

Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal RSUD dr. R. Soedarsono Kota Pasuruan Terhadap Tundaan dan Panjang Antrian

M. Afiful Riza¹⁾, Aji Suraji²⁾, Agus Tugas Sudjianto³⁾

^{1, 2, 3)}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

Email: afifulriza@gmail.com¹⁾, ajisuraji@widyagama.ac.id²⁾, ats_2003@yahoo.com³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v15i1.1200>

(Received: 25 September 2024 / Revised: 03 December 2024 / Accepted: 12 February 2025)

Abstrak

Simpang empat bersinyal RSUD dr. R. Soedarsono Kota Pasuruan terletak pada jalur utama transportasi dan perdagangan Surabaya dan Bali menjadikan peningkatan arus lalu lintas signifikan. Meskipun Simpang sudah terpasang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) Area Traffic Control System (ATCS), belum bisa mengurai kepadatan volume kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang dan dapat memberikan solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan lalu lintas tersebut. Pengumpulan data menggunakan metode survei lalu lintas. Metode analisis dan perhitungan data menggunakan metode MKJI 1997. Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting 3 (tiga) fase diperoleh volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) tertinggi pada hari Senin pukul 06:15 – 07:15 WIB sebesar 2.282 smp/jam. Kapasitas simpang rata-rata sebesar 712 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan rata-rata sebesar 0,80. Panjang antrian rata-rata sebesar 110,71 m. Tundaan rata-rata pada simpang yaitu 28,52 det/smp dengan mengacu pada tundaan rata-rata simpang didapatkan tingkat pelayanan simpang adalah D.

Kata kunci: *simpang bersinyal, derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan, tingkat pelayanan.*

Abstract

The signalized intersection of dr. R. Soedarsono Hospital in Pasuruan City is located on the main transportation and trade routes of Surabaya and Bali, making a significant increase in traffic flow. Even though the intersection has been installed with the Traffic Signaling Device (APILL) Area Traffic Control System (ATCS), it has not been able to decompose the density of vehicle volume. This research aims to evaluate the performance of intersections and can provide the best solution to overcome these traffic problems. Data collection uses the traffic survey method. The method of data analysis and calculation uses the 1997 MKJI method. Based on the results of the analysis of the performance of the intersection in the existing condition of 3 (three) phases, the highest average daily traffic volume (LHR) was obtained on Monday at 06:15 – 07:15 WIB of 2,282 smp/hour. The average interchange capacity is 712 smp/h. The average saturation degree value was 0.80. The average queue length is 110.71 m. The average delay at the intersection is 28.52 sec/junior high school with reference to the average delay of the intersection, the service level of the intersection is D.

Keywords: *signalized intersection, degree of saturation, queue length, delays, level of service (LOS) intersection.*

1. Latar Belakang

Kota Pasuruan merupakan salah satu Kota di Jawa Timur yang mengalami perkembangan dan pertumbuhan perekonomian yang relatif pesat, serta terletak pada jalur utama transportasi dan perdagangan Surabaya dan Bali menjadikan Kota yang cukup strategis untuk mendorong pergerakan industri dan perdagangan. Sehingga menimbulkan mobilitas yang tinggi, yang berdampak pada peningkatan arus lalu lintas dan volume lalu lintas.

Persimpangan termasuk bagian terpenting dari jalan raya dikarenakan beberapa besar dari keamanan, efisiensi, biaya operasional kecepatan, serta kapasitas lalu lintas bergantung kepada perencanaan persimpangan (Wahyu et al., 2022). Simpang empat RSUD dr. R. Soedarsono merupakan salah satu simpang yang ada di Kota Pasuruan. Simpang empat RSUD dr. R. Soedarsono merupakan pertemuan akses dari berbagai macam kompleks. Kompleks perumahan dan kampus yang berada disebelah timur dan selatan, perdagangan pada bagian barat, serta perkantoran, sekolah dan pertokoan pada sebelah utara. Mobilitas kendaraan yang tinggi pada simpang ini diperparah dengan adanya RSUD yang berada tepat di simpang tersebut. Pada simpang empat RSUD dr. R. Soedarsono walaupun sudah dipasang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) Area Traffic Control System (ATCS), masih belum bisa mengurai kepadatan volume kendaraan. Meskipun dalam prinsipnya, kinerja simpang bersinyal adalah dengan cara meminimalkan konflik baik konflik primer maupun sekunder. Konflik primer sendiri adalah konflik dua arus lalu lintas yang saling berpotongan sedangkan konflik sekunder adalah konflik yang terjadi arus lurus yang terlawan atau berbelok berpotongan dengan arus pejalan kaki (Kumalawati, Sir and Woda, 2022).

