

OPTIMALISASI SIMPANG BERSINYAL GUNA MENINGKATKAN KINERJA LALU LINTAS DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM (STUDI KASUS: SIMPANG WIROBRAJAN, YOGYAKARTA)

Link Tamarinds Prihanta
Prodi D-III Manajemen
Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam,
Kerambitan, Kab. Tabanan, Bali.
82161
litaprihanta@gmail.com

Ni Kadek Yunika Maheswari
Prodi D-III Manajemen
Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam,
Kerambitan, Kab. Tabanan, Bali.
82161
yunikamaheswari@gmail.com

Aswin Badarudin Atmajaya
Politeknik Transportasi Darat
Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa
Samsam, Kerambitan,
Kab. Tabanan, Bali. 82161
aswin@poltradabali.ac.id

Abstract

The Wirobrajan intersection is a type of signalized intersection in the city of Yogyakarta which is one of the main access points for entering and leaving the city of Yogyakarta. Based on a study by the Yogyakarta City PKL Team 2024, Bali Land Transportation Polytechnic, it was found that the average degree of saturation value for this intersection reached 0,90, the highest queue length for one of the approaches reached 267 meters, and the highest average delay reached 148.03 seconds/light vehicle unit. Therefore, a traffic engineering study is needed in the form of cycle time optimization using PKJI 2023 and then modeling it into Vissim software. This research uses data on rush hour volume, vehicle speed, and intersection inventory. The results of the analysis show that after optimizing the exit cycle time, the average queue length for all approaches has decreased by 18.68%, while the average delay for all approaches has decreased by 15.66%.

Keywords: Wirobrajan Intersection, PKJI 2023, Vissim, Queue Length, Stop Delay.

Abstrak

Simpang Wirobrajan adalah salah satu jenis simpang empat bersinyal di Kota Yogyakarta yang menjadi salah satu akses utama untuk masuk dan keluar Kota Yogyakarta. Berdasarkan kajian Tim PKL Kota Yogyakarta 2024 Politeknik Transportasi Darat Bali, diperoleh nilai derajat kejenuhan rata-rata simpang ini mencapai 0,90, panjang antrian tertinggi salah satu pendekatnya mencapai 267 meter, dan tundaan rata-rata tertinggi mencapai 148,03 detik/smp. Oleh karena itu, diperlukan kajian rekayasa lalu lintas berupa optimasi waktu siklus dengan menggunakan PKJI 2023 lalu dimodelkan kedalam perangkat lunak Vissim. Penelitian ini menggunakan data volume jam sibuk, kecepatan kendaraan, dan inventarisasi simpang. Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi terhadap waktu siklus eksisting diperoleh penurunan Panjang antrian rata-rata keseluruhan pendekat mencapai 18,68%, sedangkan tundaan rata-rata keseluruhan pendekatnya mengalami penurunan hingga 15,66%.

Kata Kunci: Simpang Wirobrajan, PKJI 2023, Vissim, Panjang Antrian, Tundaan Rata-rata

PENDAHULUAN

Kota Yogyakarta adalah satu-satunya kota madya sekaligus berstatus sebagai ibukota di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kota Yogyakarta menjadi salah satu destinasi untuk

dijadikan tempat wisata dan tempat pendidikan sehingga banyak dikunjungi oleh masyarakat luar. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika wilayah Kota Yogyakarta kerap kali mengalami masalah transportasi. Permasalahan transportasi yang biasa terjadi berupa kemacetan, adanya tundaan dan antrian kendaraan (Hidayat et al., 2023). Kemacetan merupakan kondisi arus lalu lintas yang ditinjau melebihi kapasitas jalan tersebut yang menyebabkan antrian (Icha et al., 2024). Salah satu lokasi yang berpotensi untuk menjadi titik kemacetan adalah di persimpangan (Atmajaya et al., 2024). Simpang adalah daerah dimana dua jalan atau lebih bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas jalan lainnya (Ahmad #a et al., 2023). Simpang berfungsi sebagai tempat kendaraan melakukan perubahan arah pergerakan lalu lintas (Nugroho dan Dwiattmaja, 2020). Di Kota Yogyakarta Lokasi yang berpotensi ialah di daerah persimpangan bersinyal ruas Jalan Wirobrajan.

