

PENGARUH GEOMETRI DAN KONFIGURASI SINYAL TERHADAP KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Tugu Wisnu Kota Surakarta)

Aswin Badarudin Atmajaya, Kadek Wiarni Devi, Budi Mardikawati

Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan Politeknik Transportasi Darat Bali

Email: aswin@poltradabali.ac.id

ABSTRAK: Kemacetan lalu-lintas menjadi salah satu permasalahan yang sangat mempengaruhi kinerja pelayanan suatu jalan. Pengaruh geometri dan konfigurasi sinyal terhadap peningkatan kinerja pada Simpang dapat dipengaruhi oleh Suatu pengaturan urutan Fase Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL), dimana kinerja serta kondisi lalu lintas pada suatu persimpangan dan juga pengaturan yang tidak tepat akan mengakibatkan titik konflik yang berpotensi menyebabkan kecelakaan. Salah satu simpang bersinyal yang perlu di tingkatkan kinerjanya di Kota Surakarta adalah Simpang Tugu Wisnu.

Simpang Tugu Wisnu memiliki panjang antrian PKJI 2023 didapat nilai rata-rata DS 2,27, Panjang Antrian terpanjang sebesar 427,03 m, serta tundaan rata-rata 232,4473 det/smp. Nilai DS telah melebihi angka 0,85 artinya perlu dilakukan peningkatan kinerja. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja simpang dengan menggunakan metode PKJI 2023 dan PTV Vissim. Untuk menguji Validasi yang digunakan dalam simulasi vissim yakni driving behavior dengan parameter volume lalu lintas yang diuji menggunakan uji GEH. Hasil perencanaan dibandingkan kondisi eksisting diperoleh DS 0,84 dengan waktu siklus 213 detik, antrian berkurang 50%, tundaan berkurang 40% dan berkurang nya sisa-sisa ekor antrian pada tugu yang ada di tengah simpang.

Kata kunci: Simpang Tugu Wisnu, PKJI 2023, PTV Vissim

ABSTRACT: Traffic congestion is one of the problems that greatly affects the service performance of a road. The effect of signal geometry and configuration on performance improvement at the Intersection can be influenced by an arrangement of Phase Sequence Signaling Devices (APILL), where the performance of traffic conditions and traffic at an intersection as well as improper settings will result in conflict points that have the potential to cause accidents. . One of the signalized intersections that needs to improve its performance in Surakarta City is the Tugu Wisnu Intersection.

The Tugu Wisnu Intersection has a 2023 PKJI queue length, an average DS value of 2.27, the longest queue length of 427.03 m, and an average delay of 232.4473 sec/pcu. The DS value has exceeded 0.85, meaning it needs to improve performance. This study aims to improve the performance of intersections using the PKJI 2023 and PTV Vissim methods. To test the validation used in the vissim simulation, namely driving behavior with traffic volume parameters tested using the GEH test. The planning results compared to the existing conditions obtained DS 0.84 with a cycle time of 213 seconds, queues were reduced by 50%, delays were reduced by 40% and tail queue remnants were reduced at the monument in the middle of the intersection.

