause traffic congestion, especially during peak hours, and will have an impact on increasing pollution, travel time, costs, social and actual working time. The actual capacity of all intersections is 4106 pcu/hour, the degree of saturation of all intersections can be $DS = 0.25 < 0.6$ so the road category is smooth. The delay time for all these intersections is $D_{tot} = 4.66 \text{ sec/pcu}$ and the highest queue probability at all intersections is 13.61%

Keywords: Signalized intersections, road lanes, intersection performance, queuing opportunities, degree of saturation, intersection capacity

Abstrak: Pesatnya pertumbuhan jumlah kendaraan setiap tahunnya tidak dibarengi dengan peningkatan infrastruktur jalan. Jumlah penduduk kota Payakumbuh yang semakin meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan kebutuhan akan alat transportasi semakin meningkat. 36.960 kendaraan dan mobil melewati jalanan Payakumbuh setiap hari. Dari 36.960 kendaraan tersebut, 70% adalah roda dua dan 30% adalah roda empat. Membandingkan kondisi jalan dan sarana transportasi akan menyebabkan kemacetan lalu lintas, terutama pada jam sibuk, dan akan berdampak pada peningkatan polusi, waktu tempuh, biaya, sosial, dan waktu kerja aktual. Kapasitas sebenarnya semua simpang yaitu sebesar 4106 smp/jam, derajat kejenuhan semua simpang di dapat $DS = 0,25 < 0,6$ jadi kategori jalan tersebut lancar. Waktu tundaan semua simpang jalan tersebut adalah $D_{tot} = 4,66 \text{ dtk/smp}$ dan peluang antrian tertinggi di semua simpang 13,61%

Kata kunci : Simpang bersinyal, lajur jalan, kinerja simpang, peluang antrian, derajat kejenuhan, kapasitas simpang

A. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan jumlah kendaraan setiap tahunnya tidak dibarengi dengan peningkatan infrastruktur jalan. Membandingkan kondisi jalan dan sarana transportasi akan menyebabkan kemacetan lalu lintas, terutama pada jam sibuk, dan akan berdampak pada peningkatan polusi, waktu tempuh, biaya, sosial, dan waktu kerja aktual. Kemacetan adalah suatu keadaan lalu lintas kendaraan yang melewati ruas jalan yang diteliti melebihi kapasitas jalan yang direncanakan sehingga menyebabkan kecepatan bebas ruas tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menimbulkan antrian. Pada saat terjadi kemacetan, nilai tingkat kejenuhan pada ruas jalan akan diperhitungkan di tempat terjadinya kemacetan jika nilai tingkat kejenuhannya mencapai lebih dari 0,5 (MKJI, 1997). Saat arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi. Kemacetan meningkat ketika lalu lintas sangat padat sehingga kendaraan sangat berdekatan, sehingga memerlukan kontrol lalu lintas seperti Alat Pemberi Isyarat Lalu lintas (APILL). APILL adalah perangkat teknis yang menggunakan sinyal cahaya untuk mengatur pergerakan orang dan/atau kendaraan di persimpangan atau di jalan. Lampu-lampu ini menunjukkan kapan kendaraan harus mengemudi dan berhenti secara bergantian dari arah lalu lintas yang berbeda. APILL bertujuan untuk mengatur penggunaan ruang simpang, meningkatkan kelancaran lalu lintas, meningkatkan kapasitas simpang serta mengurangi kecelakaan pada saat menempuh arah tegak lurus. Kemacetan akan menjadi penghambat aktivitas masyarakat sekitar. Terutama bagi mereka yang pergi bekerja dan

sekolah, waktu mereka akan banyak tersita dalam kemacetan lalu lintas. Oleh karena itu, penulis akan melakukan studi kemacetan di simpang Tugu Adipura untuk menganalisis efisiensi operasional simpang tersebut. Penyusun akan menganalisis kinerja simpang Tugu Adipura.

B. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di tiga ruas jalan di Payakumbuh, yaitu Jalan Jenderal Sudirman (pusat perkantoran, sekolah, dll), Jalan Soekarno - Hatta (pusat perbelanjaan dan makanan) dan Jalan Ahmad Yani yang merupakan pasar kota payakumbuh.

Metode Pengumpulan data

Jenis penelitian ini adalah survei, yaitu Penelitian dilakukan untuk mendeskripsikan atau mengevaluasi kondisi antrian dan tundaan pada simpang. Sumber data berupa data yang diperoleh dan dikumpulkan dengan melakukan survey langsung di lokasi penelitian dan sebagian diperoleh dari instansi terkait atau dicari melalui internet. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa Data kondisi geometrik jalan, volume lalu lintas dan kondisi sinyal. Data sekunder berupa data yang meliputi survey inventarisasi jalan, survei lalu lintas harian, data jumlah penduduk yang di dapat melalui instansi terkait atau di dapat melalui internet.

Pengambilan data volume kendaraan dilakukan pada saat jam sibuk dengan interval waktu yaitu 15 menit. Dimana pembagian kendaraan dilaksanakan pada waktu kendaraan yang melalui persimpangan tersebut. waktu pengambilan data volume kendaraan yaitu Pada sore hari dimulai dari pukul 16.00 WIB sampai pukul 18.00 WIB.

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penulisan naskah tugas akhir ini, yaitu survei. Tujuan dari analisis data adalah untuk menganalisis masalah pada simpang jalan pada saat waktu puncak dan solusi penanganan. Setelah data terkumpul sebagai hasil kegiatan penelitian dan pengumpulan data, maka langkah selanjutnya adalah analisis data. Adapun langkah-langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. data geometrik simpang tugu Adipura di lokasi untuk kebutuhan masukan input data pada perhitungan
2. Dengan menghitung volume kendaraan (V), mengamati volume kendaraan yang melintasi jalan di tugu Adipura, pengamatan dilakukan Untuk menentukan lalu lintas (traffic) kendaraan.
3. Menghitung arus jenuh samping, kapasitas dan derajat kejenuhan dengan rumus dan menggunakan data yang diperoleh di lapangan, baik data primer maupun data sekunder.

C. Hasil dan Pembahasan

Data Ruas Jalan

Pengambilan data ini dilakukan di Tugu Adipura yang meliputi data kondisi Geometrik jalan kota Payakumbuh.

Tabel 1 Kondisi Geometrik Jalan Kota Payakumbuh

NO	Ruas Jalan	Fungsi Jalan	Tipe Jalan	Lebar Jalan (M)
1	Jend.Sudirman	Arteri Primer	4/2 UD	10
2	Soekarno-Hatta	Arteri Primer	4/2 D	10
3	Ahmad Yani	Arteri sekunder	2/2 D	8

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh. 2016

Analisis Data Lalu Lintas

Untuk mencari Total kendaraan yaitu dengan menjumlahkan semua kendaraan yang sudah disurvei tadi dengan nilai masing-masing emp kendaraan yang di atur dalam MKJI 1997.