Simpang Wirobrajan adalah salah satu jenis simpang empat bersinyal di Kota Yogyakarta yang menjadi salah satu akses utama keluar dan masuk Kota Yogyakarta dengan Kabupaten Bantul (Link Tamarinds, 2024). Simpang ini menjadi pertemuan antara ruas Jalan HOS Cokroaminoto di sisi utara, Jalan KHA. Dahlan di sisi timur, Jalan RE. Matadinata di sisi barat, serta Jalan Kapt. Piere Tendean di sisi selatan.

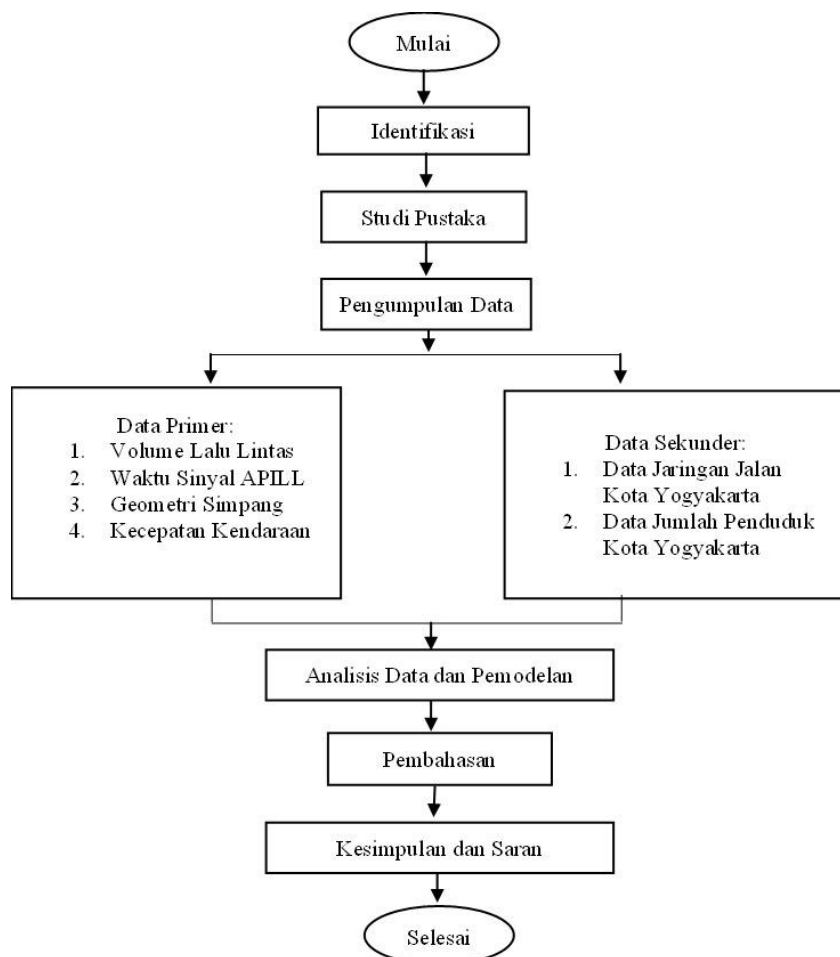
Berdasarkan data yang diperoleh dari Tim PKL Kota Yogyakarta Tahun 2024 Politeknik Transportasi Darat Bali (TIM PKL KOTA YOGYAKARTA 2024, 2024.), didapat nilai derajat kejenuhan pada salah satu pendekat simpang mencapai 1,02, sedangkan derajat kejenuhan rata-ratanya adalah sebesar 0,90 yang berarti mengindikasikan bahwa simpang ini perlu memperoleh penanganan menurut PKJI 2023 (Direktorat Jenderal Bina Marga et al., 2023.). Sementara itu, pada kondisi tersebut juga diperoleh panjang antrian tertinggi pada salah satu pendekatnya mencapai 267 meter serta nilai tundaan rata-ratanya mencapai 148,03 detik/smp. (TIM PKL KOTA YOGYAKARTA 2024, 2024.).

