

ANALISIS KINERJA JALAN SIMPANG BERSINYAL DENGAN PKJI 2023

**(Studi Kasus: Ruas Jalan H. Agus Salim, Sawahan, Kec. Padang Timur,
Kota Padang, Sumatera Barat)**

Arifa Rosanda¹,
Universitas Bung Hatta
Email : ariffarosanda@gmail.com

Veronika²
Universitas Bung Hatta
Email : veronika@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Kota Padang menyebabkan peningkatan potensi kemacetan, terutama pada persimpangan bersinyal yang menjadi titik konflik arus lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja persimpangan tiga arah bersinyal di Jalan H. Agus Salim, Sawahan, dengan menggunakan pendekatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta merancang alternative perbaikan. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan teknik survei lapangan untuk mengumpulkan data primer seperti volume lalu lintas, geometri persimpangan, dan waktu siklus, serta data sekunder dari instansi terkait. Analisis dilakukan untuk menghitung kapasitas, derajat kejemuhan, waktu tunggu rata-rata, peluang antrean, dan tingkat pelayanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas persimpangan dalam kondisi ekisting adalah sebesar 2.329,25 smp/jam dengan derajat kejemuhan 0,39, waktu tunggu rata-rata 34,64 detik per kendaraan, dan tingkat pelayanan kategori D, yang mengindikasikan arus lalu lintas mulai tidak stabil dengan potensi antrean yang tinggi pada jam puncak sore. Simulasi optimasi waktu hijau menghasilkan peningkatan kapasitas menjadi 3.252,91 smp/jam, penurunan waktu tunggu menjadi 23,28 detik per kendaraan, serta peningkatan tingkat pelayanan menjadi kategori C. Temuan ini menunjukkan bahwa penyesuaian distribusi waktu hijau atau penerapan sistem ATCS dapat meningkatkan efisiensi lalu lintas dan mengurangi kemacetan di persimpangan perkotaan.

Kata Kunci: Simpang APILL, Kapasitas Jalan, Tingkat Pelayanan, Sistem ATCS.

ABSTRACT

The growth of motor vehicle number in Padang City has increased the potential for congestion, especially at signalized intersections that serve as traffic conflict point. This study aims to analyze the performance of a three-way signalized intersection on Jalan H. Agus Salim, Sawahan, using the 2023 Indonesia Road Capacity Guidelines (PKJI) approach and to formulate improvement alternatives. The research employs a case study method with field survey techniques to collect primary data such as traffic volume, intersection geometry, and cycle time, as well as secondary data from relevant agencies. The analysis was conducted to calculate capacity, degree of saturation, average delay, queue probability, and level of

service. The result show that the intersection's capacity under existing conditions is 2,329.25. passenger car unit per hour (pcu/h) with a degree of saturation of 0,39, an average delay of 34.64 second per vehicle, and a level of service D, indicating that traffic flow is becoming unstable with a high potential for queues during the evening peak hours. Optimization simulation of green time resulted in an increased capacity of 3,252.91 pcu/h, a reduced delay of 23.28 seconds per vehicle, and an improved level of service to category C. These findings imply that adjusting green time distribution or implementing an Adaptive Traffic Control System (ATCS) can enhance traffic efficiency and reduce congestion impacts at urban intersections.

Keyword: signalized intersection, road capacity, level of service, adaptive traffic control system (ATCS).

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan komponen penting dalam mendukung mobilitas manusia dan distribusi barang, terutama di daerah perkotaan yang memiliki aktivitas padat. Peningkatan jumlah penduduk dan kendaraan bermotor di Kota Padang, yang diperkirakan mencapai lebih dari 500.000 unit pada tahun 2025, memberikan tekanan besar pada infrastruktur jalan dan berpotensi menyebabkan kemacetan. Salah satu titik kritis dalam jaringan jalan adalah persimpangan bersinyal, karena merupakan lokasi bertemunya arus lalu lintas yang saling berpotongan sehingga sering menimbulkan konflik, keterlambatan, dan antrean. Oleh karena itu, analisis kinerja persimpangan menjadi sangat penting untuk menjamin kelancaran arus lalu lintas dan meningkatkan kualitas pelayanan.