Permasalahan transportasi yang sering terjadi akibat kepadatan lalu lintas mengakibatkan tertundanya waktu perjalanan. Tundaan yang sering ada dalam persimpangan dikarenakan arus lalu lintas yang lebih dari kapasitas, besarnya nilai tundaan rerata dapat mengakibatkan kurangnya level layanan jalan tersebut (Wahyu et al., 2022). Sebagaimana yang dijelaskan pada Pasal 1 Angka 8 Peraturan Daerah Kota Pasuruan Nomor 4 tahun 2012 tentang Analisis Dampak Lalu Lintas “Dampak Lalu Lintas adalah pengaruh yang mengakibatkan perubahan tingkat pelayanan lalu lintas menjadi tingkat yang lebih rendah, diakibatkan oleh suatu kegiatan dan/atau usaha pada unsur-unsur jaringan transportasi” (Pasuruan, 2010).

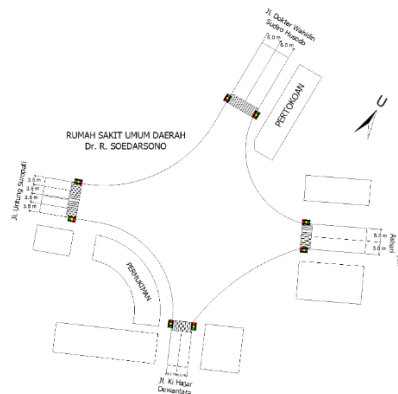
Melihat kondisi tersebut, maka perlu dilakukan analisis kinerja simpang yang bertujuan untuk mengetahui volume kendaraan, kapasitas, tingkat pelayanan, derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan pada simpang. Sehingga nantinya dapat dijadikan bahan untuk mengevaluasi kinerja simpang dan dapat memberikan solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan lalu lintas tersebut. Adapun metode penelitian ini menggunakan metode MKJI 1997 pada simpang bersinyal. Rumusan masalah ini adalah berapa jumlah volume kendaraan, kapasitas, tingkat pelayanan, derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan pada simpang.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Lokasi penelitian/survey berada di simpang RSUD dr. Soedarsono Kota Pasuruan. Simpang tersebut merupakan salah satu simpang dengan tingkat kesibukan yang cukup tinggi. Simpang RSUD Dr. Soedarsono Kota Pasuruan merupakan simpang bersinyal yang melayani akses transportasi dari arah

utara dan selatan yaitu Kota Pasuruan, arah timur yaitu Probolinggo dan arah barat yaitu simpang Kebonagung yang dekat dengan pintu tol Gempol - Pasuruan. Seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

2.2 Data

Tahapan pengumpulan dan pengambilan data secara teori maupun data lapangan yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Jenis data yang diperlukan terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data yang diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data Primer: Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain data geometri simpang dalam menentukan lebar pendekat, data sinyal untuk mencari waktu siklus, data arus lalu lintas masing-masing simpang, dan volume kendaraan (LHR) dengan mengkategorikan tipe jenis kendaraan.
- Data Sekunder: Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari peta lokasi dan data jumlah penduduk. Data yang diperlukan pada penelitian ini yaitu berupa data penduduk Kota Pasuruan bisa dari Badan Pusat Statistik (BPS).

