

Analisis Dampak Aktivitas Sekolah terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus Taman Pendidikan Prasekolah Al Firdaus Surakarta)

Delima Rahmawati*, Tuti Agustin, Amirotul M.H. Mahmudah

Universitas Sebelas Maret

Abstrak: Penetapan jenis tata guna lahan tertentu pada suatu area dapat menciptakan aktivitas lalu lintas. Salah satu jenis tata guna lahan yang memiliki pengaruh terhadap pergerakan lalu lintas adalah pendidikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja ruas jalan Yosodipuro saat jam puncak akibat aktivitas antar jemput sekolah dibandingkan saat jam tidak puncak di mana tidak ada aktivitas antar jemput sekolah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif, dengan mengambil sampel data kendaraan yang melewati Jalan Yosodipuro. Data yang diambil yaitu geometri jalan, arus lalu lintas, kecepatan mobil penumpang, dan hambatan samping yang ada. Pengambilan data dilakukan pada jam 06.30- 09.00 WIB dan jam 10.30-13.30 WIB dengan menggunakan aplikasi *traffic counter*. Data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Hasil dari penelitian ini menunjukkan tingkat pelayanan ruas Jalan Yosodipuro saat puncak pagi dan siang adalah D, dengan nilai derajat kejenuhan yaitu 0,82 dan 0,80. Pada jam tidak puncak ruas Jalan Yosodipuro menunjukkan tingkat pelayanan B baik saat pagi maupun siang, dengan nilai derajat kejenuhan yaitu 0,35 dan 0,41. Selain dampak aktivitas sekolah, terdapat faktor lain yang dapat memengaruhi kinerja ruas jalan, sehingga pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat meneliti faktor-faktor tersebut.

Kata kunci: Derajat Kejenuhan, Hambatan Samping Jalan, Kinerja Ruas Jalan, Tingkat Pelayanan Jalan

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i4.3228>

*Correspondence: Delima Rahmawati

Email: delimarahmawati1@gmail.com

Received: 01-08-2024

Accepted: 30-09-2024

Published: 30-10-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The existence of specific land uses in an area can result in heightened traffic flow. Educational facilities, in particular, have been shown to notably impact traffic patterns. This research seeks to assess the traffic dynamics of Yosodipuro Street during peak hours, specifically during school drop-off and pick up times, in comparison to off-peak hours when these activities are not taking place. The study utilized a quantitative approach, gathering data on the vehicles passing through Yosodipuro Street. The collected data included road geometry, traffic flow, light vehicle speeds, and side frictions. To ensure comprehensive coverage of both peak and non-peak times, data was collected during two times frames: (06.30- 09.00) and (10.30-13.30) using a traffic counter application. Subsequently, the data was analyzed by the Indonesian Road Capacity Manual (PKJI 2023). The study indicates that Yosodipuro Street experiences a level of service of rated as D during peak hours in the morning and afternoon, with a degree of saturation values of 0.82 and 0.80, respectively. Conversely, during non-peak hours, the street demonstrates a level of service rated as B in both morning and afternoon, with a degree of saturation values of 0.35 and 0.41. Further research is recommended to gain a more comprehensive understanding of how these factors impact to road performance.

Keywords: Degree of saturation, level of service, side frictions, traffic performance

Pendahuluan

Perkembangan lalu lintas yang terjadi pada suatu jaringan jalan dapat menyebabkan perubahan tata guna lahan dan sebaliknya, penetapan jenis tata guna lahan tertentu pada suatu area dapat menciptakan aktivitas lalu lintas (Liu, 2024; Peng, 2024). Fasilitas pendidikan adalah salah satu jenis tata guna lahan yang berdampak pada pergerakan lalu lintas. Fasilitas pendidikan akan sangat bermanfaat bagi masyarakat. Selain itu, fasilitas pendidikan memengaruhi transportasi, menyebabkan kemacetan jika tidak diatur dengan baik. Seperti yang dijelaskan oleh Yasa dan Sutapa (2011), di antara hambatan samping jalan yang menyebabkan kemacetan lalu lintas adalah kendaraan yang mengangkut sarana pendidikan, termasuk pejalan kaki dari atau menuju sekolah, kendaraan umum atau pribadi yang berhenti atau parkir di depan sekolah, kendaraan keluar masuk sekolah, dan kendaraan lambat seperti becak dan sepeda yang menuju atau menuju sekolah.