Dengan diperbaruiinya Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) menjadi Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), terdapat kebutuhan untuk mengevaluasi kinerja persimpangan menggunakan pendekatan terbaru. PKJI 2023 menghadirkan penyempurnaan dalam perhitungan kapasitas, keterlambatan, dan tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal, sehingga penelitian yang berbasis pedoman ini menjadi relevan untuk menilai efektivitas penerapannya di lapangan.

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini difokuskan pada persimpangan tiga arah bersinyal di Jalan H. Agus Salim, Sawahan, Kota Padang dengan dua pernyataan utama: (1) bagaimana kinerja persimpangan tersebut jika dianalisis menggunakan metode PKJI 2023, dan (2) bagaimana tingkat pelayanan lalu lintas yang dihasilkan dari evaluasi tersebut? Pertanyaan ini penting mengingat persimpangan tersebut merupakan jalur dengan volume lalu lintas tinggi yang rentan terhadap kemacetan, terutama pada jam sibuk.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kapasitas, derajat kejemuhan, keterlambatan, serta tingkat pelayanan persimpangan bersinyal PKJI 2023, sekaligus mengidentifikasi alternative solusi untuk meningkatkan kinerja lalu lintas. Hasil penelitian diharapkan tidak hanya memberikan gambaran empiris mengenai kondisi aktual persimpangan di Kota Padang, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan penerapan PKJI 2023 sebagai pedoman baru dalam bidang rekayasa lalu lintas. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi ilmiah berupa pengujian aplikatif pedoman terkini serta memberikan rekomendasi praktis bagi perencanaan dan pengelola transportasi perkotaan.