2.3 Pengambilan Data

Langkah-langkah pengambilan data untuk penelitian ini adalah dengan menentukan lokasi pengamatan yang berada di simpang empat RSUD dr. R. Soedarsono Kota Pasuruan. Untuk mengetahui kondisi lalu lintas pada simpang digunakan metode survei pencacahan gerakan membelok terklasifikasi (*Classified Turning Movement Counting*) atau disingkat CTMC untuk mendapatkan data primer pada lokasi simpang.

2.4 Analisis Kinerja

Analisis kinerja persimpangan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah volume kendaraan, kapasitas, tingkat pelayanan, derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan pada simpang dengan menggunakan metode MKJI 1997.

2.4.1 Kapasitas (C)

Kapasitas adalah kemampuan suatu ruas jalan untuk menampung volume atau volume lalu lintas yang ideal dalam satuan waktu tertentu, yang dinyatakan dengan jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan tertentu dalam waktu satu jam (smp/jam). Menurut pedoman MKJI 1997 besarnya nilai kapasitas dapat dihitung dengan rumus (1). Sedangkan, kapasitas pada simpang dihitung pada setiap

pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dihitung dengan menggunakan rumus (2).

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (1)$$

Keterangan;

- S₀ = arus jenuh dasar
- F_{CS} = faktor koreksi gangguan samping
- F_{SF} = faktor koreksi gangguan samping
- F_G = faktor koreksi kelandaian
- F_P = faktor koreksi parkir
- F_{RT} = faktor koreksi belok kanan
- F_{LT} = faktor koreksi belok kiri

$$C = S \times (g/c) \quad (2)$$

Keterangan;

- S = Arus jenuh (smp / jam)
- g = Waktu hijau (detik)
- c = Waktu siklus disesuaikan Cua (det)

2.4.2 Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut MKJI 1997 derajat kejenuhan didefinisikan sebagai ratio volume (Q) terhadap kapasitas (C), digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu ruas jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah ruas jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan rumus (3).

$$DS = Q/C \quad (3)$$

Keterangan:

- DS = Derajat kejenuhan
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- C = Kapasitas (smp/ jam)

2.4.3 Panjang Antrian Kendaraan (QL)

Menurut MKJI 1997 Panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat. Dari nilai derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ₁) yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu. Panjang Antrian Kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus (4).

$$QL = \frac{NQ_{maks} \times 20}{W_{masuk}} \quad (4)$$

Keterangan:

- QL = Panjang antrian
- NQ_{maks} = Jumlah antrian (smp)
- W_{masuk} = Lebar masuk

2.4.4 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang. Ada 2 (dua) macam tundaan yang terdiri dari beberapa hal seperti tundaan lalu lintas memiliki pengertian bahwa waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan

gerakan lalu lintas yang bertentangan, tundaan geometri memiliki pengertian bahwa disebabkan oleh perlambatan percepatan kendaraan yang berbelok disimpangan atau yang terhenti oleh lampu merah.

a. Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata (DT)

Tundaan yang disebabkan oleh pengaruh kendaraan lain. Tundaan Lalu lintas rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus (5).

$$DT = c \cdot \frac{0,5 \cdot (1-GR)^2}{(1-GR \cdot DS)} + \frac{NQ_1 \cdot 3600}{C} \quad (5)$$

Keterangan:

- DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)
- c = Waktu siklus (det)
- GR = Rasio hijau (g/c)
- DS = Derajat kejenuhan
- NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- C = Kapasitas (smp/jam)

b. Tundaan Geometrik Rata-Rata (DG)

Tundaan akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah. Tundaan geometrik rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus (6).

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad (6)$$

Keterangan:

- DG = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)
- P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat
- P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

2.4.5 Tingkat Pelayanan Simpang

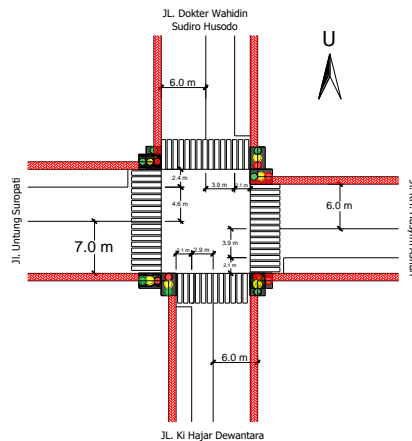
Tingkat pelayanan simpang adalah suatu ukuran kualitatif yang memberikan gambaran dari pengguna jalan mengenai kondisi lalu lintas. Menurut PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan pada persimpangan yaitu sebagai berikut:

- a. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan;
- b. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan;
- c. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan;
- d. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan;
- e. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan;
- f. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik empat bersinyal RSUD dr. Soedarsono Kota Pasuruan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Kondisi Geometrik Simpang

Simpang RSUD dr. R. Soedarsono merupakan simpang bersinyal dengan 4 (empat) pendekat. Pengaturan pengendalian lalu lintas pada simpang menggunakan 3 fase. Simpang RSUD dr. R. Soedarsono terletak di jalan nasional dengan arus lalu lintas yang cukup padat, yang dilalui oleh kendaraan yang bervariasi seperti kendaraan sepeda motor, mobil pribadi, mobil penumpang umum, pick up, truk kecil, truk sedang, truk besar, bis.

3.2 Volume Lalu Lintas

Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui volume arus lalu lintas pada simpang yang dilakukan pada hari Senin dan Minggu dengan menghitung manual di jam puncak pagi, siang dan sore yaitu pagi pukul 06.00 – 08.00 WIB, 11.00 – 13.00 WIB dan 15.00 – 17.00 WIB. Rekapitulasi hasil volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Volume Lalu Lintas

Waktu	Jam	Volume Total (smp/jam)	
		Minggu	Senin
Pagi	06.00-07.00	965	2169
	06.15-07.15	1117	2282
	06.30-07.30	1282	2262
	06.45-07.45	1266	2144
	07.00-08.00	1332	1982
Siang	11.00-12.00	1363	2078
	11.15-12.15	1376	2215
	11.30-12.30	1375	2184
	11.45-12.45	1433	2058
	12.00-13.00	1431	1915
Sore	15.00-16.00	1066	2130
	15.15-16.15	993	2271
	15.30-16.30	1006	2244
	15.45-16.45	972	2118
	16.00-17.00	977	1939

Berdasarkan dari hasil survei yang dilakukan pada hari Senin dan Minggu, didapatkan volume arus lalu lintas kendaraan (smp/jam) pada simpang RSUD dr. R. Soedarsono yang tertinggi pada hari Senin pukul 06.15 – 07.15 WIB sebesar 2.282 smp/jam.

3.3 Kapasitas

Perhitungan Kapasitas menggunakan rumus (1). Hasil perhitungan kapasitas masing-masing pendekat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Kapasitas

Kode Pendekat	Nilai Kapasitas Dasar (smp/jam) S_o	Arus Jenuh (smp/jam) Hijau						Nilai Kapasitas disesuaikan (smp/jam) S	Kapasitas (smp/jam) C
		Faktor - Faktor Koreksi				Hanya Tipe P			
		Semua Tipe Pendekat				Hanya Tipe P			
		F_{CS}	F_{SF}	F_G	F_P	F_{RT}	F_{LT}		
Utara	3000	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	2341	809
Selatan	2150	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1677	580
Timur	3600	0,83	0,94	1,00	1,00	1,03	0,98	2825	768
Barat	4200	0,83	0,94	1,00	1,00	1,03	0,92	3109	693

Berdasarkan hasil analisis didapatkan kapasitas simpang pada masing-masing pendekat yaitu pada pendekat utara sebesar 809 smp/jam, pendekat selatan sebesar 580 smp/jam, pendekat timur sebesar 768 smp/jam dan pendekat barat sebesar 693 smp/jam.

3.4 Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan menggunakan rumus (2). Hasil perhitungan derajat kejenuhan masing-masing pendekat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	(Q) Arus Lalu Lintas (smp/jam)	(C) Kapasitas (smp/jam) ($S \times g/c$)	(DS) Derajat Kejenuhan
Utara	597	809	0,74
Selatan	479	580	0,83
Timur	634	768	0,83
Barat	572	693	0,73
	Rata-Rata		0,80

Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai derajat kejenuhan pada masing-masing pendekat yaitu pada pendekat utara sebesar 0,74, pendekat selatan sebesar 0,83, pendekat timur sebesar 0,83 dan pendekat barat sebesar 0,83.