Kedekatan lokasi sekolah dengan simpang bersinyal juga merupakan salah satu penyebab terjadinya antrean kendaraan serta penambahan waktu tempuh (Cut, 2024; Yu, 2024). Menurut pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997) bahwa kemacetan dapat dilihat dengan besaran derajat kejenuhan suatu jalan yang sudah bernilai lebih dari 0,85 di mana derajat kejenuhan sendiri dipengaruhi oleh kapasitas jalan. Taman Pendidikan Prasekolah Al Firdaus (TPP Al Firdaus) merupakan sarana pendidikan yang berada di ruas jalan Yosodipuro. Jalan Yosodipuro merupakan kawasan yang strategis dikarenakan banyak kegiatan industri di kawasan tersebut, seperti Solo Paragon Mall, Lembaga Belajar, Monumen Pers Nasional, dan Hotel. Pada kawasan tersebut sering terjadi kemacetan yang ditimbulkan oleh banyaknya kendaraan-kendaraan pribadi seperti mobil dan motor yang berhenti di depan guna lahan pendidikan untuk mengantar atau menjemput para siswa.

Metode

Metode menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia untuk melakukan analisis kinerja ruas jalan (PKJI 2023). Analisis dilakukan pada dua titik waktu: jam sibuk, ketika siswa diantar atau dijemput, dan jam tidak sibuk, ketika tidak ada aktivitas sekolah.

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, analisis kinerja lalu lintas diperoleh dengan menggunakan metode survei. Pengumpulan data ini dilakukan pada jam puncak saat keberangkatan dan kepulangan sekolah TPP Al Firdaus Surakarta. Pada jam keberangkatan sekolah diambil pukul 06.30 – 09.00, sedangkan pada jam kepulangan sekolah diambil pukul 10.30 – 13.30. Data ini diperoleh melalui survei selama dua hari. Data yang diperoleh dari survei meliputi arus lalu lintas, hambatan samping, dan kecepatan tempuh dari Mobil Penumpang (MP).

1. Data Geometrik jalan

Data geometri ruas jalan diukur menggunakan roll meter. Hasil dari survei geometri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Geometrik Ruas Jalan Yosodipuro.

Parameter	Sisi A	Sisi B	Total	Rata-rata
Lebar jalur lalu lintas rata-rata	4	4	8	4
Kereb (K) atau Bahu (B)	K	K		
Jarak kereb - penghalang (m)	0,5	0,5	1	0,5
Lebar efektif bahu (dalam+luar) (m)				

Sepanjang ruas jalan sekitar TPP Al Firdaus Surakarta badan jalan didominasi untuk tempat parkir bagi para pengantar/penjemput siswa TPP Al Firdaus Surakarta. Hal ini berdampak pada pengurangan ruang jalan yang dapat digunakan lalu lintas. Dalam ruas jalan ini badan jalan yang dapat digunakan pada saat jam puncak hanya 5,6 meter dan saat jam tidak puncak 6,8 meter di mana sebelumnya yaitu selebar 8 meter, dikarenakan adanya kendaraan parkir di kanan kiri badan jalan

2. Data Arus Lalu Lintas

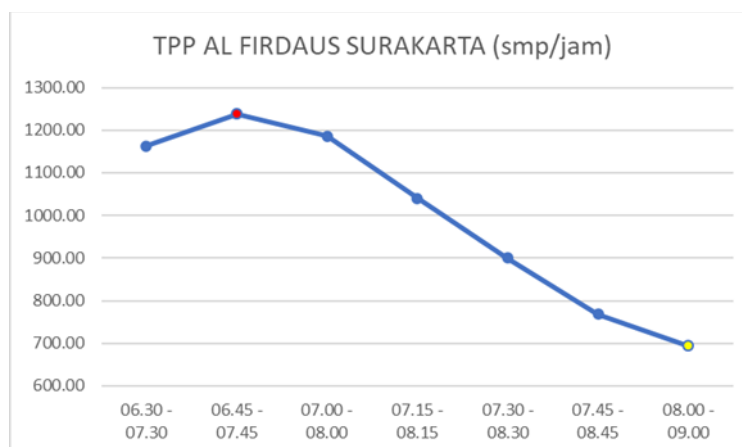
Pengambilan data dilakukan di Jalan Yosodipuro, tepatnya di depan TPP Al Firdaus Surakarta. Untuk menghitung nilai lalu lintas total, data survei dikumpulkan setiap lima belas menit dan digabungkan untuk setiap jenis kendaraan. Jumlah total yang diperoleh dihitung dengan menggunakan satuan kendaraan per jam (kend/jam), dan kemudian dikalikan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang (EMP) menggunakan pedoman PKJI 2023 untuk menghasilkan satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Berikut merupakan data volume lalu lintas pada ruas Jalan Yosodipuro di depan TPP Al Firdaus Surakarta.