METODE PENELITIAN

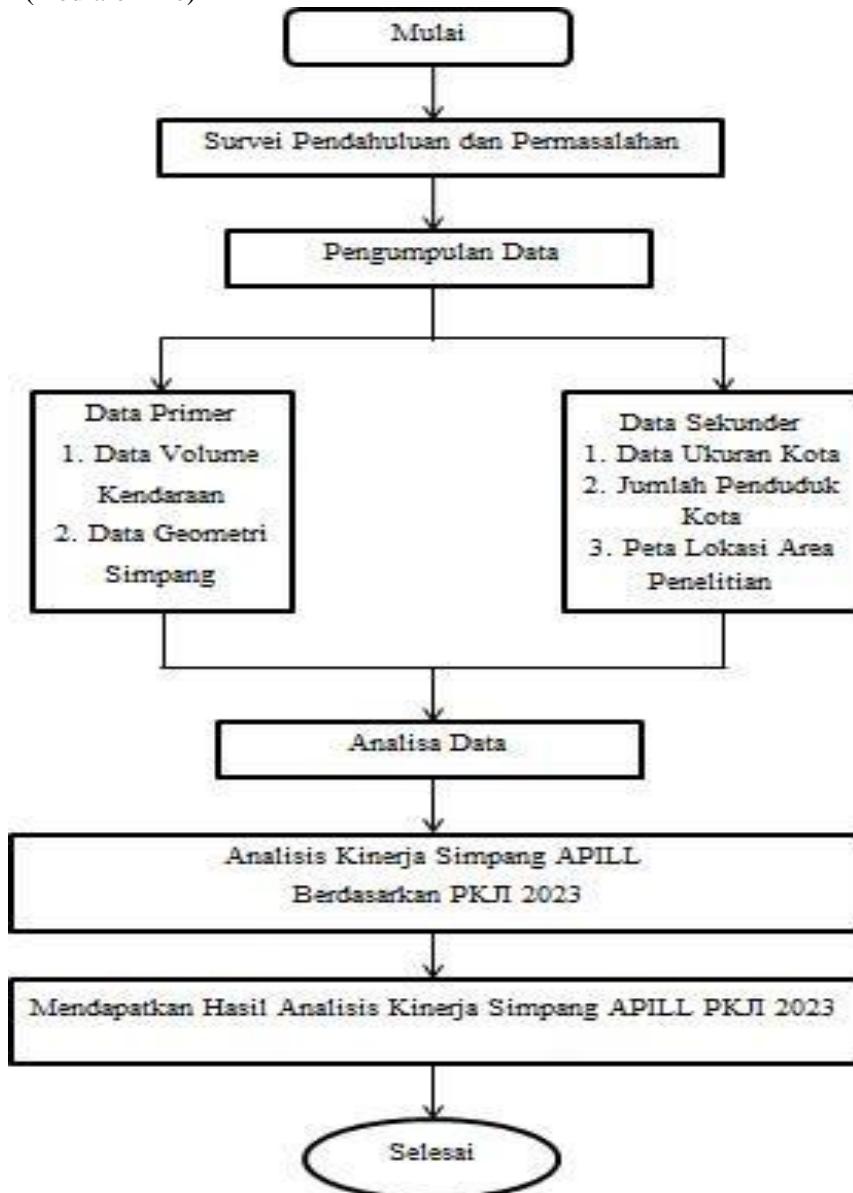


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus pada persimpangan tiga arah bersinyal di Jalan H.Agus Salim,Sawahan,Kota Padang. Lokasi dipilih karena tingginya volume lalu lintas di area tersebut serta perannya sebagai jalur utama yang sering mengalami kemacetan pada jam-jam sibuk.

Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan dengan merekam arus kendaraan menggunakan kamera pada tiga periode waktu sibuk, yaitu pagi (06.00-09.00 WIB), siang (11.00-14.00 WIB), dan sore (16.00-19.00 WIB). Selain itu, dilakukan pengukuran geometri persimpangan yang meliputi lebar jalan, jumlah lajur, dan median. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, meliputi data jumlah penduduk, peta lokasi, dan klasifikasi kota.

Selanjutnya, data yang terkumpul diubah ke dalam satuan mobil penumpang (SMP) untuk dianalisis menggunakan pedoman PKJI 2023. Analisis meliputi perhitungan kapasitas, derajat kejemuhan, waktu rata-rata, panjang antran, serta tingkat pelayanan persimpangan. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan standar tingkat pelayanan untuk mengevaluasi kondisi ekisting sekaligus merumuskan alternatif perbaikan kinerja persimpangan.

**Gambar 2. Bagan Alir Penelitian**

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Ekisting Simpang

Hasil survei menunjukkan bahwa volume lalu lintas di persimpangan tiga arah Jalan H.Agus Salim.Sawahan, mengalami variasi selama jam sibuk. Puncak arus terjadi pada sore hari antara pukul 16.00-17.00 WIB dengan total 3.976 smp/jam, yang lebih tinggi dibandingkan dengan periode pagi dan siang. Berdasarkan perhitungan kapasitas persimpangan tercatat sebesar 2.329,25 smp/jam dengan derajat kejemuhan (DJ) sebesar 0,39. Waktu tunggu rata-rata mencapai 34,64 detik per kendaraan, sehingga persimpangan berada pada tingkat pelayanan D. Kondisi ini menunjukkan bahwa arus lalu lintas mulai tidak stabil, antrean kendaraan meningkat, dan kenyamanan pengguna menurun, meskipun masih dapat diterima dalam jangka pendek.

Tabel 1. Volume Lalu Lintas

WAKTU	INTERVAL	SMP/JAM
Pagi	06.00 -7.00	2758
	06.15-07.15	3020
	06.30-07.30	2953
	06.45-07.45	2956
	07.00-08.00	2929
	07.15 -08.15	2848
	07.30-08.30	2936
	07.45-08.45	2974
Siang	08.00-09.00	2994
	11.00-12.00	2661
	11.15-12.15	2696
	11..30-12.30	2876
	11.45-12.45	2857
	12.00-13.00	2914
	12.15-13.15	2966
	12.30-13.30	2909
Sore	12.45-13.45	2919
	13.00-14.00	2932
	16.00-17.00	3976
	16.15-17.15	3910
	16.30-17.30	3811
	16.45-17.45	3731
	17.00-18.00	3718
	17.15-18.15	3671
	17.30-18.30	3677
	17.45-18.45	3854
	18.00-19.00	3906