Tabel 2 Data Lalu Lintas

Komposisi lalin		LV %		HV %		MC %		MV Total		Faktor K	Kend Tak Bermotor (UM) kend/j
Arus lalin	Arah	Light Vehicle (LV)		Heavy Vehicle (HV)		Motorcycles		Motor Vehicle (MV)		Ratio Belok	
Pendekat		kend/jam	emp= 1 smp/jam	kend/jam	emp=0.3 smp/jam	kend/jam	emp = 0.5 smp/jam	kend/jam	smp/jam		
Jl. Utama (Timur)	LT	15	15	11	3	269	135	295	153	0,55	9
	ST	47	47	12	4	185	93	244	143	0,45	13
	RT	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
	Total	62	62	23	7	454	227	539	296	1,00	22
Jl. Utama (Barat)	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
	ST	90	90	15	5	105	53	210	147	0,552631579	10
	RT	45	45	8	2	117	59	170	106	0,45	8
	Total	135	135	23	6,9	222	111	380	252,9	1,00	18
Total utama		197	197	46	13,8	676	338	919	549	2,00	40
Jl. Simp (Utara)	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
	ST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RT	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
Jl. Simp (Selatan)	LT	121	121	8	2	251	126	380	249	0,58	7
	ST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RT	98	98	8	2	170	85	276	185	0,42	4
	Total	219	219	16	5	421	211	656	434	1,00	11
Total simp		219	219	16	5	421	210,5	656	434	1,00	11
Utama + Simp	LTOR	136	136	19	5,7	520	260	675	402	1,13	16
	ST	137	137	27	8,1	290	145	454	290	1,01	23
	RT	143	143	16	4,8	287	144	446	291	0,87	12
Total Arus lalin (Jl Utama + Jl Simp)		416	416	62	19	1097	549	1575	983	3,00	51
Rasio kend tak bermotor								UM/MV			0,032
Rasio kendaraan Belok Kiri								PLT %			42,86
Rasio kendaraan Belok Kanan								PRT %			28,32
Rasio kend jalan minor								PMI			0,42

Kapasitas semua simpang

$$C = Co \times Fw \times Fm \times Fcs \times Frsu \times Flt \times Frt \times Fmi$$

Kapasitas dasar (Co)

Tabel 3 Kapasitas Dasar (Co)

Jenis Simpang	Kapasitas dasar (Ca) Smp/Jam
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 422	3400

Sumber: MKJI 1997

Faktor penyelesaian lebar pendekatan

$$Fw = 0,7 + 0,0086 \cdot W_e$$

-Lebar pendekatan rata-rata

$$W_e = \frac{\left(\frac{A}{2} + \frac{B}{2}\right) + C}{3}$$

Keterangan:

A = 10 meter (Jl. Soekarno-Hatta : barat)

B = 10 meter (Jl. Jend. Sudirman)

C = 8 meter (Jl. Ahmad Yani)

$$W_e = \frac{\left(\frac{10}{2} + \frac{10}{2}\right) + 8}{3}$$

$$W_e = 6$$

Jadi:

$$Fw = 0,7 + 0,0086 \cdot 6$$

$$Fw = 1,25$$

Fm = Faktor penyesuaian median jalan utama

Tabel 4 Faktor penyesuaian median jalan

Uraian	Type Median	Fm
Tidak ada median pada jalan utama	Tidak ada	1.0
Ada median < 4 M	Sempit	1.0
Ada Median > 4 M	Lebar	1.2

Sumber : MKJI 1997

Fcs = faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 5 faktor penyesuaian ukuran kota

Uraian	Penduduk (juta)	Fcs
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 - 0,5	0,88
Sedang	0,5 - 1,0	0,94
Besar	1,0 - 3,0	1,0
Sangat besar	>3.0	1,05

Sumber : MKJI 1997

Faktor Penyesuaian Type Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, Kendaraan Tak Bermotor (Frsu)

PUM = UM/MV

PUM = 51/1575 PUM = 0,032

Tabel 6 faktor penyesuaian lingkungan jalan, hambatan samping, kendaraan tak bermotor (Frsu)

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan Tak Bermotor (PUM) Terhadap Jumlah Kendaraan Bermotor (UM/MV)					
		0,00	0,05	0,03	0,15	0,2	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyelesaian kapasitas belok kiri (Flt)

Flt = 0.84 + 0.0161 x Plt %

$Plt\% = \frac{LTOR}{(total\ jalan\ utama + Samping)} \times 100$

$Plt\% = \frac{675}{1575} \times 100$

Plt% = 42,86%

Flt = 0.84 + 0.0161 x 42,86 %

Flt = 1.53

Frt = 1,0 (Untuk simpang 3 lengan)

Faktor penyesuaian rasio arus jalan simpang (minor)(Fmi)

Tabel 7 Faktor penyesuaian rasio arus jalan simpang (Fmi)