Tabel 2. Data Arus Lalu Lintas Ruas Jalan Yosodipuro.

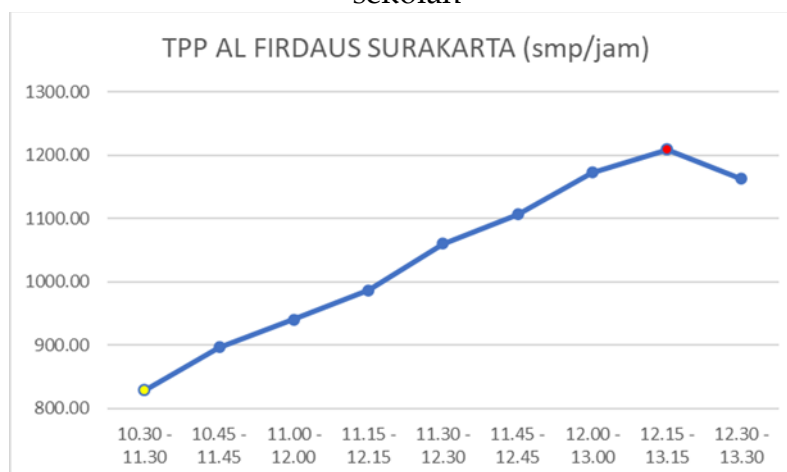
PUNCAK	JUMLAH KENDARAAN			EMP			TOTAL	
	SM	MP	KS	0,5	1	1,3	kend/jam	smp/jam
06.30 - 06.45	299,00	72,00	4,00	149,50	72,00	5,20	375,00	226,70
06.45 - 07.00	382,50	94,50	4,00	191,25	94,50	5,20	481,00	290,95
07.00 - 07.15	349,00	143,00	7,50	174,50	143,00	9,75	499,50	327,25
07.15 - 07.30	340,00	139,50	6,50	170,00	139,50	8,45	486,00	317,95
07.30 - 07.45	323,00	130,00	7,00	161,50	130,00	9,10	460,00	300,60
07.45 - 08.00	278,50	95,50	4,00	139,25	95,50	5,20	378,00	239,95
TIDAK PUNCAK	JUMLAH KENDARAAN			EMP			TOTAL	
	SM	MP	KS	0,4	1	1,3	kend/jam	smp/jam
08.00 - 08.15	235,00	80,50	5,50	94,00	80,50	7,15	321,00	181,65
08.15 - 08.30	249,00	70,00	6,50	99,60	70,00	8,45	325,50	178,05
08.30 - 08.45	239,00	66,50	5,00	95,60	66,50	6,50	310,50	168,60
08.45 - 09.00	236,50	62,50	6,50	94,60	62,50	8,45	305,50	165,55
10.30 - 10.45	241,50	83,00	11,00	96,60	83,00	14,30	335,50	193,90
10.45 - 11.00	210,00	105,50	13,00	84,00	105,50	16,90	328,50	206,40
11.00 - 11.15	238,50	106,50	11,00	95,40	106,50	14,30	356,00	216,20
11.15 - 11.30	238,00	99,50	13,00	95,20	99,50	16,90	350,50	211,60

PUNCAK	JUMLAH KENDARAAN			EMP			TOTAL	
	SM	MP	KS	0,5	1	1,3	kend/jam	smp/jam
11.45 - 12.00	238,50	113,00	13,50	119,25	113,00	17,55	365,00	249,80
12.00 - 12.15	248,50	117,00	16,50	124,25	117,00	21,45	382,00	262,70
12.15 - 12.30	252,00	138,00	16,00	126,00	138,00	20,80	406,00	284,80
12.30 - 12.45	268,50	161,00	10,50	134,25	161,00	13,65	440,00	308,90
12.45 - 13.00	269,00	170,00	9,00	134,50	170,00	11,70	448,00	316,20
13.00 - 13.15	243,50	166,00	9,00	121,75	166,00	11,70	418,50	299,45
13.15 - 13.30	230,00	113,00	8,00	115,00	113,00	10,40	351,00	238,40

