

Analisis Fase Dan Waktu Siklus Simpang Apill Dalam Upaya Peningkatan Keselamatan Lalu Lintas Menggunakan Simulasi PTV Vissim dan Software Surrogate Safety Assessment Model

Arfian Syarillah Ashar¹, Teguh Tuhu Prasetyo²,
Pradhana Wahyu Nariendra³

^{1,2,3}Program Studi Manajemen Transportasi, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional
Bandung

E-mail: ¹arvinazhar18@gmail.com, ²teguhtuhu@ulbi.ac.id, ³pradhana@ulbi.ac.id

Received 26-08-2024; Reviewed 26-11-2024; Accepted 12-12-2024
Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>
DOI: 10.46447/ktj.v11i2.628

Abstract

The Singkil Adiwerna intersection in Tegal Regency with a 2-phase arrangement has the potential to cause accident risks due to traffic conflicts. For this reason, it is necessary to make efforts to arrange phases to reduce traffic conflicts aimed at improving traffic safety by considering intersection performance. The analysis method uses PKJI (2023) method for intersection performance, PTV VISSIM for simulation modeling, and Surrogate Safety Assesment Model Software for the number of conflicts. The results of the analysis of 2-phase conditions with a cycle time of 86 seconds have a degree of saturation of 0.60, a queue of 7.09 meters, a delay of 16.72 seconds, an intersection level of service B and a safety level with a conflict value of 452. The application of 3 phases with a cycle time of 100 seconds has a degree of saturation of 1.01, a queue of 14.02 meters, a delay of 32.74 seconds, an intersection level of service C, and a conflict value of 243 with a 46% decrease in conflict value from 2-phase conditions. If the application of 4 phases with a cycle time of 130 seconds has a degree of saturation of 1.27, a queue of 20 meters, a delay of 47.73 seconds, an intersection level of service D, and a conflict value of 104 with a 77% decrease in conflict value from the 2-phase condition. Based on PM 96 of the Ministry of Transportation, judging from the function of the road, namely a secondary collector road with a level of service of at least C, the selection of phase settings and cycle time of the APILL intersection recommends 3 phases with a cycle time of 100 seconds.

Keywords: Traffic Signal Intersection, Phase And Cycle Time, Traffic Safety, PTV VISSIM, SSAM.

Abstrak

Simpang Singkil Adiwerna di Kabupaten Tegal dengan pengaturan 2 fase berpotensi menimbulkan risiko kecelakaan akibat konflik lalu lintas. Untuk itu perlu upaya pengaturan fase untuk menurunkan konflik lalu lintas yang bertujuan meningkatkan keselamatan lalu lintas dengan mempertimbangkan kinerja simpang. Metode analisis menggunakan metode PKJI (2023) untuk kinerja simpang, PTV VISSIM untuk permodelan simulasi, dan *Software Surrogate Safety Assesment Model* untuk jumlah konflik. Hasil analisis kondisi 2 fase dengan waktu siklus 86 detik memiliki derajat kejenuhan 0,60, antrian 7,09 meter, tundaan 16,72 detik, tingkat pelayanan simpang B dan tingkat keselamatan dengan nilai konflik 452.

Pada penerapan 3 fase dengan waktu siklus 100 detik memiliki derajat kejenuhan 1,01, antrian 14,02 meter, tundaan 32,74 detik, tingkat pelayanan simpang C, dan nilai konflik 243 dengan penurunan nilai konflik 46% dari kondisi 2 fase. Jika penerapan 4 fase dengan waktu siklus 130 detik memiliki derajat kejenuhan 1,27, antrian 20 meter, tundaan 47,73 detik, tingkat pelayanan simpang D, dan nilai konflik 104 dengan penurunan nilai konflik 77% dari kondisi 2 fase. Berdasarkan PM 96 Kementerian Perhubungan, dilihat dari fungsi jalan yaitu jalan kolektor sekunder dengan tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C, maka pemilihan pengaturan fase dan waktu siklus simpang APILL rekomendasi 3 fase dengan waktu siklus 100 detik.

Kata kunci: Simpang APILL, Fase dan Waktu Siklus, Keselamatan Lalu Lintas, PTV VISSIM, SSAM.

PENDAHULUAN

Meningkatkan keselamatan lalu lintas di persimpangan Singkil Adiwerna di Kabupaten Tegal sangat penting. Tingginya arus lalu lintas dan potensi kecelakaan yang disebabkan oleh pengaturan sinyal 2 fase yang ada saat. Pengaturan 2 fase hanya memisahkan konflik primer, yang dapat menyebabkan konflik lalu lintas dengan pergerakan tinggi dan berpotensi menyebabkan kecelakaan (Weibull et al., 2022) (Severino et al., 2021). Untuk meningkatkan keselamatan di persimpangan bersinyal, beberapa strategi dapat dipertimbangkan. Pertama, mengatur ulang waktu siklus Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Otomatis (APILL) dapat membantu meningkatkan arus lalu lintas dan keselamatanseperti yang disarankan oleh (Andika, 2022) Selain itu, penerapan sistem kontrol lalu lintas yang canggih, seperti layanan sistem transportasi cerdas kooperatif (cooperative intelligent transport system/C-ITS), dapat membantu mengurangi faktor risiko yang terkait dengan kecelakaan kendaraan darurat di persimpangan (Weibull et al., 2022).