Penelitian untuk menganalisis kinerja simpang sebelumnya pernah dilakukan oleh (Adri et al., 2022). Simpang bersinyal yang dikaji adalah Simpang Mitra Batik di Kota Tasikmalaya dengan metode yang digunakan ialah MKJI 1997. Hasil analisis menunjukkan bahwa rekomendasi dengan cara mengubah waktu siklus menunjukkan peningkatan kinerja paling optimal. Selain itu, terdapat pula penelitian yang dilakukan oleh (Raya Prima et al., 2022). Simpang yang dikaji adalah simpang Gunung Sabeulah yang terletak di kota Tasikmalaya. Metode yang digunakan untuk analisis kinerja adalah dengan Vissim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rekomendasi terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang adalah dengan mengubah fase dari 2 fase menjadi 3 fase dan waktu hilang (*intergreen*), serta dengan menambah lebar jalan yaitu jalan bantar (arah barat) 1 meter dan jalan galunggung (arah timur) 1 meter.

Guna mengatasi permasalahan yang terjadi di Simpang Wirobrajan, perlu dilakukan kajian rekayasa lalu lintas dengan cara mengoptimalkan waktu hijau beserta waktu siklus agar dapat meminimalisasi panjang antrian dan tundaan rata-rata pada simpang. Pemodelan yang direncanakan untuk mengoptimasi simpang ialah menggunakan piranti Vissim, sedangkan penyusunan waktu siklus dan waktu hijau rekomendasi berpedoman pada PKJI 2023.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di Simpang Wirobrajan (-7.800917; 110,35179), Kecamatan Wirobrajan, Kota Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang diperlukan dalam menunjang penelitian ini ialah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melaksanakan survei lapangan meliputi data inventarisasi simpang, data survei gerakan membelok terklasifikasi (CTMC) pada jam sibuk (17.00-18.00), dan survei kecepatan titik (*spotspeed*). Pada survei kecepatan titik dilakukan dengan menggunakan *speedgun* dengan cara menembakkan alat tersebut ke kendaraan yang hendak diketahui kecepatannya lalu dilakukan pengolahan untuk dipakai pada *desired speed distribution* piranti Vissim. Sementara itu, data sekunder yang diperoleh berupa data jumlah penduduk untuk menentukan faktor koreksi ukuran kota dan data waktu siklus APILL pada jam sibuk. Penentuan waktu siklus optimal menggunakan perhitungan PKJI 2023, sedangkan untuk pemodelannya menggunakan aplikasi PTV Vissim. Proses validasi yang digunakan di Vissim menggunakan parameter volume (Anggayeni et al., 2024). Pelaksanaan algoritma penelitian dilakukan berdasarkan bagan alir penelitian berikut.



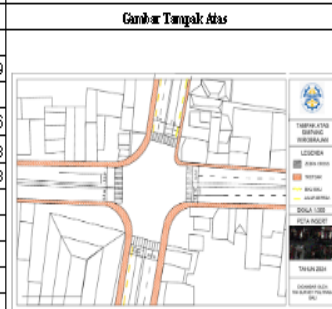
Gambar 1. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Guna melaksanakan analisis terkait penelitian terhadap Simpang Wirobrajan, terdapat data primer dan sekunder yang berhasil dikumpulkan oleh peneliti. Data primer adalah data yang diperoleh melalui survei secara langsung di lapangan, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh tidak melalui survey. Adapun untuk data inventarisasi simpang terdapat pada Gambar 2 sebagai berikut.

POLITEKNIK TRANSPORTASIDARAT BALI					
PROGRAM STUDI DIPLOMA IIMANAJEMEN TRANSPOKTASIJALAN					
TAHUN AJARAN 2023/2024					
FORMULIR SURVEI INVENTARISASI SIMPANG					
Nama Simpang	Simpang Empat Wirobrajan				
Geometri Simpang					
1	Node				
2	Tipe Pendekat	Terlindung			
3	Tipe Simpang	422L			
4	Fase Simpang	4 fase			
Arah		Utara	Selatan	Timur	Barat
Ruas Jalan					
5	Waktu Hijau	33	25	30	28
6	Waktu Merah	108	116	111	113
7	Waktu Kuning	3	3	3	3
8	Lebar Pendekat Total (m)	14,6	14,4	14,4	14,5
9	Lebar Median (m)	0,6	0,6	0,6	0,6
10	Lebar Bahu Kanan (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
11	Lebar Bahu Kiri (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
12	Lebar Trotoar Kanan (m)	2	0,8	1	1,2
13	Lebar Trotoar Kiri (m)	0,9	1,2	0,7	2
14	Lebar Drainase Kanan (m)	-	-	-	-
15	Lebar Drainase Kiri (m)	-	-	-	-
16	Lebar Jalur Efektif Pendekat (m)	13	12,8	12,8	12,9
17	Lebar Jalur Pendekat (m)				
	Kiri	7	6,8	6,4	7,6
	Kanan	6	6	6,4	5,3
18	Radius Simpang	1,2	4,7	4,7	6,3
19	Hambatan Simpang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
20	Tata Guna Lahan	Komersil	Komersil	Komersil	Komersial
21	Model Arus (Arah)	2 arah	2 arah	2 arah	2 arah
22	Kondisi Marsha	Baik	Baik	Baik	Baik
23	Facilitas Zebra Cross	Ada	Ada	Ada	Ada
24	Marka Line Stop	Ada	Ada	Ada	Ada
25	Facilitas Ruang Khusus Roda 2	Tidak ada	0,8	0,5	Tidak ada