Tipe simpang	PMI	FMI
422	0,1 - 0,9	$FMI = 1,19 \times PMI^2 - 1,19 \times PMI + 1,19$
424/444	0,1 - 0,9	$FMI = 16,6 \times PMI^4 - 33,3 \times PMI^3 + 25,3 \times PMI^2 - 8,6 \times PMI + 1,95$
	0,3 - 0,9	$FMI = 1,11 \times PMI^2 - 1,11 \times PMI + 1,11$
322	0,1 - 0,5	$FMI = 1,19 \times PMI^2 - 1,19 \times PMI + 1,19$
	0,5 - 0,9	$FMI = 0,74 - 0,595 \times PMI^2 + 0,595 \times PMI^3$
342	0,1 - 0,5	$FMI = 1,19 \times PMI^2 - 1,19 \times PMI + 1,19$
	0,5 - 0,9	$FMI = 2,38 \times PMI^2 - 2,38 \times PMI + 1,49$
324/344	0,1 - 0,3	$FMI = 16,6 \times PMI^4 - 33,3 \times PMI^3 + 25,3 \times PMI^2 - 8,6 \times PMI + 1,95$
	0,3 - 0,5	$FMI = 1,11 \times PMI^2 - 1,11 \times PMI + 1,11$
	0,5 - 0,9	$FMI = 0,555 \times PMI^2 - 0,555 \times PMI + 0,69$

Sumber : MKJI 1997

$$PMI = \frac{\text{total kendaraan bermotor jalan simpang}}{\text{total kendaraan Bermotor jalan utama+simpang}}$$

$$PMI = \frac{656}{1575}$$

$$PMI = 0,42$$

Tipe jalan yang dianalisis 324 dimana 3 lengan 2 lajur simpang 4 lajur utama PMI = 0,42 jadi untuk mencari FMI dapat dilihat di tabel 4.7 yang dimana :

$$FMI = 1,11 \times PMI^2 - 1,11 \times PMI + 1,11$$

$$FMI = (1,11 \times 0,42^2 - 1,11 \times 0,42) + 1,11$$

$$FMI = 0,83$$

Maka nilai kapasitas :

$$C = Co \times Fw \times Fm \times Fcs \times Frsu \times Flt \times Frt \times Fmi$$

$$C = 3200 \times 1,25 \times 1,00 \times 0,88 \times 0,93 \times 1,53 \times 1,00 \times 0,83$$

$$C = 4106 \text{ smp/jam}$$

Tundaan (D)

Derajat kejenuhan semua simpang

$$Ds = Q/C$$

$$Ds = \frac{983}{4106}$$

$$Ds = 0,25 < 0,6 \text{ lancar}$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (Dtot)

$$D_{tot} = \frac{1,0504}{0,2742 - (0,2042 \times Ds)}$$

$$D_{tot} = \frac{1,0504}{0,2742 - (0,2042 \times 0,24)}$$

$$D_{tot} = 4,66 \text{ dtk/smp}$$

Tundaan rata-rata jalan utama (Dma)

$$D_{ma} = \frac{1}{0,346 - (0,246 \times Ds)} \quad D_{ma} = \frac{1}{0,346 - (0,246 \times 0,24)}$$

$$D_{ma} = 3,48 \text{ dtk/smp}$$

Tundaan rata-rata jalan simpang (Dmi)

$$D_{mi} = \frac{(Q_{tot} \times D_{tot}) - (Q_{ma} \times D_{ma})}{Q_{mi}}$$

$$D_{mi} = \frac{(983 \times 4,66) - (549 \times 3,47)}{434}$$

$$D_{mi} = 6,15 \text{ dtk/smp}$$

Peluang Antrian (QP%)

$$\text{Batas nilai bawah} = 9,02 \times D_s + 20,85 \times D_s^2 + 10,48 \times D_s^3$$

$$\text{Batas nilai bawah} = 9,02 \times 0,24 + 20,85 \times 0,24^2 + 10,48 \times 0,24^3$$