Hasil yang diperoleh menunjukkan volume lalu lintas meningkat pada pagi hari pukul 06.45 – 07.45 WIB dan pada siang hari pukul 12.15 – 13.15 WIB, hal ini disebabkan oleh adanya aktivitas pengantaran/penjemputan siswa TPP Al Firdaus Surakarta, pada saat inilah dapat dikatakan sebagai jam puncak, sedangkan jam terendah terjadi pada pukul 08.00 – 09.00 WIB dan pukul 10.30 – 11.30 WIB. Grafik penentuan jam puncak dan perbandingan arus lalu lintas saat jam puncak dan saat jam tidak puncak dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Grafik penentuan jam puncak dan jam tidak puncak pada jam keberangkatan sekolah



Gambar 2. Grafik penentuan jam puncak dan tidak puncak pada jam kepulangan sekolah

3. Spot Speed

Spot speed yang digunakan yaitu *spot speed* dari mobil penumpang. Berikut merupakan data rata-rata dari dua hari pengambilan data *spot speed* di ruas Jalan Yosodipuro di depan TPP Al Firdaus Surakarta.

Tabel 3. Data *Spot Speed* Ruas Jalan Yosodipuro.

RUAS JALAN	PUKUL	Waktu Tempuh (det/25m)		Rata-rata (km/jam)
		Selasa	Kamis	
TPP Al Firdaus Surakarta	06.45 - 07.00	3,26	3,29	20,32
	07.00 - 07.15	3,55	3,58	
	07.15 - 07.30	5,05	5,09	
	07.30 - 07.45	5,80	5,81	
	08.00 - 08.15	3,32	3,74	31,25
	08.15 - 08.30	3,32	3,21	
	08.30 - 08.45	2,74	2,74	
	08.45 - 09.00	3,18	3,20	
	10.30 - 10.45	2,64	2,63	28,28
	10.45 - 11.00	2,91	2,93	
	11.00 - 11.15	2,76	2,78	
	11.15 - 11.30	3,18	3,23	
	12.15 - 12.30	5,49	5,52	22,18
	12.30 - 12.45	4,11	4,03	
	12.45 - 13.00	3,77	3,78	
13.00 - 13.15	2,81	2,95		

4. Hambatan samping

Dalam PKJI 2023 juga menunjukkan bahwa hambatan samping berpengaruh pada kapasitas jalan terutama jumlah pejalan kaki, jumlah kendaraan berhenti, jumlah kendaraan keluar masuk lahan samping, dan jumlah kendaraan berhenti. Berikut merupakan data hambatan samping pada ruas Jalan Yosodipuro di depan TPP Al Firdaus Surakarta.

Tabel 4. Data Hambatan Samping Ruas Jalan Yosodipuro

WAKTU	Tipe kejadian hambatan samping	Simbol	Faktor Bobot	Frekuensi kejadian (/jam)	Frekuensi berbobot
PAGI	Pejalan kaki	PED	0,5	161	80,5
	Parkir, kendaraan berhenti	PSV	1	126,5	126,5
	Kendaraan masuk + keluar	EEV	0,7	115,5	80,85
	Kendaraan lambat	SMV	0,4	30	12
	Total:				
	Pejalan kaki	PED	0,5	77,00	38,50

WAKTU	Tipe kejadian hambatan samping	Simbol	Faktor Bobot	Frekuensi kejadian (/jam)	Frekuensi berbobot
TIDAK PUNCAK PAGI	Parkir, kendaraan berhenti	PSV	1	35,50	35,50
	Kendaraan masuk + keluar	EEV	0,7	70,00	49,00
	Kendaraan lambat	SMV	0,4	18,50	7,40
	Total:				130,40
SIANG	Pejalan kaki	PED	0,5	161,00	80,50
	Parkir, kendaraan berhenti	PSV	1	125,50	125,50
	Kendaraan masuk + keluar	EEV	0,7	121,00	84,70
	Kendaraan lambat	SMV	0,4	25,50	10,20
	Total:				300,90
TIDAK PUNCAK SIANG	Pejalan kaki	PED	0,5	79,00	39,50
	Parkir, kendaraan berhenti	PSV	1	39,50	39,50
	Kendaraan masuk + keluar	EEV	0,7	73,00	51,10
	Kendaraan lambat	SMV	0,4	19,50	7,80
	Total:				137,90