Selain itu, penggunaan penghitung waktu mundur di persimpangan bersinyal telah terbukti memiliki dampak yang beragam terhadap keselamatan lalu lintas (Sobota et al., 2018). Meskipun penghitung waktu mundur dapat memberikan informasi kepada pengemudi tentang waktu yang tersisa untuk sinyal, penghitung waktu mundur juga dapat mendorong pengemudi untuk memasuki persimpangan selama beberapa detik terakhir dari sinyal merah, yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan (Kłos et al., 2020). Oleh karena itu, implementasi penghitung waktu mundur harus dievaluasi dan dirancang secara hati-hati untuk mengoptimalkan dampaknya terhadap keselamatan lalu lintas. Pendekatan lain untuk meningkatkan keselamatan di simpang Singkil Adiwerna adalah dengan mempertimbangkan alternatif penanganan simpang, seperti bundaran.

Bundaran telah diakui sebagai intervensi keselamatan yang efektif untuk menggantikan persimpangan tradisional, karena bundaran dapat mengurangi jumlah dan jenis konflik antara kendaraan dan pejalan kaki, yang berujung pada penurunan tingkat kecelakaan dan tingkat keparahan kecelakaan (Alicioğlu et al., 2022) (Li et al., 2024). Namun, kelayakan dan kesesuaian penerapan perlu dikaji secara menyeluruh. Selain itu, penggunaan teknologi canggih, seperti sistem transportasi cerdas (intelligent transportation system/ITS), dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan keselamatan di persimpangan. Sistem ini dapat memberikan informasi waktu nyata tentang kondisi lalu lintas, mendeteksi potensi konflik, dan bahkan memicu pengereman darurat otomatis untuk mencegah kecelakaan (Fasanmade et al., 2019) (Sato et al., 2020) (Yoshitake et al., 2022).

Integrasi teknologi-teknologi ini di persimpangan perlu dieksplorasi untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas. Meningkatkan keselamatan lalu lintas di simpang Singkil Adiwerna, diperlukan pendekatan multiaspek direkomendasikan. Hal ini termasuk mengatur ulang waktu siklus APILL, mengevaluasi penggunaan penghitung waktu mundur, mempertimbangkan alternatif penanganan persimpangan seperti bundaran, dan mengintegrasikan teknologi canggih seperti ITS. Dengan menerapkan strategi-strategi tersebut, keselamatan dan efisiensi persimpangan Singkil Adiwerna dapat ditingkatkan, sehingga bermanfaat bagi masyarakat dan pengguna jalan. Menurut (Andika, 2022) untuk meningkatkan keselamatan pada simpang bersinyal (Studi Kasus pada Simpang Empat Maya – Kota Tegal) diperlukan pengaturan ulang waktu siklus APILL. Pada penelitian ini akan mensimulasikan saat kondisi sebelum dilakukannya penanganan dan sesudah dilakukan penanganan untuk menemukan rekomendasi fase waktu siklus APILL sesuai tujuan penelitian.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan teori kapasitas jalan Indonesia (PKJI, 2023) untuk analisis kinerja simpang dan *software Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation* untuk permodelan simulasi dan *Simulation Software for Traffic Safety Analysis and Management* untuk tingkat keselamatan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berada di simpang APILL Singkil Adiwerna, Kecamatan Adiwerna, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini bertujuan mendapatkan data sekunder dan primer agar penelitian ini memperoleh data sesuai dengan kondisi yang ada. Berikut tabel pengumpulan data penelitian ini.

Tabel 1. Pengumpulan Data

Jenis data	Keterangan	Sumber Data
Sekunder	Data Penduduk Kabupaten Tegal	BPS Kabupaten Tegal
	Data Status dan Fungsi Jalan	DPUPR Kabupaten Tegal
Primer	Data Angka Kecelakaan	BPS Kabupaten Tegal
	Data <i>Traffic Counting</i> Simpang	Survei Pencacahan Lalu Lintas
	Data Konflik Lalu Lintas Simpang	Survei Pengamatan
	Data Inventarisasi Simpang	Survei Pengamatan
	Data Geometrik Simpang	Survei Pengukuran
	Data Kecepatan Kendaraan	Survei Waktu Tempuh
	Data Pengaturan Waktu Siklus	Survei Pengamatan

Sumber: Pengolahan Sendiri 2024

Metode Analisis Data

1. Analisis Kinerja Simpang (PKJI, 2023)

Analisis kinerja simpang dianalisis dengan teori Paduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023). Analisis kinerja simpang menganalisis pada saat kondisi saat ini (*eksisting*). Untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal ini dibutuhkan data primer dan data sekunder.