$$\text{Batas nilai bawah} = 3,50 \%$$

$$\text{Batas nilai atas} = 47,7 \times D_s + 24,68 \times D_s^2 + 56,47 \times D_s^3$$

$$\text{Batas nilai atas} = 47,7 \times 0,24 + 24,68 \times 0,24^2 + 56,47 \times 0,24^3$$

$$\text{Batas nilai atas} = 13,61 \%$$

Arus lalu lintas masing-masing simpang (Q)

$$Q_{\text{barat}} = Q_{\text{ST}} + Q_{\text{LT}} + Q_{\text{RT}}$$

$$Q_{\text{barat}} = 147 + 0 + 106$$

$$Q_{\text{barat}} = 253 \text{ smp/jam}$$

$$Q_{\text{timur}} = Q_{\text{ST}} + Q_{\text{LT}} + Q_{\text{RT}}$$

$$Q_{\text{timur}} = 143 + 153 + 0$$

$$Q_{\text{timur}} = 296 \text{ smp/jam}$$

$$Q_{\text{selatan}} = Q_{\text{ST}} + Q_{\text{LT}} + Q_{\text{RT}}$$

$$Q_{\text{selatan}} = 0 + 249 + 185$$

$$Q_{\text{selatan}} = 434 \text{ smp/jam}$$

Traffic light menggunakan metode Webster

waktu merah kuning = 2 detik

waktu kuning 3 detik

arus jenuh masing-masing lengan :

$$S = 525 \times W_e$$

Perhitungan:

Jl. Soekarno-Hatta : lebar jalan = 10 m

$$S = 525 \times w_e$$

$$S = 525 \times 10$$

$$S = 5250 \text{ smp/jam hijau}$$

Jl. Jend. Sudirman : lebar jalan = 10 m

$$S = 525 \times W_e$$

$$S = 525 \times 10$$

$$S = 5250 \text{ smp/jam hijau}$$

Jl. Ahmad Yani : lebar jalan = 8

$$S = 525 \times W_e$$

$$S = 525 \times 8$$

$$S = 4200 \text{ smp/jam hijau}$$

Tabel 8 tabel perhitungan waktu siklus

	Selatan	Timur	Barat
Q(smp)	434	296	253
S (smp)	4200	5250	5250
Y (Q/S)	0,10333333 3	0,056380952	0,048190476
FR = $\sum y_{\text{max}}$	0,104		

$$FR = \sum y_{\text{max}} = 0,056 + 0,048 = 0,104$$

$$L_t = 2n + (2 + 3)$$

$$L_t = 2 \times 2 + (2 + 3) = 9 \text{ detik}$$

Waktu siklus optimum (C_o)

$$C_o = \frac{1,5 \times 5}{1 - FR} = \frac{1,5 \times 9 + 5}{1 - 0,104} = 75 \text{ detik}$$

Waktu hijau

$$\text{Fase 1 timur barat} = \frac{y_1(C_o - t)}{FR} = \frac{0,056 \times (75 - 9)}{0,159} = 35 \text{ detik}$$

$$\text{Fase 2 selatan} = \frac{y_2(C_o - t)}{FR} = \frac{0,103 \times (75 - 9)}{0,159} = 30 \text{ detik}$$