Keywords: Tugu Wisnu Intersection, PKJI 2023, PTV Vissim

PENDAHULUAN

Kemacetan lalu-lintas menjadi salah satu permasalahan yang masih terus muncul khususnya di Indonesia. Salah satu tempat yang biasa terjadi kemacetan adalah dipersimpangan (Ahmad et al., 2023). Persimpangan merupakan suatu simpul pada jaringan jalan yang dimana ruas-ruas jalan tersebut bertemu dan pertemuan dua atau lebih kendaraan di satu titik dalam waktu yang sama akan menimbulkan konflik lalu lintas (Abubakar, 1996). Konflik lalu lintas yang muncul di persimpangan merupakan salah satu penyebab utama kemacetan dan kecelakaan (Khisty & Lall, 2005). Konflik di persimpangan terjadi karena interaksi yang tidak teratur antara berbagai jenis pengguna jalan seperti kendaraan bermotor, sepeda, dan pejalan kaki. Konflik ini dapat diminimalkan dengan pengaturan sinyal yang tepat, desain geometrik yang baik, dan edukasi keselamatan lalu lintas (Warpani, 2002). Menurut (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023) penentuan tipe fase dan pengaturan simpang dapat mempengaruhi kinerja lalu lintas, keselamatan lalu lintas serta dampak terhadap lingkungan akibat emisi gas buang kendaraan dan kebisingan. Dengan demikian mengatasi kemacetan akibat konflik lalu lintas disimpang diperlukan pengaturan pergerakan lalu lintas di simpang yang optimal dimana akan mempengaruhi kelancaran, kenyamanan, dan keselamatan bagi kendaraan yang melewati simpang tersebut

Kemacetan selain karena pengaturan APILL diduga juga karena adanya pengaruh geometri dimana kendaraan harus melakukan pergerakan yang lebih lama untuk melakukan gerakan memutar pada persimpangan yang memiliki pulau jalan seperti penempatan tugu di tengah simpang. Tugu di tengah simpang bersinyal tersebut dapat menyebabkan penyempitan lajur dan ruang bagi kendaraan yang mengakibatkan gangguan terhadap pergerakan kendaraan di simpang. Pengaruh geometri tugu di tengah simpang juga dapat mempengaruhi waktu tunggu kendaraan di simpang bersinyal dimana kendaraan mungkin harus menunggu lebih lama sebelum mendapatkan jalan yang aman untuk berbelok atau melintasi simpang, karena aliran lalu lintas terhambat oleh pulau jalan (Evitmalasari et al., 2020). Tugu di tengah simpang juga dapat mengganggu aliran lalu lintas yang lancar, terutama bagi kendaraan yang ingin lurus atau berbelok ke kanan dimana saat salah satu pendekat mendapatkan lampu hijau dan kendaraan lepas itu akan mengalami konflik dengan fase berikutnya dimana akan membuat menumpuknya sisa ekor antrian pada tugu yang ada di tengah simpang. Hal tersebut dikarenakan kurang tepatnya urutan fase pada simpang tersebut yang mengakibatkan konflik dan panjangnya antrian.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu dilakukan studi untuk menentukan pengaturan di Simpang Tugu Wisnu sehingga dapat diketahui pemecahan masalah yang terjadi pada saat ini metode yang digunakan harus mampu untuk memperhitungkan tipe pengaturan simpang APILL dan memperhitungkan konflik pergerakan lalu lintas akibat adanya pulau jalan berupa tugu di tengah simpang. Dari hasil penelitian (Suartawan et al., 2023) PTV Vissim dapat digunakan secara efektif dalam merencanakan pengaturan lalu lintas kawasan perkotaan yang kompleks. Selain itu dalam penelitian (Atmajaya et al., 2023) penggunaan metode PKJI 2023 dalam penentuan waktu siklus dikombinasikan dengan PTV Vissim tidak hanya membantu dalam merencanakan dan menguji berbagai skenario perbaikan lalu lintas, tetapi juga memberikan visualisasi yang jelas tentang bagaimana perubahan yang diusulkan akan mempengaruhi kondisi lalu lintas di lapangan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan digunakan kombinasi metode PKJI 2023 dengan PTV Vissim.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis data primer Simpang Tugu Wisnu Kota Surakarta yang didapatkan dari hasil survei lalu lintas. Data yang dikaji adalah volume gerakan membelok di simpang, waktu siklus simpang eksisting, data inventaris geometrik simpang. Data ini akan dianalisa menggunakan metode PKJI 2023 dan permodelan simulasi PTV Vissim. Hasil kinerja yang diuji adalah kondisi eksisting dan juga simulasi kinerja perencanaan dengan lingkup perencanaan pengaturan waktu siklus, tipe fase yang diterapkan serta pengaturan urutan fase di simpang. Kinerja yang dihasilkan akan dibandingkan untuk melihat kinerja perencanaan pengaturan mana yang mampu menghasilkan kinerja terbaik.