2. Analisis Konflik Lalu Lintas

Analisis konflik lalu lintas sumber data berasal dari data sekunder yaitu data survei konflik lalu lintas dan jumlah konflik lalu lintas dengan software SSAM kondisi *eksisting*. Analisis konflik lalu lintas meliputi jenis konflik keluaran SSAM dengan tingkatan konflik menurut (Riaz, 2016) berpotensi konflik, sedikit konflik, dan serius konflik. Nilai pembobotan berdasarkan asumsi tingkatan konflik lalu lintas yang dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas. Adapun nilai pembobotan konflik sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Bobot Konflik Lalu Lintas

Jenis konflik	Tingkatan konflik	Nilai Bobot
<i>Line Change</i>	Berpotensi konflik	1
<i>Rear end</i>	Sedikit konflik	2
<i>Crossing</i>	Serius konflik	3

Sumber: Pengolahan Sendiri 2024

3. Analisis Kecepatan Kendaraan

Analisis kecepatan kendaraan meliputi hasil survei kecepatan kendaraan pada simpang bersinyal Singkil Adiwerna. Analisis kecepatan kendaraan ini akan menghasilkan data kecepatan kumulatif dengan jenis kendaraan ringan (*LV*), sepeda motor (*MC*), kendaraan berat (*HV*).

4. PTV VISSIM

Pada proses PTV VISSIM akan memodelkan simulasi lalu lintas pada simpang bersinyal Singkil Adiwerna. PTV VISSIM pada penelitian ini bertujuan mensimulasikan kondisi lalu lintas *eksisting* dan kondisi setelah penerapan rekomendasi pengaturan waktu siklus APILL.

5. Kalibrasi PTV VISSIM

Kalibrasi pada PTV VISSIM suatu proses penyesuaian nilai-nilai parameter mengenai perilaku berkendara, tinjauan jaringan jalan, dan asal tujuan pergerakan pada model simulasi disesuaikan dengan kondisi lapangan sehingga dapat menggambarkan kondisi lalu lintas seperti kondisi sebenarnya. Adapun kalibrasi yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang pernah diteliti oleh Putri (2015), Ulfah (2017), dan Prahara (2018) sebagai berikut:

Tabel 3. Kalibrasi Penelitian Ulfah, Putri, Prahara

Parameter	Default	Putri	Ulfah	Prahara
<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>	<i>Any</i>	<i>Any</i>
<i>Overtake on same lane on left and on right</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
<i>Distance standing</i>	1 m	0,2 m	0,65 m	0,35 m
<i>Distance driving</i>	1 m	0,4 m	0,2 m	0,50 m
<i>Average standstill distance</i>	2 m	0,6 m	0,5 m	1,0 m
<i>Additive part of safety distance</i>	2 m	0,6 m	0,5 m	1,0 m
<i>Multiplicative part of safety distance</i>	3 m	1,0 m	1,0 m	1,5 m

Sumber:(Pakpahan & Susilo, 2021)

6. Uji Validitas

Validasi suatu proses uji kebenaran mengenai data kalibrasi permodelan PTV VISSIM dapat dipresentasikan mengenai hasil observasi lapangan dengan hasil permodelan simulasi mendekati keadaan sebenarnya. Berikut persamaan rumus *Geofrey E. Havers* sebagai berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{(Q_{simulasi} - Q_{observasi})^2}{0,5 \times (Q_{simulasi} + Q_{observasi})}} \tag{1}$$

Keterangan:

Q simulasi : Data volume kendaraan lalu lintas hasil simulasi (kendaraan/jam)

Q observasi : Data volume kendaraan lalu lintas hasil observasi (kendaraan/jam)

Adapun tabel hasil perhitungan dari uji validitas dengan metode GEH sebagai berikut:

Tabel 4. Kesimpulan Hasil Perhitungan GEH

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	Kemungkinan data Error
GEH > 10,0	Ditolak

Sumber: (Halim et al., 2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometrik dan inventarisasi Simpang APILL

Pada simpang Singkil Adiwerna pengaturan APILL pada simpang ini menggunakan 2 fase tanpa memisahkan arus terlawan. Jumlah tiang sinyal APILL pada simpang Singkil Adiwerna ada 8 dengan tiap-tiap lengan memiliki 2 tiang sinyal APILL. Kondisi sinyal APILL pada simpang Singkil kurang lengkap karena tidak terdapat sinyal APILL untuk pejalan kaki dan pada lengan timur sinyal APILL kondisi lampu mati 1 tiang, dan tidak adanya kelengkapan *countdown timer* pada sinyal APILL.

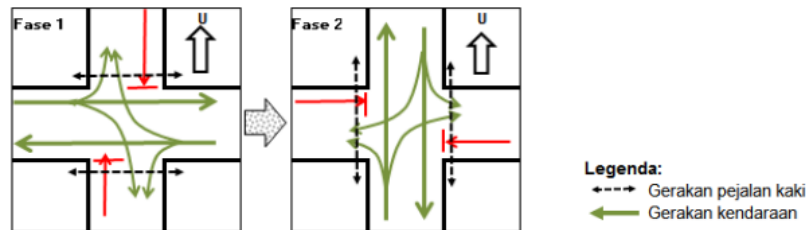
Tabel 5. Geometrik Simpang

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Median (m)	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Belok Kiri Langsung	Lebar Pendekat (m)		
					W _A	W _{ENTRY}	W _{EXIT}
Utara	Komersial	-	1	Tidak	6,5	6,5	6,5
Selatan	Komersial	-	1	Tidak	6,5	6,5	6,5
Barat	Residence	-	-	Tidak	3,75	3,75	3,75
Timur	Komersial	-	-	Tidak	4,5	4,5	4,5

Sumber: Survei Lokasi, 2024

Hasil Survei Pengaturan Fase dan Waktu Siklus Simpang APILL Singkil Adiwerna

Pengambilan data pengaturan fase dan waktu siklus simpang APILL ini diperoleh dari pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Pada Simpang APILL Singkil Adiwerna menggunakan pengaturan 2 fase.