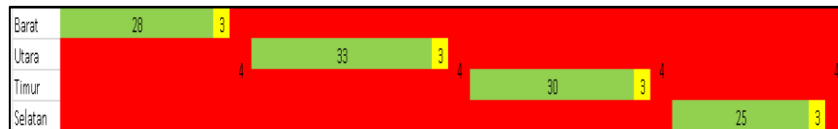
Gambar 2. Data Inventarisasi Simpang Wirobrajan

Simpang Wirobrajan memiliki 4 (empat) fase dalam pengendalian APILL-nya dengan karakteristik tiap kaki simpangnya memiliki pendekat LTOR. Data waktu siklus APILL pada jam sibuk terdapat pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Data Waktu APILL Pada Jam Sibuk

	Barat	Utara	Timur	Selatan
Waktu Hijau	28	33	30	25
Amber	3	3	3	3

	Barat	Utara	Timur	Selatan
MerahSemua	4	4	4	4
<i>Intergreen</i>	7	7	7	7
Waktu Siklus	144			



Gambar 3. Diagram Siklus Simpang Wirobrajan Jam Puncak

Survei CTMC dilakukan selama 1 jam pada jam puncak yaitu pukul 17.00-18.00. Berdasarkan analisis terhadap Survei CTMC diperoleh bahwa pendekat utara memiliki arus paling tinggi dibandingkan dengan ketiga kaki simpang lainnya.

Tabel 2. Data Volume Simpang Jam Puncak

Pendekat	Lurus			Kiri			Kanan			TOTAL (Kend./Jam)
	SM	MP	KS	SM	MP	KS	SM	MP	KS	
Utara	1263	262	14	349	63	9	1299	153	12	3424
Timur	137	81	5	427	160	6	374	107	3	1300
Selatan	804	123	15	386	65	27	187	44	9	1660
Barat	311	117	12	143	202	13	589	72	10	1469

Selain data volume kendaraan, guna melancarkan pemodelan pada Vissim juga diperlukan data kecepatan tiap jenis kendaraan. Berikut adalah data kecepatan kendaraan tiap pendekat yang pengambilan sampel kendaraan yang disurvei kecepatannya dilakukan dengan metode Slovin. Data kecepatan didapat dengan cara mengukur kecepatan arus bebas kendaraan yang melintas atau biasa disebut *free flow speed*. Penentuannya menggunakan rumus sebagai berikut.

Keterangan:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

e = Tingkat kesalahan (5%).

Data kecepatan nantinya diinput ke dalam Vissim. Tabel kecepatan tiap jenis moda pada tiap pendekat tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Kecepatan Kendaraan

Pendekat	Kecepatan					
	MC		LV		HV	
	min	max	min	max	min	max
U	26	45	19	49	18	38
S	20	53	16	50	16	38
T	26	49	16	66	16	40
B	26	49	16	50	16	38

Data sekunder yang diperoleh berupa data jumlah penduduk sebagai faktor penyesuaian untuk ukuran kota. Berdasarkan Badan Pusat Statistik, diperoleh jumlah penduduk Kota Yogyakarta sebesar 375,7 ribu jiwa (Badan Pusat Statistik, 2024.).