2. Interpretasi Hasil

Temuan ini mengindikasikan bahwa persimpangan beroperasi di bawah kapasitas maksimumnya. Nilai DJ yang relatif rendah (0,39) menunjukkan bahwa persimpangan belum mencapai kejemuhan, namun waktu tunggu rata-rata yang tinggi mengindikasikan bahwa distribusi waktu hijau belum optimal. Hal ini sejalan dengan studi Sagraha & Puspito (2025) yang menemukan bahwa persimpangan bersinyal dengan konfigurasi tiga lengan sering.

mengalami masalah waktu tunggu meskipun kapasitasnya masih memadai. Oleh karena itu, pengaturan siklus sinyal lebih berpengaruh terhadap kinerja persimpangan dibandingkan kapasitas geometrisnya.

1. Kapasitas Simpang

$$C = J \text{ maka,}$$

$$J = J_o \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKI} \times F_{Bka}$$

$$J_o = 600 \times L_e$$

$$= 600 \times 6$$

$$= 3.600$$

$$F_{HS} = 0,95$$

$$F_{UK} = 1,00$$

$$F_G = 1$$

$$F_P = 0,95$$

$$F_{BKI} = 1 - (R_{Bki} \times 0,16)$$

$$= 1 - (0,49 \times 0,16)$$

$$= 0,92$$

$$F_{Bka} = 1 + (R_{Bka} \times 0,26)$$

$$= 1 + (0,42 \times 0,26)$$

$$= 1,11$$

$$J = 3.600 \times 0,95 \times 1 \times 1 \times 0,95 \times 0,92 \times 1,11$$

$$= 3323,9701 \text{ smp/jam}$$

$$WH = 17 \text{ detik}$$

$$S = 81 \text{ detik, jadi}$$

$$C = J \times \frac{WH}{S} = 3323,9701/\text{jam} \times \frac{17 \text{ detik}}{81 \text{ detik}} = 697,62 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat kejemuhan

$$Dj = \frac{q}{C} = \frac{275}{697,62} = 0,39$$

3. Rasio Fase

$$Rf = \frac{Rq/Ji}{Z Rq/J}$$

$$Rq/J = q/J$$

$$= 275/3323,9701$$

$$= 0,08$$

$$\Sigma Rq/J = 0,28$$

$$Rf = \frac{0,08}{0,28} \\ = 0,30$$

4. Antrian

$$NQ1 = NQ1 + NQ2$$

$$NQ1 = 0,25 \times s \left\{ (-1) + \sqrt{j-1}^2 + \frac{8^{j-0,5}}{81} \right\} \\ = 0,25 \times 81 \left\{ (0,39 - 1) + \sqrt{0,39 - 1}^2 + \frac{8^{0,39-0,5}}{81} \right\} \\ = 0,1742$$

$$NQ2 = s \times \frac{1-}{1-} \times \frac{3600}{3600}$$

$$= 81 \times \frac{1-0,0367}{1-0,03670,39} \times \frac{275}{3600}$$

$$= 6,18$$

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

$$= 0,17 + 6,18$$

$$= 6,01$$

$$P_A = NQ \times 20/Le$$

$$= 6,01 \times 20/6$$

$$= 20,021$$

$$RKH = 0,9 \times \frac{0}{3600} \times 3600$$

$$= 0,9 \times \frac{6,01}{275} \times \frac{3600}{81}$$

$$= 0,87$$

5. Tundaan

$$Ti = TLI + Tgi$$

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1-RH)^2}{(1-RH \times Dj)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C} \\ = 81 \times \frac{0,5 \times (1-0,0367)^2}{(1-0,0367 \times 0,39)} + \frac{0,17 \times 3600}{697,62} \\ = 39,36$$

$$T_G = (1 -) \times + (\times 4)$$

$$= (1 - 0,87) \times 0,24 + (0,87 \times 4)$$

$$= 1,95$$

$$\begin{aligned}
 Ti &= T_{Li} + T_{gi} \\
 &= 39,004 + 1,95 \\
 &= 41,31
 \end{aligned}$$