Gambar 1. Kondisi 2 Fase

Pembagian pengaturan 2 fase waktu siklus ini yaitu fase 1 lengan utara dengan lengan selatan (jalur mayor) dan fase 2 lengan timur dengan lengan barat (jalur minor). Jumlah total satu waktu siklus di simpang APILL Singkil Adiwerna pada kondisi *eksisting* adalah 86 detik.

Fase 1	Utara – Selatan (Mayor)			
	45	2	3	36
Fase 2	Barat – Timur (Minor)			
	47	3	31	2 3

Gambar 2. Fase dan Waktu siklus

Hasil Survei Konflik Lalu Lintas Simpang APILL Singkil Adiwerna

Pengumpulan data perhitungan konflik lalu lintas pada simpang APILL Singkil Adiwerna hanya melakukan survei konflik *crossing* (bersilang). Data konflik lalu lintas ini digunakan sebagai acuan jumlah data real pada kondisi 2 Fase. Untuk perhitungan konflik lalu lintas ini menghitung semua jenis kendaraan. Durasi waktu pelaksanaan pengambilan data konflik lalu lintas ini berdurasi 1 jam pengamatan pada jam sibuk (*peak hour*). Berikut tabel hasil survei perhitungan konflik lalu lintas pada simpang APILL Singkil Adiwerna.

Tabel 6. Hasil Jumlah Konflik *Crossing* Kondisi 2 Fase

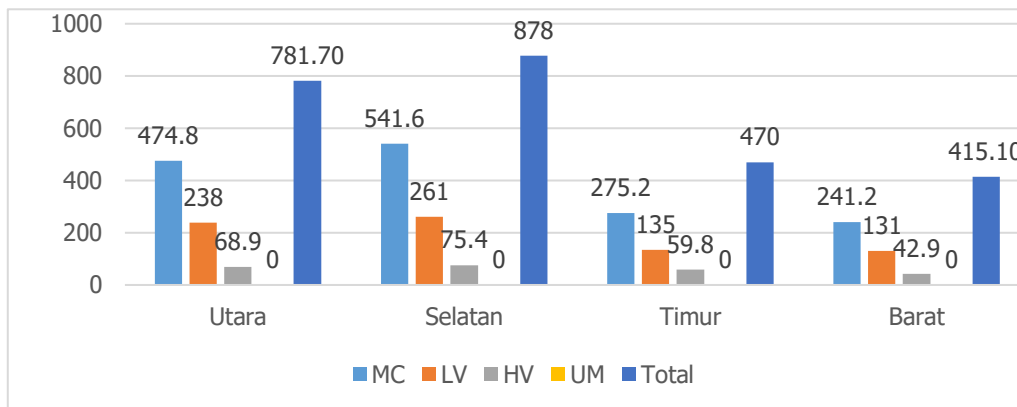
Lengan Simpang	Fase	Durasi	Jumlah konflik
Utara dan Selatan	1	1 jam pengamatan	66
Timur dan Barat	2		31

Sumber: Survei Lokasi, 2024

Hasil Analisis Volume Lalu Lintas Simpang APILL Singkil Adiwerna

Data volume lalu lintas pada simpang APILL Singkil Adiwerna diperoleh dengan cara survei lapangan. Survei perhitungan volume lalu lintas dengan metode *Classified Turning Movement Counting* (CTMC). Perhitungan volume ini menghitung sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), Kendaraan berat (HV), dan kendaraan tak bermotor (UM). Pengambilan data volume kendaraan ini di hari kerja, dengan interval 15 menit per pengamatan pada rentan waktu 1 jam pada jam sibuk (*peak hour*) pada pukul 16.00-17.00 WIB. Pengolahan data jumlah kendaraan ini di dapat dari hasil survei data jumlah kendaraan pada 1 jam pengamatan/jam sibuk (*peak hour*) tiap lengan simpang APILL Singkil Adiwerna kemudian di kalikan dengan ekuivalen mobil

penumpang (emp). Nilai ekuivalen mobil penumpang untuk tipe jenis pendekat terlawan antara lain: 0,4 (MC), 1,0 (LV), 1,3 (HV). Berikut grafik jumlah kendaraan pada tiap lengan simpang APILL Singkil Adiwerna.