Penggunaan aplikasi PTV Vissim dalam penelitian ini karena aplikasi ini mampu untuk mensimulasikan selain kinerja berupa panjang antrian dan tundaan juga mampu mensimulasikan pergerakan dan melihat konflik yang akan muncul disetiap tipe perencanaan yang akan diuji. Vissim mampu untuk mensimulasikan interaksi semua kendaraan yang ada di ruang lalu lintas secara mikroskopik. Hasil ini disebabkan adanya pengaturan *driving behavior* atau perilaku mengemudi yang memungkinkan untuk simulasi mendekati dengan kondisi secara nyata. Sehingga pengaturan *driving behavior* ini dilakukan sebagai acuan kalibrasi untuk membandingkan hasil survei primer volume dengan volume hasil simulasi vissim. Variable *driving behavior* yang diterapkan dalam penelitian mengadopsi pengaturan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh (Suartawan et al., 2023). Validasi dalam penelitian dilakukan untuk melihat toleransi perbandingan antara hasil keluaran simulasi vissim dengan hasil survei primer dengan menggunakan metode uji statistik Geoffrey E. Havers (GEH). Metode GEH yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan modifikasi metode *chi-squared* dengan menggabungkan selisih antara nilai relatif dan nilai mutlak. Hasil simulasi dinyatakan diterima jika nilai $GEH < 5$ (Jepriadi, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses analisis data ini dibagi menjadi beberapa tahapan analisis, yaitu:

1. Kondisi Eksisting Dengan PKJI 2023

Untuk melihat unjuk kinerja persimpangan bersinyal diperlukan indikator-indikator untuk menilainya. Menurut (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023) beberapa indikator untuk

menilai unjuk kinerja persimpangan bersinyal adalah Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*), Antrian (*Queue*), Tundaan (*Delay*).

Tabel 1. Kinerja Eksisting Dengan PKJI 2023

NO.	Pendekat Simpang	Indikator			
		Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan (dtk/smp)	Angka henti (henti/smp)
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,80	83,05	44,8	0,87
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,51	32,53	44,9	0,80
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	1,80	253,11	321,2	2,37
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	2,27	427,03	485,7	3,02

2. Analisis Perencanaan Menggunakan PKJI 2023

Analisa perencanaan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dari kondisi eksisting. Beberapa skenario dilakukan menggunakan metode PKJI antara lain dengan melakukan perubahan siklus APILL dan melakukan perubahan tipe fase. Berikut adalah hasil kinerja yang dihasilkan dari skenario yang telah dilakukan:

Tabel 2. Perencanaan Menggunakan PKJI 2023

Simpang Tugu Wisnu	Kaki Simpang	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Total (det/smp)
Plan 1 3 Fase	Utara	935	0,95	151,68	90,4
	Selatan	533	0,95	69,19	118,2
	Timur	1.264	0,95	160,72	62,4
	Barat	1.264	1,20	314,66	125,6
Plan 2 4 Fase	Utara	1.054	0,84	156,32	82,2
	Selatan	600	0,84	70,51	107,5
	Timur	966	0,84	120,65	90,8
	Barat	1.179	0,84	150,43	80,2

Dari hasil perhitungan Kinerja perencanaan dengan PKJI 2023 diusulkan 2 plan perencanaan yang dimana ternyata di dapatkan pada plan 1 3 fase DS tertinggi sebesar 1,20, dengan panjang antrian paling panjang sebesar 314,66 meter, dengan tundaan 125,6 dtk/smp. Dan plan 2 dengan 4 fase di dapatkan DS tertinggi sebesar 0,84, dengan panjang antrian paling panjang sebesar 150,43 meter, dengan tundaan 80,2 dtk/smp.