3.5 Panjang Antrian Kendaraan (QL)

Perhitungan panjang antrian menggunakan rumus (3). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Panjang Antrian

Kode Pendekat	NQ_{maks} (smp)	W_{masuk}	Panjang Antrian (QL)
Utara	20,00	3,90	102,56
Selatan	19,00	2,90	131,03
Timur	23,00	3,90	117,95
Barat	21,00	4,60	91,30
Rata-Rata			110,71

Berdasarkan hasil analisis didapatkan panjang antrian pada masing-masing pendekat yaitu pada pendekat utara sebesar 102,56 m, pendekat selatan sebesar 131,03 m, pendekat timur sebesar 117,95 m dan pendekat barat sebesar 91,30 m.

3.6 Tundaan (D)

Perhitungan tundaan simpang menggunakan rumus (4) dan (5). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Tundaan

Kode Pendekat	Rasio Kendaraan (stop/smp) (NS)	Jumlah Kendaraan Terhenti (smp/jam) (N_{sv})	Tundaan			
			Lalu Lintas Rata - Rata (det/smp) (DT)	Geometrik Rata - Rata (det/smp) (DG)	Rata - Rata (det/smp) ($D = DT + DG$)	Total (smp.det) ($D \times Q$)
Utara	0,86	511	25,60	3,63	29,22	17.452,48
Selatan	0,99	472	33,71	3,96	37,67	18.035,64
Timur	0,97	614	34,21	3,90	38,11	14.156,32
Barat	0,99	568	37,23	3,98	41,21	23.569,03
Total :						83.213,48
Tundaan simpang rata - rata det/smp :						28,52

Hasil analisis didapatkan tundaan total dengan nilai 83.216,48 smp.det, pada masing-masing pendekat yaitu pada pendekat utara sebesar 17.452 smp.det, pendekat selatan sebesar 18.035 smp.det, pendekat timur sebesar 24.156 smp.det dan pendekat barat sebesar 23.569 smp.det dengan tundaan simpang rata-rata yaitu 28,52 det/smp dengan mengacu pada tundaan rata-rata didapatkan tingkat pelayanan simpang adalah D (kurang).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis kinerja simpang didapatkan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang tertinggi pada hari Senin pukul 06:15 – 07:15 WIB sebesar 2282 smp/jam. Sedangkan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) terendah pada hari Minggu pukul 06.00 - 07.00 WIB sebesar 965 smp/jam. Kapasitas simpang pada pendekat utara sebesar 809 smp/jam, pendekat selatan sebesar 580 smp/jam, pendekat timur sebesar 768 smp/jam dan pendekat barat sebesar 693 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada pendekat utara sebesar 0,74, pendekat selatan sebesar 0,83, pendekat timur sebesar 0,83 dan pendekat barat sebesar 0,83. Panjang antrian pada pendekat utara sebesar 102,56 m, pendekat selatan sebesar 131,03 m, pendekat timur sebesar 117,95 m dan pendekat barat sebesar 91,30 m. Tundaan total pada

pendekat utara sebesar 17.452 smp.det, pendekat selatan sebesar 18.035 smp.det, pendekat timur sebesar 24.156 smp.det dan pendekat barat sebesar 23.569 smp.det dan tundaan simpang rata-rata yaitu 28,52 det/smp dengan mengacu pada tundaan rata-rata didapatkan tingkat pelayanan simpang adalah D (kurang).

4.2 Saran

Untuk dapat mengoptimalkan kinerja simpang RSUD Dr. R. Soedarsono perlu dilakukan perubahan fase dan optimalisasi waktu siklus APILL sesuai dengan kondisi eksisting untuk meningkatkan kinerja persimpangan.