Gambar 3. Grafik Volume Kendaraan (Smp/jam)
Sumber: Pengolahan Sendiri, 2024

Hasil Analisis Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan di lengan simpang APILL Singkil Adiwerna diperoleh melalui survei lapangan dengan metode *spot speed*. metode *spot speed* melihat waktu tempuh kendaraan dengan jarak yang sudah ditentukan. Sampel data kendaraan pada survei ini mencakup kendaraan yang melintas pada lengan ruas sampai melewati daerah simpang antara lain sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV). Pengambilan data kecepatan ini pada pukul 16.00-17.00 atau jam sibuk (*peak hour*).

Tabel 7. Hasil Kecepatan Kendaraan

Lengan Simpang	Data Kecepatan					
	SMS (km/jam)			TMS (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Utara	39,39	30,12	25,78	40,12	30,93	26,51
Selatan	34,41	30,51	25,72	35,05	31,68	26,87
Timur	35,92	30,28	28,79	36,81	30,82	29,38
Barat	35,86	28,22	27,84	38,21	28,65	28,50

Sumber: Pengolahan Sendiri, 2024

Uji Validitas PTV VISSIM

Tahap validasi merupakan rangkaian dari proses simulasi permodelan PTV VISSIM. Pada penelitian ini setelah adanya proses kalibrasi untuk menguji ketepatan model simulasi dengan kondisi sebenarnya, kemudian dilakukan uji validitas untuk dapat menguji ketepatan data model simulasi. Berikut uji validasi tiap-tiap parameter yang telah diuji pada simpang APILL Singkil Adiwerna.

Tabel 8. Uji Volume Lalu Lintas

Lengan Simpang	Kalibrasi		Observasi	Nilai Geh			
	Default	1		Default	Keterangan	1	keterangan
Utara	735	798	782	2,91	Diterima	0,32	Diterima
Selatan	824	882	878	3,43	Diterima	0,02	Diterima
Timur	492	492	470	1,01	Diterima	1,01	Diterima
Barat	498	414	415	15,09	Ditolak	0,0024	Diterima

Sumber: Pengolahan Sendiri, 2024

Tabel 9. Uji Antrian

Lengan Simpang	PTV VISSIM (meter)	Observasi (meter)	Nilai GEH
Utara	45,43	42,83	0,15
Selatan	39,88	47,56	1,35
Timur	43,69	39,91	0,34
Barat	40,48	42,82	0,13

Sumber: Pengolahan Sendiri, 2024

Tabel 10. Uji Tundaan rata-rata simpang

Indikator	Observasi	PTV VISSIM	Nilai Geh
Tundaan simpang rata-rata (det/smp)	22,21	16,72	1,55

Sumber: Pengolahan Sendiri, 2024

Tabel 11. Uji Konflik *Crossing*

Jumlah konflik <i>Crossing</i>		Nilai GEH
PTV VISSIM	Observasi	
105	97	0,63

Sumber: Pengolahan Sendiri, 2024

Pada uji validitas diatas dengan metode GEH disimpulkan bahwa nilai GEH pada parameter yang di uji dibawah nilai 5 yang berarti nilai GEH diterima. Kondisi simulasi PTV VISSIM simpang APILL Singkil Adiwerna menandakan bisa dapat mewakili kondisi observasi.

PEMBAHASAN

Kinerja Simpang

Kinerja simpang ini didapatkan dari pengolahan dengan teori Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (2023) dan hasil simulasi PTV VISSIM. Berikut tabel kinerja simpang Singkil Adiwerna.

Tabel 12. Kinerja Simpang

Indikator Kinerja Simpang APILL	Lengan Simpang	Kondisi		
		2 Fase	3 Fase	4 Fase
Kapasitas	Utara	1.211,37 skr/jam	763,97 skr/jam	623,29 skr/jam
	Selatan	1.363,18 skr/jam	833,66 skr/jam	681,35 skr/jam
	Timur	854,73 skr/jam	474,24 skr/jam	364,80 skr/jam
	Barat	737,17 skr/jam	409,01 skr/jam	330,35 skr/jam
Derajat Kejenuhan	Utara	0,65	1,02	1,25
	Selatan	0,64	1,05	1,29
	Timur	0,55	0,99	1,29
	Barat	0,56	1,01	1,26
Antrian Kendaraan	Utara	5,80 meter	13,65 meter	15,97 meter
	Selatan	5,43 meter	13,02 meter	17,14 meter
	Timur	8,67 meter	15,99 meter	21,93 meter
	Barat	8,46 meter	13,42 meter	25,06 meter
Tundaan	Utara	11,25 detik	28,54 detik	41,17 detik

Indikator Kinerja Simpang APILL	Lengan Simpang	2 Fase	Kondisi 3 Fase	4 Fase
	Selatan	12,22 detik	28,63 detik	42,06 detik
	Timur	22,61 detik	41,04 detik	51,51 detik
	Barat	29,89 detik	39,97 detik	67,82 detik
Tundaan Rata-Rata Simpang		16,72 detik	32,74 detik	47,73 detik

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Pada kondisi 2 fase pada kondisi awal, total waktu siklus 86 detik, pada fase ini pergerakan awal diawali dengan kendaraan bergerak dari lengan utara (Jl. Raya II Adiwerna) dan lengan selatan (Jl. Raya Lengkong Adiwerna) dengan waktu hijau 45 detik. Pergerakan kedua atau fase 2 diawali dengan berhentinya fase 1 kemudian lengan timur (Jl. Raya Singkil) dan lengan barat (Jl. Raya Singkil Kaliwadas) mulai bergerak dengan waktu hijau selama 31 detik. Rata-rata derajat kejenuhan pada tiap pendekat lengan simpang masih dibawah 0,85 maka sesuai (PKJI, 2023) derajat kejenuhan pada kondisi ini belum melewati jenuh. Tundaan rerata simpang pada kondisi ini sekitar 16,72 detik dikategorikan mempunyai tingkat pelayanan B yang berarti menurut (*Transportation Research Board – National Research Council, 2000*) tingkat pelayanan pada simpang APILL Singkil Adiwerna ini baik pada kondisi ini arus lalu lintas ramai lancar.