3. Pembangunan Model Simulasi Vissim

Dalam pembangunan model simulasi Vissim diawali dengan pembangunan model jaringan jalan kemudian dilakukan input data lalu lintas berupa tipe kendaraan, bentuk atau model kendaraan, komposisi lalu lintas, distribusi kecepatan, pengaturan perilaku pengemudi kendaraan, serta pengaturan fase dan siklus APILL eksisting yang terpasang di lapangan.

4. Kalibrasi dan Validasi Model Eksisting

Pada model simulasi vissim pengaturan yang dikalibrasi untuk mendapatkan hasil simulasi seperti dilapangan adalah perilaku pengemudi kendaraan. Dalam penelitian ini menggunakan pengaturan perilaku dari penelitian (Suartawan et al., 2023). Tahap validasi adalah membandingkan keluaran dari simulasi dibandingkan dengan kondisi dilapangan. Pada penelitian ini variable yang diuji adalah arus lalu lintas (q) karena perbedaan pengaturan perilaku mengemudi akan menghasilkan perbedaan keluaran aplikasi. Berikut

adalah hasil validasi model eksisting vissim dengan variable uji arus lalu lintas dengan metode GEH:

Tabel 3. Hasil Validasi Dengan Metode GEH

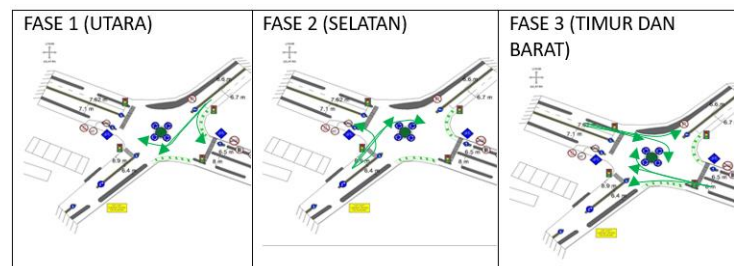
Pendekat	q Eksisting	q Simulasi	Selisih	Uji GEH	Keterangan
Barat	3846	3808	38	0,61	Diterima
Utara	2749	2737	12	0,23	Diterima
Timur	2693	2699	-6	0,12	Diterima
Selatan	1734	1703	31	0,75	Diterima

Dari hasil uji validasi model Vissim menggunakan metode GEH didapatkan model simulasi eksisting diterima atau valid sehingga model simulasi dianggap sama dengan kondisi di lapangan.

- Kinerja Jalan eksisting model vissim
Keluaran kinerja model simulasi vissim adalah panjang antrian dan tundaan. Berikut adalah hasil kinerja eksisting menggunakan model vissim:

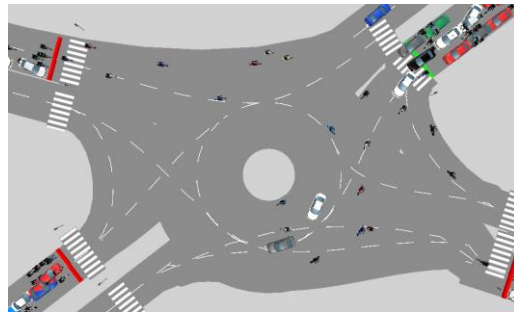
Tabel 4. Kinerja Eksisting Menggunakan Vissim

NO	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)	Panjang Antrian (m)	Tundaan	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,80	234,35	286,34	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,51	35,51	196,68	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	1,80	140,73	436,57	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	2,27	328,25	207,90	3846



Gambar 1. Pengaturan Fase Eksisting

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa panjang antrian terpanjang adalah pendekat Jalan Adi sucipto Segmen 2 pada sisi barat yaitu sepanjang 328,25 meter. Ini merupakan panjang antrian saat kondisi eksisting dimana dengan pengaturan urutan 3 fase. Selain dari panjang antrian, dalam penelitian ini juga dilakukan pengamatan mengenai titik konflik yang muncul dari jenis pengeturan urutan phase APILL. Berikut ini adalah gambar simulasi serta titik konflik pada Simpang Tugu Wisnu