5. Analisis Kinerja Ruas Jalan Yosodipuro

Menurut PKJI 2023, nilai-nilai derajat kejenuhan (Dj) dan kecepatan tempuh (Vt) menunjukkan kualitas pelayanan suatu segmen jalan terhadap arus lalu lintas yang dilayaninya. Nilai Dj biasanya 0,85. Sebagai batasan kinerja, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 dan MKJI 1997 menggunakan nilai ini. Sebuah segmen jalan dianggap masih memiliki kinerja yang baik jika Dj-nya kurang dari 0,85. Nilai Dj maksimum yang didapatkan dari ruas Jalan Yosodipuro yaitu sebesar 0,82 hal ini perlu dipertimbangkan untuk tahun-tahun berikutnya seiring meningkatnya faktor perkembangan kota yang memengaruhi jumlah arus lalu lintas pada ruas jalan ini (Pallela, 2023a; Sadeq, 2023; Srivastava, 2023), sehingga dapat diterapkan manajemen lalu lintas agar arus lalu lintas yang ada tidak akan mencapai batasan kinerja yaitu 0,85.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023, kecepatan rencana untuk jalan lokal primer adalah 20-50 km/jam, di mana saat jam puncak pagi yaitu 20,31 km/jam dan saat jam puncak siang yaitu 22,19 km/jam saat jam tidak puncak pagi yaitu 31,24 km/jam dan saat jam tidak puncak siang yaitu 28,28 km/jam. Pada ruas jalan Yosodipuro kecepatan kendaraan menunjukkan bahwa saat kondisi jam puncak ruas jalan tersebut mempunyai kecepatan paling rendah pada batas kecepatan rencana untuk jalan lokal primer.

Analisis kondisi lalu lintas di ruas Jalan Yosodipuro pada waktu yang berbeda yaitu jam puncak pagi, jam puncak siang, dan jam tidak puncak memiliki hasil perbedaan yang cukup signifikan dari segi derajat kejenuhan, arus lalu lintas, bobot hambatan samping dan penurunan kecepatan kendaraan (Mansour, 2023; Pallela, 2023b; Zhang, 2023). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Kondisi Lalu Lintas

Waktu		Kapasitas	Arus (Q)	Dj	Bobot Hambatan Samping	Kec. PKJI 2023	Kec. Eksisting (km/jam)
Keberangkatan	Puncak Pagi	1510,67	1236,75	0,82	299,85	22,15	20,31
	Tidak Puncak Pagi	1999,03	693,85	0,35	130,40	31,75	31,24
Kepulangan	Puncak Siang	1510,67	1209,35	0,80	300,90	22,75	22,19
	Tidak Puncak Siang	1999,03	828,10	0,41	137,90	31,15	28,28

Simpulan

Dari hasil analisis kinerja ruas Jalan Yosodipuro menggunakan PKJI 2023 dapat disimpulkan bahwa kinerja jalan pada ruas jalan Yosodipuro pada TPP Al Firdaus Surakarta saat jam tidak puncak menunjukkan kinerja yang baik. Kondisi ini dinilai berdasarkan hasil perhitungan derajat kejenuhan saat jam tidak puncak pagi yaitu 0,35 dan saat jam tidak puncak siang yaitu 0,41, nilai tersebut memiliki tingkat pelayanan pada level B. Kinerja jalan pada ruas Jalan Yosodipuro pada kawasan TPP Al Firdaus Surakarta saat jam puncak sudah diperlukan manajemen lalu lintas untuk tahun-tahun berikutnya karena nilai derajat kejenuhan saat ini sudah mendekati batasan kinerja ruas jalan yaitu 0,85. Ruas Jalan Yosodipuro memiliki tingkat pelayanan pada level D saat jam puncak.