Pada kondisi 3 fase, total waktu siklus 100 detik, awal pergerakan untuk fase 1 dimulai dari lengan timur (Jl. Raya Singkil) dan lengan barat (Jl. Raya Singkil Kaliwadas) dengan waktu hijau 20 detik, lalu di fase 2 dimulai dari lengan utara (Jl. Raya II Adiwerna) dengan waktu hijau 33 detik, dan fase 3 dimulai dari lengan Selatan 32 detik. Sesuai (PKJI, 2023) jika derajat kejenuhan >0,85, dengan kondisi derajat kejenuhan pada skenario ini sebesar 1,01 maka simpang tersebut dikatakan melewati batas jenuh kondisi ini arus lalu lintas mulai tersendat pada lalu lintas jam puncak. Penerapan skenario 3 fase ini memiliki tundaan rerata simpang sebesar 32,74 detik, nilai rerata tersebut jika menurut (*Transportation Research Board – National Research Council, 2000*) memiliki kategori C dengan arus lalu lintas pada daerah simpang sedang, kecepatan pengendara dibatasi, dan kepadatan kendaraan sedang pada saat jam puncak.

Penerapan 4 fase, total waktu siklus 130 detik, awal pergerakan dimulai dari fase1 lengan utara (Jl. Raya II Adiwerna) dengan waktu hijau sebesar 35 detik, fase 2 lengan Selatan (Jl. Raya Lengkong Adiwerna) waktu hijau 34 detik, fase 3 lengan timur (Jl. Raya Singkil) waktu hijau 20 detik, dan fase 4 lengan barat (Jl. Raya Singkil Kaliwadas) sebesar 21 detik. Menurut pedoman (PKJI, 2023) jika derajat kejenuhan >0,85, dengan kondisi derajat kejenuhan rerata pada tiap pendekat simpang sewaktu skenario ini sebesar 1,27, maka simpang tersebut dikatakan sangat jenuh dan kondisi ini arus lalu lintas tersendat mulai dari kaki simpang sampai daerah simpang pada lalu lintas jam puncak (*peak hour*). Pada penerapan skenario ini tundaan rerata simpang sebesar 47,73 detik jika sesuai tingkat pelayanan menurut (*Transportation Research Board – National Research Council, 2000*) memiliki kategori D, pada kategori ini arus lalu lintas pada daerah simpang tinggi, kecepatan pengemudi saat melewati simpang APILL rendah, dan kepadatan volume lalu lintas sedang sebelum memasuki daerah simpang pada saat jam puncak.

Tingkat Keselamatan Simpang APILL Singkil Adiwerna

Pada analisis tingkat keselamatan ini diperoleh data dari hasil permodelan software SSAM. Analisis ini meliputi pergerakan lalu lintas yang terjadi pada daerah persimpangan Singkil Adiwerna saja. Pembobotan jenis konflik lalu lintas berdasarkan tingkatan jenis konflik lalu lintas yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan. Adapun hasil nilai pembobotan konflik lalu lintas pada simpang APILL Singkil Adiwerna dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 13. Tingkat Keselamatan

Kondisi	Analisis Nilai Konflik						Jumlah Nilai bobot Konflik	Rasio Penurunan Nilai Konflik	
	Jumlah Konflik Berdasarkan Jenis Konflik			Jumlah Total Konflik/ Fase	Nilai Bobot				
	Rear end	Line Change	Crossing		1	2			3
2 Fase	79	29	105	213	79	58	315	452	0 %
3 Fase	86	17	41	144	86	34	123	243	46 %
4 Fase	104	0	0	104	104	0	0	104	77 %

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Pada perbandingan jumlah nilai konflik lalu lintas pada simpang APILL Singkil Adiwerna nilai konflik lalu lintas tertinggi terdapat di kondisi *eksisting* dengan nilai 452. Untuk urutan kedua ada pada skenario 3 fase dengan nilai 243, dan urutan ketiga pada skenario 4 fase dengan nilai 104. Penurunan paling signifikan terdapat pada 4 fase dengan 77% dan 3 fase 46% dari kondisi awal. Hasil jumlah nilai konflik lalu lintas sebagai bahan pertimbangan sebagai pemilihan pengaturan fase dan waktu siklus APILL untuk meningkatkan keselamatan di simpang Singkil Adiwerna.