Gambar 2. Simulasi Pergerakan Lalu Lintas Simpang

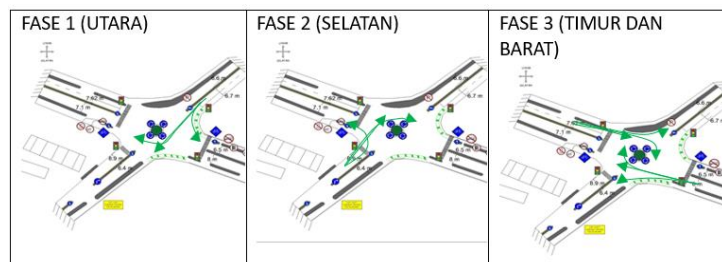
Pada gambar diatas bagian yang ditandai merupakan arus yang masih berada di dalam bundaran atau ekor yang tersisa setelah setelah phase hijau pada pendekat selatan.

6. Simulasi Perubahan Fase Perencanaan Dengan Vissim

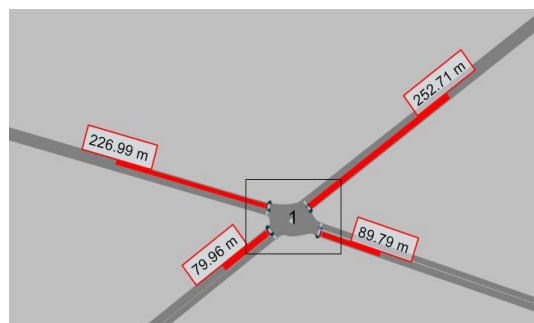
Pada tahap ini peneliti mensimulasikan perencanaan pengaturan simpang yang sebelumnya dihitung menggunakan PKJI 2023 ke dalam model vissim dengan pengaturan 3 fase dan 4 fase dengan penyesuaian waktu siklus. Berikut adalah hasil simulasi menggunakan vissim:

Tabel 5. Fase dan Siklus Perencanaan 3 Fase

Keterangan	Fase 1 (utara)	Fase 2 (Selatan)	Fase 3 (Timur dan Barat)
Green Time	47	20	92
Amber	2	2	2
Red All	7	7	7
Intergreen	9	9	9
Cycle Time	187		



Gambar 3. Pengaturan Perencanaan 3 Fase



Gambar 4. Kinerja Panjang Antrian Hasil Simulasi

Tabel 6. Hasil Kinerja Simulasi Perencanaan 3 Fase

NO	Pendekat	Tundaan
----	----------	---------

		Derajat Kejuhan	Panjang Antrian (m)	(detik)	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	1,20	252,71	71,49	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	1,20	79,96	256,85	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	1,20	89,79	59,30	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	1,20	226,99	207,54	3846

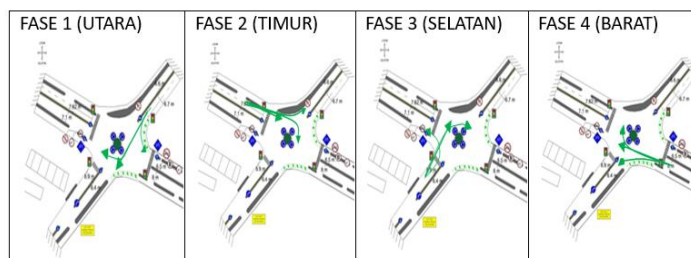
Dari hasil keluaran simulasi vissim Kinerja perencanaan dengan vissim pada kondisi model saat urutan 3 fase ternyata di dapatkan DS tertinggi sebesar 1,20, dengan panjang antrian paling panjang sebesar 226,99 meter, dengan tundaan 207,54 dtk/kend.