Daftar Pustaka

- Cahya, J. A., Sefrus, T., & Pujiastutie, E. T. (2023). *Analisis Dampak Aktivitas Sekolah Terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus: Sekolah di Jalan Cendana – Jalan Jati Kota Bengkulu)*,1-12. Jakarta: Penerbit UMJ.
- Cut, M. (2024). The Analysis of Service Level on Diponegoro Road, Pasar Aceh: Comparing The Existing Condition and with on-Street Parking Restriction. *E3S Web of Conferences*, 476. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447601053>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. In *departemen pekerjaan umum*, Jakarta.
- Haidi, F. R., Putri, R. A., & Suminar, L. (2021). Studi Penurunan kapasitas jalan akibat dari hambatan samping guna lahan Pendidikan (*Studi Kasus Jalan Menteri Supeno dan Jalan MT Hartono, Surakarta*),1-20. Surakarta: Penerbit REGION.
- Liu, S. (2024). Traction Control for Electric Vehicles With Dual-Mode Coupling Drive System on Split Ramps. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 10(2), 2632–

2642. <https://doi.org/10.1109/TTE.2023.3294293>
- Mansour, A. I. (2023). Side-friction impacts on urban streets performance in divided and undivided streets. *Pollack Periodica*, 18(3), 147–153. <https://doi.org/10.1556/606.2023.00817>
- Manual Kapasitas Jalan. (MKJI). (1997). Republik Indonesia Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota.
- McShane, W.R., Roess, R.P., and Prassas, E.S. (2004). *Traffic Engineering* (3 ed.). Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Nisumanti, S., Mulyaningsih, S., & Puspita, N. (2021). Analysis of the impact of Palembang-indralaya (palindra) toll road to Palembang – indralaya national road service levels.. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.048>
- Noland, R. and Quddus, M. (2006). Flow improvements and vehicle emissions: effects of trip generation and emission control technology. *Transportation Research Part D Transport and Environment*, 11(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.06.003>
- Pallela, S. S. (2023a). Examining the Lane-Wise Time Headway and Speed Characteristics at Curb-Side Bus Stop on Four-Lane Divided Urban Arterials. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 104(2), 367–380. <https://doi.org/10.1007/s40030-023-00720-1>
- Pallela, S. S. (2023b). Longitudinal Acceleration and Deceleration Behavior of Vehicles at the Curbside Bus Stop Under Mixed Traffic Conditions. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 104(3), 615–632. <https://doi.org/10.1007/s40030-023-00742-9>
- Peng, C. (2024). Investigation of Locked Wheel Skid Tester Practicability on Horizontal Curves: A Camera-Based Field Implementation. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.1177/03611981241248170>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan.
- Rima, S. Agustomi, E., & Pujiastutie, E. T. (2021). Analisa Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Di Ruas Jalan Taman Simpang Kandis Kota Bengkulu). *Majalah Teknik Simes*, 15(2), 1-7.
- Ristiandi, B. Sutoyo, R. S., & Ym, S. (2018). Analisis Dampak Aktivitas Sekolah Terhadap Kinerja Ruas Jalan (*Studi Kasus Yayasan Pendidikan Kalimantan SD – SMP – SMA Katolik Santu Petrus Jalan Karel Satsuit Tubun No.3 Pontianak*). *JeLAST J PWK, Laut, Sipil, Tambang* 2018;5: 1-11.
- Sadeq, H. I. (2023). Evaluation of Pedestrian Facilities in Al-Najaf City. *E3S Web of Conferences*, 427. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342703024>
- Srivastava, K. (2023). Critical Analysis of Road Side Friction on an Urban Arterial Road. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 13(2), 10261–10269. <https://doi.org/10.48084/etasr.5603>
- Sipil, T. P. (2018). *Buku Panduan Penulisan, Tata Laksana dan Ujian Akademik Tugas Akhir/Skripsi serta Magang (KKM)/KP*. Surakarta: Prodi Teknik Sipil.

-
- Tamin, O. Z. (2008). *Perencanaan, Permodelan, dan Rekayasa Transportasi: Teori, Contoh Soal, dan Aplikasi* (4 ed.). Bandung, Indonesia: ITB.
- Yu, X. (2024). An Assessment of Sikh Turban's Head Protection in Bicycle Incident Scenarios. *Annals of Biomedical Engineering*, 52(4), 946–957. <https://doi.org/10.1007/s10439-023-03431-7>
- Zhang, J. (2023). Mechanical performance of fiber-reinforced polymer tank under road pavements for stormwater storage. *Advances in Structural Engineering*, 26(11), 2073–2090. <https://doi.org/10.1177/13694332231182790>