Rekomendasi Fase dan Waktu Siklus APILL

Berdasarkan analisis kinerja simpang dan konflik simpang APILL Singkil Adiwerna baik pada kondisi 2 fase maupun pada saat kondisi skenario, Pemilihan rekomendasi fase dan waktu siklus APILL ini akan melihat kinerja simpang dan penurunan nilai jumlah konflik lalu lintas.

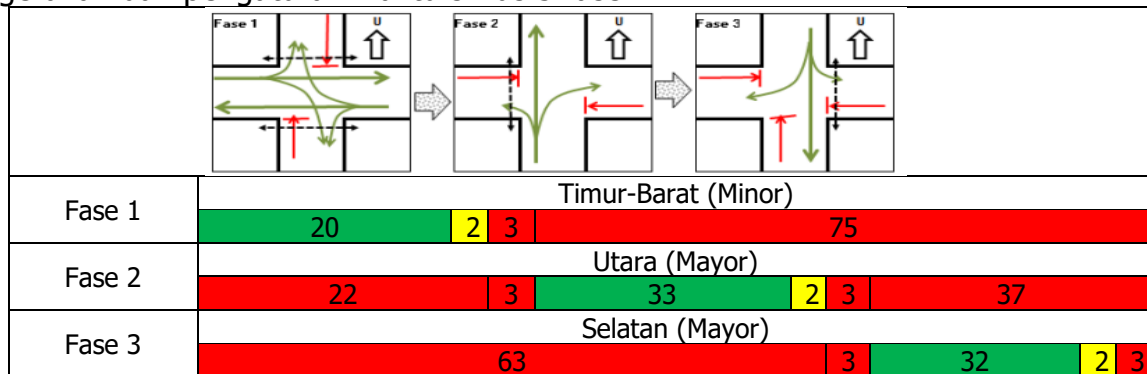
Tabel 14. Perbandingan kinerja simpang dan tingkat keselamatan

Indikator Kinerja Simpang APILL	Kondisi		
	2 Fase	3 Fase	4 Fase
Derajat Kejenuhan	0,60	1,01	1,27
Antrian Kendaraan	7,09 meter	14,02 meter	20 meter
Tundaan	16,72 detik	32,74 detik	47,73 detik
Tingkat Keselamatan	452	243	104
Tingkat Pelayanan	B	C	D

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Pemilihan skenario perubahan fase dan waktu siklus pada simpang APILL Singkil Adiwerna melihat kinerja simpang APILL dengan berpedoman PM 96 Kementerian Perhubungan tahun 2015 (Kementerian Perhubungan, 2015), Jika dilihat dari jenis fungsi jalan pada simpang ini yaitu kolektor sekunder, sesuai dengan PM 96 Kementerian Perhubungan menyatakan bahwa jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan simpang APILL memiliki sekurang-kurangnya C. Berdasarkan dari PM 96 tahun 2015 mengenai kinerja simpang APILL, maka pemilihan rekomendasi 3 fase lebih direkomendasi untuk penerapan pengaturan fase waktu siklus pada simpang APILL Singkil Adiwerna karena pada rekomendasi 3 fase ini memiliki tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan ini sudah sesuai dengan PM 96 Kementerian

Perhubungan tahun 2015. Pada rekomendasi 3 fase ini jika dilihat tingkat keselamatan lalu lintas mengalami penurunan sebesar 46% dari kondisi awal. Dengan demikian diharapkan untuk pemilihan rekomendasi 3 fase ini dapat meningkatkan keselamatan berkendara dan tetap melihat kelancaran arus lalu lintas. Berikut gambar fase arah pergerakan dan pengaturan waktu siklus 3 fase.



Gambar 4. Arah Pergerakan dan Waktu Siklus 3 Fase

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengaturan fase dan waktu siklus yang telah dilakukan pada simpang APILL Singkil Adiwerna, Pada kondisi penerapan 2 fase dengan waktu siklus 86 detik, kinerja simpang APILL mempunyai derajat jenuh 0,60, antrian 7,09 meter, dan tundaan rata-rata simpang 16,72 detik. Berdasarkan tingkat pelayanan simpang APILL B dengan nilai konflik 452. Skenario penerapan 3 fase dengan waktu siklus 100 detik, kinerja simpang derajat jenuh 1,01, antrian 14,02 meter, dan tundaan rata-rata simpang 32,74 detik. Kondisi ini kinerja simpang memiliki tingkat pelayanan C, penerapan 3 fase menghasilkan nilai konflik 243, penerapan fase ini mengalami penurunan konflik sebesar 46% dari kondisi saat ini. Skenario penerapan 4 fase dengan waktu siklus 130 detik, kinerja derajat jenuh 1,27, antrian 20 meter, dan tundaan rata-rata pada simpang 47,73 detik. pada saat kondisi ini kinerja simpang memiliki tingkat pelayanan D, menghasilkan nilai konflik 104. Pada penerapan fase ini mengalami penurunan konflik sebesar 77% dari kondisi saat ini.