7. Pengaturan 4 Fase Dengan Arah Fase *Clockwise*

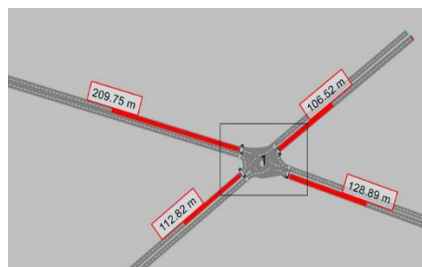
Selanjut dilakukan simulasi model perencanaan dengan menggunakan 4 fase untuk mengeliminasi potensi konflik yang muncul disimpang dengan urutan fase *clockwise*. Berikut adalah hasil dari simulasi dengan pengaturan 4 fase:

Tabel 7. Hasil Kinerja Simulasi Pengaturan 4 Fase Dengan Urutan Clockwise

NO.	Pendekat	Derajat Kejuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (detik)	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,84	106,52	256,85	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,84	112,82	704,42	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	0,84	128,89	370,61	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	0,84	209,75	182,47	3846



Gambar 5. Pengaturan Fase Menggunakan Tipe 4 Fase



Gambar 6. Kinerja Panjang Antrian Hasil Simulasi 4 Fase

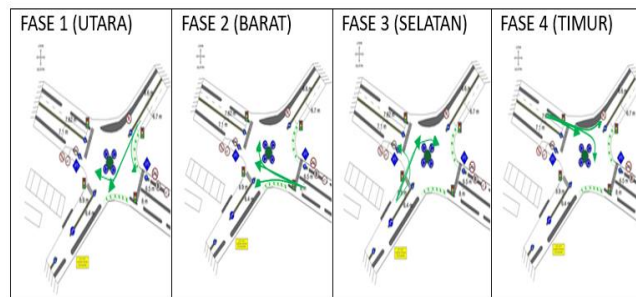
Dari hasil simulasi didapatkan bahwa panjang antrian terpanjang adalah pendekat Jalan Adi sucipto Segmen 2 pada sisi barat yaitu sepanjang 209,75 meter. Ini merupakan panjang antrian saat kondisi perencanaan dimana dengan pengaturan urutan 4 fase dengan urutan searah jarum jam. Dimana dihasilkan penurunan panjang antrisan sebesar 50% dan berkurangnya konflik kendaraan pada tugu yang ada ditengah simpang.

8. Pengaturan 4 Fase Dengan Arah Fase *Counter Clockwise*

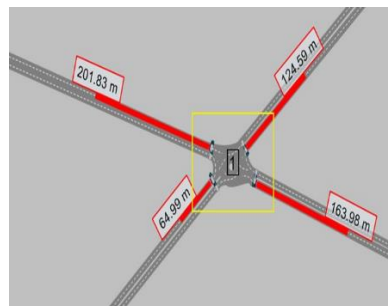
Selanjutnya akan dilakukan simulasi pengaturan 4 fase dengan perubahan arah, hal ini untuk melihat pengaruh pengaturan fase terhadap kinerja dengan melihat pergerakan lalu lintas di dalam simpang. Berikut adalah kinerja yang dihasilkan:

Tabel 8. Hasil Kinerja Simulasi Pengaturan 4 Fase Counter Clockwise

NO	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,84	124,59	553,45	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,84	64,99	863,77	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	0,84	163,98	464,57	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	0,84	201,83	236,96	3846