Validasi Pemodelan Vissim

Validasi pemodelan perlu dilakukan agar data pemodelan dapat dikatakan valid ketika hendak dilakukan optimalisasi. Uji yang digunakan pada penelitian ini adalah uji GEH dan MAPE dengan parameter pengukurannya menggunakan volume kendaraan pada jam sibuk. Untuk hasil GEH diperoleh nilai bahwa tidak terdapat perbedaan yang drastis antara volume pemodelan dengan volume eksisting sehingga model Vissim Eksisting dapat digunakan untuk optimalisasi. Untuk ketetapan nilai GEH dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Nilai Ketentuan GEH

GEH < 5	Diterima
5 < GEH < 10	Peringatan: kemungkinan model eror atau data buruk
GEH > 10	Ditolak

Dengan ketentuan nilai GEH sebagai acuan dalam validasi pemodelan yang akan dilakukan, maka ditentukan terlebih dahulu nilai GEH pada tiap lengan simpang. Berikut nilai GEH yang diperoleh.

Tabel 5. Hasil Nilai GEH Tiap Simpang

No.	Pendekat	Q Observed	Q Simulated	Nilai GEH
1	Barat	1473	1473	0
2	Utara	3424	3365	1,01
3	Timur	1300	1170	3,69
4	Selatan	1865	1848	0,39

Berdasarkan hasil nilai GEH yang diperoleh dari tiap lengan simpang terlihat bahwa semua lengan simpang memiliki nilai GEH dibawah 5 ($GEH < 5$), ini menunjukkan bahwa pemodelan dapat diterima untuk menentukan kinerja simpang eksisting dan kinerja simpang setelah dilakukan optimasi.

Model Eksisting

Model eksisting yang telah dibentuk dan telah valid berdasarkan parameter volume, selanjutnya dicari kinerjanya menggunakan fitur *node*. Indikator kinerja yang digunakan berupa panjang antrian dan tundaan simpang. Data kinerja simpang pada jam sibuk terdapat pada tabel berikut.

Tabel. 6 Kineja Eksisting Simpang dengan Pendekatan Vissim

No.	Eksisting Simpang	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/kend)
1	Utara (Jl. HOS. Cokroaminoto)	208,71	155,39
2	Selatan (Jl. Kapt. Piere Tendean)	75,08	48,7
3	Timur (Jl. KHA. Dahlan)	42,47	36,79
4	Barat (Jl. RE. Martadinata)	116,83	182,22

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh bahwa panjang antrian tertinggi dengan menggunakan pendekatan Vissim adalah pendekat Utara dengan panjang antriannya mencapai 208,71 meter, sedangkan untuk tundaan tertingginya adalah pada pendekat barat dengan nilai mencapai 182,22 detik/kendaraan. Berdasarkan kasus tersebut, peneliti mencoba untuk menganalisis perbaikan waktu siklus dengan berpedoman pada PKJI 2023.

Optimalisasi Waktu Siklus

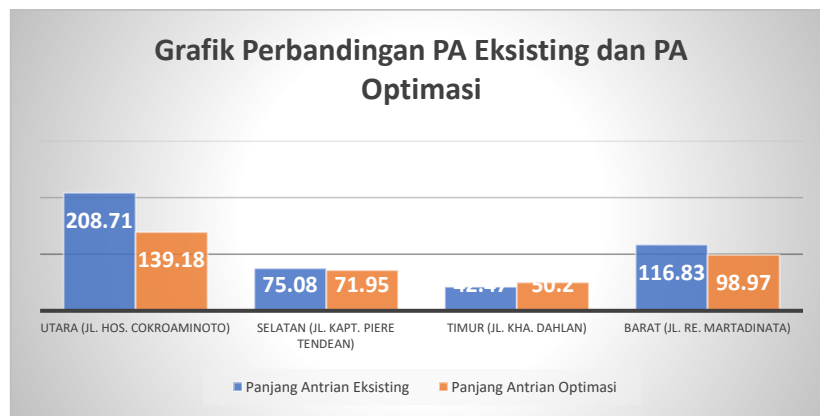
Model optimalisasi dilakukan dengan cara mengubah waktu siklus dengan berpedoman pada PKJI 2023 kemudian waktu siklus tersebut dimodelkan kedalam aplikasi Vissim. Berikut adalah hasil proses optimalisasi waktu siklus yang telah dilakukan. Setelah dilakukan optimasi, diperoleh waktu siklus pra penyesuaiannya senilai 175 detik, dan waktu hilang total selama 20 detik. Waktu hijau secara berurutan dimulai dari pendekat utara selama 64 detik, pendekat timur selama 24 detik, pendekat Selatan selama 40 detik, dan pendekat barat selama 27 detik.