Daftar Kepustakaan

- Alamsyah, A.A (2019) 'Rekayasa Lalu Lintas', Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), pp. 1689–1699.
- Anjarwati, S. (2014) 'Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto', Techno, 15 No. 1(1), p. 7. Available at: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno/article/view/69>.
- Biliton, J. (2004) *Managemen Transportasi*.
- Bina Marga, D.J. (1997) Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).
- Budiman, A. and Intari, D.E. (2016) 'Analisis Kapasitas Dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Palima', Fondasi : Jurnal Teknik Sipil, 5(1), pp. 69–78. Available at: <https://doi.org/10.36055/jft.v5i1.1248>.
- Hidayat, D.W., Oktopianto, Y. and Budi Sulisty, A. (2020) 'Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal)', Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety), 7(2), pp. 36–45. Available at: <https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.289>.
- Jurusan, D. et al. (2011) 'Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak) A.A.N.A. Jaya Wikrama', 15(1).
- Kumalawati, A., Sir, T.M.W. and Woda, D. (2022) 'Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Empat Di Kota Ende', Jurnal Teknik Sipil, 11(1), pp. 41–48.
- Nasihah, G.N.M. and Purwaningsih, M.A. (2017) 'Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal', Proyek Akhir, 7, pp. 35–41. Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/download/30395/18594>.
- Natsir, R. (2018) 'Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Palopo', PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik, 1(1), p. 95. Available at: https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.49.
- Pasuruan, P.K. (2010) 'Peraturan Daerah Kota Pasuruan Nomor 04 Tahun 2012 Tentang Analisis Dampak Lalu Lintas', 1954, pp. 1–21.
- Perhubungan, D. (2009) 'Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan', Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, p. 60.
- Permukiman dan Prasarana Wilayah, D. (2004) 'Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual'.
- PM 96 Tahun 2015 (2015) 'Peraturan Menteri Perhubungan RI No 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas', Jakarta, pp. 1–45.

- Pradana, F., Budiman, A. and Robekha, N. (2016) 'Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Ciruas Serang', *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(2), p. 375. Available at: <https://doi.org/10.36055/tjst.v12i2.6602>.
- Pradipta, R.E. et al. (2017) 'Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Dan Flyover Di Bundaran Kalibanteng', *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(1), pp. 263–274. Available at: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>.
- Prayitno, E.A., Abidin, Z. and Huda, M. (2019) 'Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden - Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014', *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 2(1), pp. 23–28. Available at: <https://doi.org/10.25139/jprs.v2i1.1491>.
- Ratnaningsih, D. et al. (2013) 'Analisis Kinerja Simpang Ciliwung Kota Malang', 10(2), *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, pp. 127–131. Available at: https://www.academia.edu/32870477/Analisis_Kinerja_Simpang_Ciliwung_Kota_Malang.
- Saudi, A.I. (2020) 'Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Kawasan Pertokoan Majene', *Bandar: Journal of Civil Engineering*, 2(2), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.31605/bjce.v2i2.769>.
- Sukirman, S. (2003) *Dasar - Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.
- Suryaningsih, O.F., Hermansyah, H. and Kurniati, E. (2020) 'Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar)', *INERSIA: INformasi dan Ekspose hasil Riset teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), pp. 74–84. Available at: <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31317>.
- Tamam, M.F. et al. (1997) 'Studi Kasus: Jalan Tegar Beriman – Jalan Raya Bogor', *JOM: Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik sipil*, pp. 1–10. Available at: <https://jom.unpak.ac.id/index.php/tekniksipil/article/download/483>.
- Tamin, O.Z. (1997) *Perencanaan & Pemodelan*.
- Wahyu, K. et al. (2022) 'Studi Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Kebonagung Kota Pasuruan dengan Menggunakan Metode Pkji 2014 dan Software Vissim', *Jurnal Rekayasa Sipil*, pp. 80–93. Available at: <https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/15805>.
- Warsiti, W. et al. (2016) 'Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jalan Kaligarang–Jalan Kelud Raya–Jalan Bendungan Raya', *Bangun Rekaprima*, pp. 32–39. Available at: https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/viewFie455/381.
- Wibisono, E. (2019) 'Analisis Kinerja Simpang Bersinyal di Simpang Papar Untuk Perencanaan Jalan Tol Kertosono-Kediri', *UKaRsT*, 3(2), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.30737/ukarst.v3i2.492>.