Tabel 2 Perhitungan Derajat Kejemuhan

Kode Pendekat	Hijau dalam Fase No.	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus Bka (ekr/jam)		Lebar Efektif (m)	Arus Jenuh (ekr/jam) Hijau		Faktor-faktor koreksi			Hanya tipe P yang disesuaikan (ekr/jam)	Arus Jenuh (ekr/jam)	Arus Lalu Lintas (Rq/s)	Ratio Fase (Rf)	Ratio Fase	Waktu Hijau (detik)	Kapasitas (smp/jam) (S.h/c)	Derajat Kejemuhan						
						Nilai Arus Jenuh Dasar (ekr/jam)			Semua Tipe pe dekat			Hanya tipe P yang disesuaikan (ekr/jam)															
			p BkijT	p Bki	p Bka	Q Bka	Qo Bka		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri													
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)					
U	1	p	0.49	0.49	0.42	142	165.50	6.00	3,600	1.00	0.95	1.00	0.95	1.11	0.92	3,323.9701	275	0.08	0.30	17	697.62	0.39					
T	2	p	0	0	0.49	166	133.60	6.50	3,900	1.00	0.95	1.00	0.95	1.13	1.00	3,967.1794	339	0.09	0.31	19	930.57	0.36					
B	3	P	0.50	0.50	0	0	0	6.00	3,600	1.00	0.95	1.00	0.95	1.00	0.92	2,988.6863	330	0.11	0.40	19	701.05	0.47					
Waktu Hilang Total Hh (det)			Waktu siklus sebelum penyesuaian Co (det)			56.83									IFR = $\frac{R_{q/s \text{ ket }} / R_{q/s}}{\sum R_{q/s \text{ ket }}} = 0.28$			Dj Rata-Rata			0.41						
			Waktu siklus disesuaikan (c) (det)			81									C Rata-Rata			776									

Tabel 3 Perhitungan Tundaan

Kode Pendekat	Arus Lalu Kapasitas smp/jam	Arus hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)			Panjang Antrian QL	Rasio Kendaraan Terhenti NS	Jumlah Tundaan lalu lintas rata-rata DT	Tundaan geotrik rata-rata D = DT + DG			Tundaan rata-rata D x Q	Tundaan smp.det								
			NQ1	NQ2	Total NQ1+NQ2=NQ max				(m)	stop/smp	smp/jam	det/smp									
			Q	C	g/c																
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)							
U	275.30	698	0.39	0.00367	(0.1742)	6.18	6.01	6.01	20.021	0.87	240	39.36	1.95	41.31							11,373
T	338.50	931	0.36	0.003781	(0.2143)	7.60	7.38	7.38	22.72	0.87	295	39.42	1.87	41.29							13,976.39
B	330	701	0.47	0.234568	-0.05508	6.39	6.34	6.34	21.12	0.77	253	26.39	1.76	28.16							9,294.31
BkijT (semua)			944						Total 789						Total 34,644						37
Arus total Qot			944						Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp 0.84			Tundaan simpang rata-rata (det/smp)									

3. Optimalisasi Waktu Hijau

Simulasi alternatif dengan mengoptimalkan waktu siklus dari 81 detik menjadi 58 detik dan melakukan redistribusi waktu hijau menunjukkan perbaikan yang signifikan. Kapasitas meningkat menjadi 3.252,91 smp/jam, waktu tunggu menurun menjadi 23,28 detik per kendaraan, dan tingkat pelayanan naik ke kategori C. Perubahan ini membuktikan bahwa penyesuaian sederhana pada pengaturan sinyal dapat mengurangi antrean dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas. Hasil ini konsisten dengan penelitian Nandito et al.(2024) yang menunjukkan bahwa koordinasi sinyal dapat menurunkan waktu tunggu dan derajat kejemuhan pada persimpangan perkotaan.