Gambar 7. Diagram Urutan Fase Counter Clockwise



Gambar 8. Panjang Antian Counter Clockwise

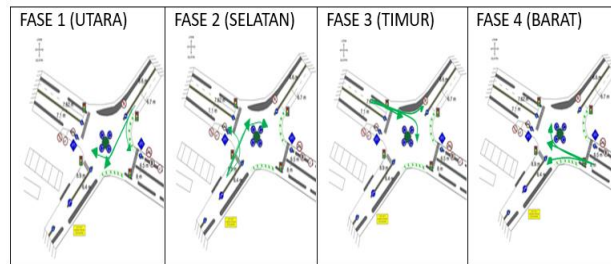
Dari hasil simulasi didapatkan bahwa panjang antrian terpanjang adalah pendekat Jalan Adi sucipto Segmen 2 pada sisi barat yaitu sepanjang 201,83 meter. Ini merupakan panjang antrian saat kondisi perencanaan dimana dengan pengaturan urutan 4 fase dengan urutan berlawanan arah jarum jam. Dimana dihasilkan penurunan panjang antrisan sebesar 50% dan berkurangnya konflik kendaraan pada tugu yang ada ditengah simpang.

9. Model Simulasi Dengan Urutan Fase Bersilang

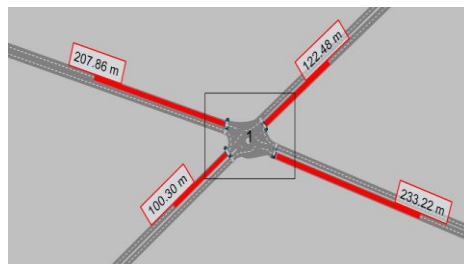
Berikut adalah hasil simulasi kinerja dengan pengaturan urutan fase Bersilang:

Tabel 9. Tabel Kinerja Simulasi Dengan Urutan Bersilang

NO	Pendekat	Derajat Kejuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,84	122,48	295,26	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,84	100,30	384,64	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	0,84	233,22	554,64	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	0,84	207,86	245,32	3846



Gambar 9. Diagram Fase Dengan Pengaturan Urutan Bersilang



Gambar 10. Hasil Simulasi Panjang Antrian Urutan Bersilang

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa panjang antrian terpanjang adalah pendekat Jalan Adi Sucipto Segmen 2 pada sisi barat yaitu sepanjang 207,86 meter. Ini merupakan panjang antrian saat kondisi perencanaan dimana dengan pengaturan urutan 4 fase dengan urutan searah jarum jam. Dimana dihasilkan penurunan panjang antrisan sebesar 50% dan berkurangnya konflik kendaraan pada tugu yang ada ditengah simpang.

10. Perbandingan Kinerja Perencanaan

Dari hasil kinerja hasil simulasi beberapa perencanaan pengaturan simpang dilakukan perbandingan kinerja. Hal ini dilakukan untuk melihat tipe perencanaan mana yang menghasilkan kinerja paling optimal sehingga bisa diusulkan sebagai pengaturan yang diterapkan. Berikut adalah hasil perbandingan kinerja:

Tabel 10. Hasil Perbandingan Dengan Metode PKJI 2023

NO.	Pendekat	Derajat Kejuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (detik)	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,84	156,32	82,2	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,84	70,51	107,5	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	0,84	120,65	90,8	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	0,84	150,43	80,2	3846

Tabel 11. Hasil Perbandingan Kinerja Hasil Keluaran Vissim

NO	Pendekat	Derajat Kejuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (detik)	Jumlah Kendaraan
1	Jl. A Yani Segmen 2 (utara)	0,84	124,59	553,45	2749
2	Jl. A. Yani Segmen 1 (Selatan)	0,84	64,99	863,77	1743
3	Jl. Adi Sucipto Segmen 3 (timur)	0,84	163,98	464,57	2693
4	Jl. Adi Sucipto Segmen 2 (barat)	0,84	201,83	236,96	3846