Gambar 1 Waktu sinyal pengatur 2 fase

	75				
fase 1	35	3	35	2	2
fase 2	38	2	2	30	3

D. Penutup

Simpulan

Berdasarkan hasil evaluasi maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada kondisi awal simpang tugu adipura di Kota Payakumbuh merupakan persimpangan bersinyal dengan konflik antar kendaraan yang bergerak dari arah yang saling berlawanan. Untuk kondisi geometrik simpang arah Jl.Ahmad Yani merupakan jalan yang mempunyai lebar terkecil yaitu sebesar 8 meter dan merupakan pusat perbelanjaan Kota Payakumbuh.
2. Berdasarkan perhitungan persimpangan bersinyal untuk kondisi eksisting diketahui bahwa simpang Tugu Adipura di Kota Payakumbuh termasuk persimpangan dengan kode simpang 324 dimana mempunyai 3 lengan simpang, 2 lajur jalan simpang (minor) dan 4 lajur jalan utama (mayor). Kapasitas jalan (C) = 4106 smp/jam, Derajat Kejenuhan (DS) = 0,24 < 0,6 simpang tersebut arus lalu lintas nya lancar, Tundaan total semua simpang (D_{tot}) = 4,66 dtk/smp dan peluang antrian tertinggi yaitu 13,61%.

Saran

1. Perlu diaktifkan kembali Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) untuk mengatur fase kendaraan sehingga dapat memperkecil nilai tundaan.
2. Perlu dilaksanakannya penerapan peraturan pelarangan parkir kendaraan di pinggir jalan minimal 50 meter dari simpang untuk mengurangi hambatan. Samping. Selain itu simpang tugu adipura merupakan central perbelanjaan Kota Payakumbuh maka perlu penataan parkir yang maksimal

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Jumlah Penduduk Kota Payakumbuh*.
- Clarkson, O; Hicks, G. R. (1999). *Teknik Jalan Raya*. Erlangga.
- Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh. (2018). *Geometrik Jalan Kota Payakumbuh*.
- Direktorat Bina Marga. (1991). *Direktorat Pembinaan Jalan Kota Tata cara Pemasangan Rambu dan Marka Jalan Kota*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). Mkji 1997. In *departemen pekerjaan umum, "Manual Kapasitas Jalan Indonesia"* (pp. 1–573).
- Google Maps. (2022). *Peta simpang Tugu Adipura Kota Payakumbuh*. Google Maps. <https://www.google.com/maps/place/Tugu+Adipura/@-0.2247439,100.6311287,18.25z/data=!4m5!3m4!1s0x2e2ab4ba361030f1:0x7c7777b1342071d6!8m2!3d-0.2245496!4d100.6319037>
- Jurnal, R. T. (2021). *Rang.teknik.jurnal*. June 2019.
- Malkamah, S. (1994). *Survey Lampu Lalu Lintas, Pengantar Manajemen Lalu lintas*. Biro Penerbit

KMTS FT UGM.

- Masril. (2018). *Vol. I No.2 Juni 2018 Rang Teknik Journal Analisis Simpang Bersinyal Di Simpang Tanjung Alam Kabupaten Agam. I(2), 207–214.*
<http://joernal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL>
- Maulidya, I., Kurniati, N. L. W. R., & Andari, T. (2021). Penataan Parkir Di Badan Jalan Kota Payakumbuh. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 23(1), 37–54.
<https://doi.org/10.25104/jptd.v23i1.1686>
- Miro, F. (2005). *Perancangan Transportasi untuk mahasiswa, Perencanaan dan Praktisi*. Erlangga.
- Nindita, F. A. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus: Simpang Ngabean Yogyakarta). *Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 1–140.
- Novianka P, J. R., Hidayati, K. D., Supriyadi, S., & Junaidi, J. (2020). KAJIAN TUNDAAN LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus: Simpang Jl. Brigjen Sudiarto - Jl. Majapahit - Jl. Fatmawati Kota Semarang). *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 25(1), 32. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v25i1.1916>
- Rahadiyan, A. P. (2018). Analisis Antrian Dan Tundaan Kendaraan Pada Simpang Tiga Bersinyal Jl. Raya Pekayon. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Bangunan Fakultas Teknik*, 7–8.
- Rezi Chairun Nisa, Ishak, A. S. Y. (2021). KAJIAN KINERJA PERSIMPANGAN TIDAK BERSINYAL DI SIMPANG BY PASS GADUT, KABUPATEN AGAM. 1(C), 68–74.
- Soedidjo, T. L. (2002). *Rekayasa Lalu Lintas*. Direktorat Jendral Pendidikan.