Tabel 4. Perhitungan Derajat Kejemuhan Setelah diOptimalkan

Kode Pendekat	Hijau dalam Fase No.	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus Bka (ekr/jam)	Lebar Efektif (m)	Nilai Arus Jenuh Dasar (ekr/jam)	Arus Jenuh (ekr/jam) Hijau			Faktor-faktor koreksi	Arus Lalu Lintas (Rq/s)	Ratio Arus (Rq/s)	Ratio Fase (Rf)	Waktu Hijau (detik)	Kapasitas (smp/jam) (S.h/c)	Derajat Kejemuhan				
			p BkijT	p Bki	p Bka				So	Fuk	Fhs	Fg	Fp	Fbka	Fblk	S						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U	P	p	0.49	0.49	0.42	142	165.50	6.00	3,600	1.00	0.95	1.00	0.95	1.11	0.92	3,323.97	275	0.08	0.30	17	974.27	0.28
T	P	p	0	0	0.49	166	133.60	6.50	3,900	1.00	0.95	1.00	0.95	1.13	1.00	3,967	339	0.09	0.31	19	1,299.59	0.26
B	3	P	0.50	0.50	0	0	0	6.00	3,600	1.00	0.95	1.00	0.95	1.00	0.92	2,989	330	0.11	0.40	19	979.05	0.34
Waktu Hilang Total Hh (det)			18 Waktu siklus sebelum penyesuaian Co (det)			44.36									IFR = $\frac{R_{q/s \text{ ket}}}{\sum R_{q/s \text{ ket}}} = 0.28$			Dj Rata-Rata			0.29	
			Waktu siklus disesuaikan (c) (det)			58									$\frac{R_{q/s \text{ ket}}}{\sum R_{q/s \text{ ket}}} = 0.28$			C Rata-Rata			1,094	

Tabel 5. Perhitungan Tundaan Setelah diOptimalkan

Kode Pendekat	Arus		Derajat	Rasio	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang	Rasio	Jumlah	Tundaan			
	Lalu	Kapasitas	Kejemuhan	hijau	NQ1	NQ2	Total	NQ max	Antrian	Kendaraan	Kendaraan	Tundaan lalu	Tundaan geo-	Tundaan rata-rata	Tundaan
	Lintas	smp/jam	DS	GR	=	=	NQ1+NQ2=	NQ	QL	Terhenti	lintas rata-rata	metrik rata-rata	DT	DG	D = DT + DG
	Q	C	Q/C	g/c					(m)	NS	N SV	DT	DG	det/smp	det/smp
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
U	275.30	974	0	0.00513	(0.3033)	4.42	4.12	4.12	0.50	0.84	230	27.62	1.91	29.53	8.130
T	338.50	1,300	0.26	0.005280	(0.3241)	5.43	5.11	5.11	0.7646958	0.84	285	27.84	1.84	29.68	10,045.12
B	330	979	0.34	0.327586	-0.24585	4.02	3.77	3.77	12.58	0.64	211	13.84	1.64	15.47	5,107.28
Bkjt (semua)	944											0.0	6.0	6.0	
Arus total Qtot	944											Total	726	Total	23,283
												Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	0.77		Tundaan simpang rata-rata (det/smp)
															25

Tabel 6. Waktu Siklus Simpang Sawahan sebelum Optimalisasi

Fase	Pergerakan	Merah (dtk)	Hijau (dtk)	All Red (dtk)	Kuning (dtk)	Waktu Siklus
1	Jl.Perintis Kemerdekaan (Utara)	56	17	2	6	81
2	Jl.H.Agus Salim (Barat)	54	19	2	6	81
3	Jl.Sawahan (Timur)	54	19	2	6	81