Dari hasil diatas didapatkan bahwa dari beberapa perencanaan yang diusulkan di dapatkan satu usulan yang mungkin bisa diterapkan pada Simpang Tugu Wisnu yakni Model perencanaan 4 fase berlawanan arah jarum jam. Dimana dengan merubah waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah pada model tersebut didapatkan jumlah antrian yang berkurang sebesar 50% dan pengaruh konflik pada tugu tersebut juga berkurang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil kinerja eksisting dari Simpang Tugu Wisnu dengan metode PKJI 2023 didapatkan nilai DS sebesar 2,27, panjang antrian rata-rata sebesar 198,92 meter, serta tundaan rata-rata 232,4473 det/smp. Setelah dilakukan peningkatan kinerja di dapatkan 2 perencanaan dimana perencanaan 1 menggunakan 3 fase dengan nilai rata-rata DS 1,20 dan panjang antrian rata-rata yakni 174,063 meter, serta tundaan rata-rata 99,15 det/smp. Dan perencanaan ke 2 dengan 4 Fase 3 pengaturan, yakni searah jarum jam, berlawanan arah jarum jam, dan pengaturan fase acak. Dari perencanaan ke-2 tersebut didapatkan nilai rata-rata DS 0,84 dengan waktu siklus 213 detik, serta tundaan rata-rata 90,175 det/smp.

Dari hasil perhitungan tersebut di dapatkan efisiensi terbaik adalah menggunakan simulasi ke 3 yakni Model 4 Fase dengan model berlawanan arah jarum jam. Dengan efisiensi bahwa rata-rata panjang antrian sebesar 138,84 meter dengan antrian terpanjang adalah pada pendekat Jalan Adi Sucipto Segmen 2 pada sisi barat yaitu sepanjang 201,83 meter. Dimana dihasilkan penurunan panjang antrian sebesar 50%, serta berkurangnya konflik kendaraan pada tugu yang ada ditengah simpang.

Dimana Geometri di dalam Simpang berupa tugu atau pulau jalan ditengah simpang dengan pengaturan simpang bersinyal menyebabkan pergerakan di simpang menggunakan pola bundaran sehingga didapatkan ketika pada saat searah jarum jam terjadi konflik setelah fase berikutnya. Ketika di dapatkan fase dengan urutan fase berlawanan arah jarum jam konflik yang muncul dalam simpang berhasil teratasi dan hal ini memperkuat bahwa perbandingan kinerja perencanaan dengan model 4 fase berlawanan arah jarum jam lebih baik dari pada kondisi eksisting yang ada di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, I. (1996). *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.
- Ahmad, M. I. C., Lefrandt, L. I. R., & Rompis, S. Y. R. (2023). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI Dan Metode PTV VISSIM (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulangi – Jl. Babe Palar, Kota Manado). *TEKNO*, 21(83), 67–77. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekn/article/view/46600>
- Atmajaya, A. B., Suartawan, P. E., Artabawa, K. A., & Hidayat, W. D. (2023). EVALUASI EFEKTIFITAS PENGATURAN SINYAL PADA SIMPANG 5 BALAPAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 2(10), 200–2338. <https://doi.org/10.46447/kjt.v10i2.568>

- Evitmalasari, M., Sasmito, A., & Rokhim, A. (2020). Evaluasi Rekayasa Lalu Lintas Simpang Empat Bundaran Bersinyal Tugu Wisnu Surakarta. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 7(2), 23–35. <https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.286>
- Jepriadi, K. (2022). Kalibrasi dan Validasi Model Vissim untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol dengan Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU). *Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 9(2), 110–118. <https://doi.org/10.46447/KTJ.V9I2.439>
- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2005). *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Penerbit Erlangga.
- Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, Pub. L. No. 21/SE/Db/2023, 01 1 (2023).
- Suartawan, P. E., Diva, P., Sadri, A., Ryanto, S., Transportasi, P., Bali, D., Putih, J. C., & Kerambitan, S.-S. (2023). Optimization of Interception Coordination on Ir Road. Soekarno, Kediri, Tabanan Through A Microsimulation Approach. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 4(2), 175–182. <https://doi.org/10.52920/JTTL.V4I2.206>
- Warpani, S. P. (2002). *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Penerbit ITB.