Indikator pemilihan rekomendasi pengaturan waktu siklus APILL Singkil Adiwerna ditinjau dari kinerja simpang APILL dan penurunan nilai konflik lalu lintas, maka penerapan yang direkomendasikan adalah rekomendasi 3 fase. Pada penerapan 3 fase ini memiliki tingkat pelayanan simpang kategori C, hasil tingkat pelayanan penerapan 3 fase ini yang sesuai dengan penetapan tingkat pelayanan persimpangan berdasarkan PM 96 tahun 2015 yang menyatakan bahwa jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan simpang APILL memiliki sekurang-kurangnya C, dengan pemilihan skenario 3 fase ini akan lebih baik dibanding penerapan 4 fase dengan kategori D. Kondisi ini memiliki nilai konflik 243 dengan penurunan konflik 46% dari kondisi 2 fase. Dengan rekomendasi pengaturan fase dan waktu siklus APILL ini akan meningkatkan keselamatan berkendara pada simpang APILL Singkil Adiwerna dan tetap melihat kelancaran arus lalu lintas.

Untuk meningkatkan keselamatan berkendara pada Simpang APILL Singkil Adiwerna maka perlu dilakukanya pengaturan ulang fase dan waktu siklus APILL dengan penerapan 3 fase. Karena berdasarkan hasil penelitian, penerapan fase ini dapat mengurangi konflik lalu lintas dengan tingkat pelayanan simpang APILL C. Perlu adanya pemeliharaan APILL dan pergantian marka jalan, rambu lalu lintas pada daerah

simpang APILL Singkil Adiwerna karena kondisi tidak layak. Untuk studi penelitian berikutnya, perlu adanya kajian mengenai perubahan geometrik simpang seperti pelebaran tiap kaki simpang agar dapat meningkatkan keselamatan berkendara dan tetap mempertimbangkan kinerja simpang APILL.

DAFTAR PUSTAKA

- Alicioğlu, G., Sun, B., & Ho, S.-S. (2022). An Injury-Severity-Prediction-Driven Accident Prevention System. *Sustainability*, *14*(11), 6569. <https://doi.org/10.3390/su14116569>
- Fasanmade, A., Aliyu, S. O., He, Y., Al-Bayatti, A. H., Sharif, M. S., & Alfakeeh, A. S. (2019). *Context-Aware Driver Distraction Severity Classification Using LSTM Network*. <https://doi.org/10.1109/iccece46942.2019.8941966>
- Halim, H., Mustari, I., & Zakariah, A. (2019). Analisis Kinerja Operasional Ruas Jalan Satu Arah dengan Menggunakan Mikrosimulasi Vissim (Studi Kasus : Jalan Masjid Raya di Kota Makassar) Operational Performance Analysis of One Way Road by using Vissim Microsimulation (Case Study : Masjid Raya Street . *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, *3*(2), 99–108.
- Kłos, M. J., Sobota, A., Żochowska, R., & Karoń, G. (2020). Effects of Countdown Timers on Traffic Safety at Signalized Intersections. *Transactions on Transport Sciences*, *11*(2), 19–27. <https://doi.org/10.5507/tots.2020.010>
- Li, L., Liu, D., Teng, L., & Zhu, J. (2024). Development of a Relationship between Pavement Condition Index and Riding Quality Index on Rural Roads: A Case Study in China. *Mathematics*, *12*(3). <https://doi.org/10.3390/math12030410>
- Pakpahan, M. J., & Susilo, B. H. (2021). Studi Waktu Perjalanan Dan Tundaan Dengan Aplikasi Vissim Pada Ruas Jalan a.H. Nasution. *Jurnal Teknik Sipil*, *17*(2), 125–144. <https://doi.org/10.28932/jts.v17i2.2880>
- PKJI. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jendral Bina Marga, Kementerian PUPR.
- Riaz, M. S. (2016). *Naturalistic Behaviour Observation of Road Users: A Scoping Review*. May, 5.
- Sato, K., Shinkuma, R., Sato, T., Oki, E., Iwai, T., Kanetomo, D., & Satoda, K. (2020). Prioritized Transmission Control of Point Cloud Data Obtained by LIDAR Devices. *Ieee Access*, *8*, 113779–113789. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3003753>
- Severino, A., Pappalardo, G., Curto, S., Trubia, S., & Olayode, I. O. (2021). Safety Evaluation of Flower Roundabout Considering Autonomous Vehicles Operation. *Sustainability*, *13*(18), 10120. <https://doi.org/10.3390/su131810120>
- Sobota, A., Żochowska, R., Karoń, G., & Kłos, M. J. (2018). *Results of Research of the Traffic Safety at Signalized Intersection With Countdown Timers*. 173–183. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99477-2_16
- Weibull, K. E., Lidestam, B., & Prytz, E. (2022). Potential of Cooperative Intelligent Transport System Services to Mitigate Risk Factors Associated With Emergency Vehicle Accidents. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, *2677*(3), 999–1015. <https://doi.org/10.1177/03611981221119459>
- Yoshitake, H., Kawaguchi, A., Kawamura, H., Murata, K., Soma, T., & Shino, M. (2022). The Influence of Traffic Environment on Collision Risk Assessment Based on Right-Turn Driving Behavior at Intersections. *International Journal of Automotive Engineering*, *13*(1), 21–28. https://doi.org/10.20485/jsaeijae.13.1_21