SIMPANG SAWAHAN

Waktu Siklus : 81 detik

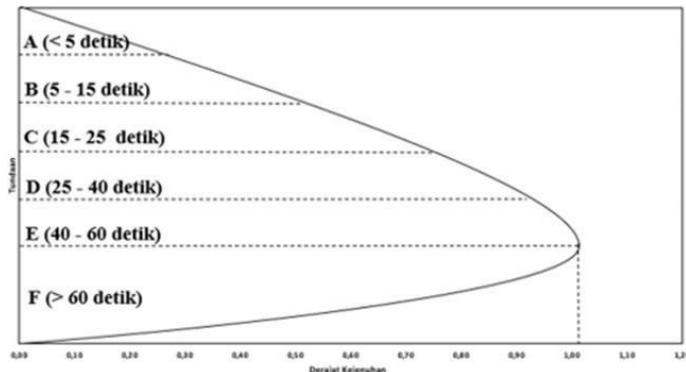
Gambar 3. Diagram Fase Waktu Siklus Sebelum Optimalisasi**Tabel 7. Waktu Siklus Simpang Sawahan Setelah Optimalisasi**

Fase	Merah	Hijau	All Red	Kuning	Waktu Siklus
1	42	12	2	2	58
2	41	13	2	2	58
3	41	13	2	2	58

SIMPANG SAWAHAN

Waktu Siklus :58 detik

Gambar 4. Diagram Fase Waktu Setelah di Optimalisasi

**Gambar 5. Grafik Tingkat Pelayanan**

4. Kontribusi Akademik

Secara akademik, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa penerapan PKJI 2023 relevan untuk menilai dan mengoptimalkan kinerja persimpangan bersinyal di kota besar. Berbeda dengan MKJI 1997, pedoman terbaru ini lebih responsive terhadap kompleksitas lalu lintas perkotaan, khususnya dalam menilai waktu tunggu dan distribusi fase sinyal. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan PKJI 2023 dalam perencanaan transportasi modern sekaligus memperkaya literatur mengenai evaluasi persimpangan bersinyal di Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa persimpangan tiga arah bersinyal di Jalan H.Agus Salim, Sawahan, memiliki kapasitas ekisting sebesar 2.329,25 smp/jam dengan derajat kejemuhan 0,39, waktu tunggu rata-rata 34,64 detik per kendaraan, dan tingkat pelayanan kategori D. Temuan ini menjawab tujuan penelitian dengan menunjukkan bahwa kinerja persimpangan menurut PKJI 2023 masih kurang stabil meskipun belum mencapai kondisi jenuh. Optimalisasi distribusi waktu hijau terbukti mampu meningkatkan kapasitas menjadi 3.252,91 smp/jam, mengurangi waktu tunggu menjadi 23,28 detik per kendaraan, serta memperbaiki tingkat pelayanan menjadi kategori C, yang menandakan bahwa penyesuaian pengaturan sinyal lebih efektif dibandingkan perubahan geometris.

Dari segi teori, penelitian ini menegaskan pentingnya PKJI 2023 sebagai pedoman terbaru dalam menilai dan mengoptimalkan kinerja persimpangan bersinyal. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan oleh pemerintah daerah dalam merancang strategi pengelolaan lalu lintas perkotaan. Keterbatasan penelitian terletak pada fokus yang hanya pada satu lokasi dan variabel yang terbatas pada parameter lalu lintas tanpa mempertimbangkan faktor eksternal seperti perilaku pengemudi atau kondisi cuaca. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya melibatkan lebih banyak lokasi dan menggabungkan pendekatan kuantitatif serta kualitatif agar pemahaman mengenai kinerja persimpangan perkotaan menjadi lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kota Padang.(2025).*Statistik Daerah Kota Padang 2023*.BPS Kota Padang.

Badan Pendapatan Daerah Provinsi Sumatera Barat.(2025).*Data kendaraan bermotor Provinsi Sumatera Barat tahun 2025*. Bapenda Sumbar.

Direktorat Jendral Bina Marga.(2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)*.
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Depertemen Pekerjaan Umum.(1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)*.
Direktorat Jendral Bina Marga.

Nandito,A.,Fadhil,A., & Azhar,A. (2024). Analisa greenwave pada dua simpang bersinyal di
Jalan Veteran sampai Jalan Damar. *Jurnal Tranportasi dam Jalan Raya*, 12(2),45-55.

Sagraha,& Puspito, I.H.(2025). Analisis kinerja simpang bersinyal Puntodewo Malang
menggunakan PKJI 2023. *Jurnal Rekayasa Lalu Lintas Indonesia*, 8(1),21-30.