Panjang Antrian

Tabel 7. Perbandingan Panjang Antrian

No.	Kode Pendekat	Panjang Antrian Eksisting	Panjang Antrian Optimasi
1	Utara (Jl. HOS. Cokroaminoto)	208,71	139,18
2	Selatan (Jl. Kapt. Piere Tendean)	75,08	71,95
3	Timur (Jl. KHA. Dahlan)	42,47	50,2
4	Barat (Jl. RE. Martadinata)	116,83	98,97

Berdasarkan optimalisasi yang telah dilakukan, diperoleh penurunan panjang antrian di pendekat utara, pendekat Selatan, dan pendekat barat. Pada pendekat utara terjadi penurunan panjang antrian mencapai 33%, pendekat selatan mengalami penurunan mencapai 4,16%, dan pendekat barat mengalami penurunan panjang antrian mencapai 15,28%. Akan tetapi, pada pendekat timur mengalami kenaikan panjang antrian hingga 18,7%. Rata-rata panjang antrian simpang kondisi eksisting ialah senilai 110,77 meter, sedangkan rata-rata panjang antrian optimasi ialah senilai 90,075 meter. Dengan demikian, panjang antrian rata-rata simpang mengalami penurunan sebesar 18,68%. Optimasi simpang berpengaruh terhadap penyesuaian distribusi waktu hijau pada tiap pendekat sehingga terdapat peningkatan maupun penurunan kinerja pada masing-masing pendekat. Akan tetapi, secara rata-rata terjadi peningkatan kinerja sehingga kondisi panjang antrian keseluruhan pendekat simpang setelah dilakukan optimasi relatif lebih optimal. Berikut adalah komparasi panjang antrian simpang pada saat kondisi eksisting dengan kondisi pasca dilakukan optimasi berupa diagram batang.



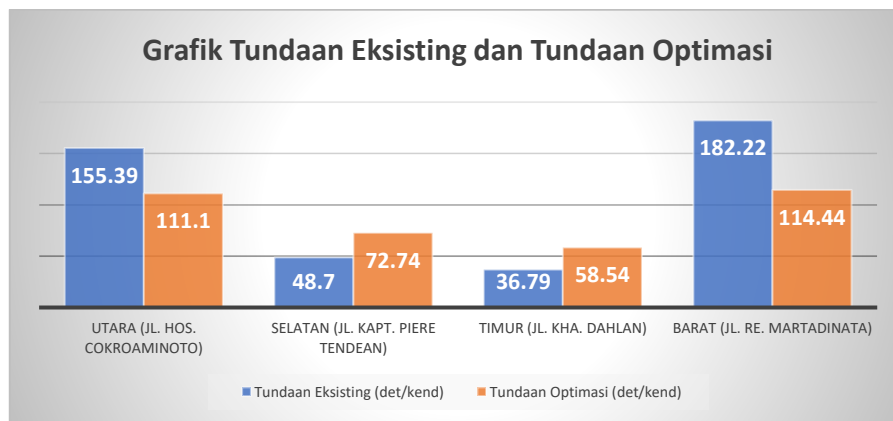
Gambar 4. Grafik Perbandingan PA Eksisting dan PA Optimasi

Tundaan

Tabel 8. Perbandingan Tundaan

No.	Kode Pendekat	Tundaan Eksisting (det/kend)	Tundaan Optimasi (det/kend)
1	Utara (Jl. HOS. Cokroaminoto)	155,39	111,1
2	Selatan (Jl. Kapt. Piere Tendean)	48,7	72,74
3	Timur (Jl. KHA. Dahlan)	36,79	58,54
4	Barat (Jl. RE. Martadinata)	182,22	114,44

Berdasarkan optimalisasi yang telah dilakukan, diperoleh penurunan tundaan rata-rata di pendekat utara dan pendekat barat. Pada pendekat utara terjadi penurunan tundaan rata-rata mencapai 28,5%, sedangkan pendekat barat mengalami penurunan tundaan rata-rata mencapai 37,19%. Pada pendekat selatan dan timur mengalami kenaikan tundaan rata-rata. Pendekat selatan pasca dilakukan optimasi mengalami kenaikan tundaan rata-rata hingga 49,3% terhadap kondisi eksistingnya, sedangkan pendekat timur mengalami kenaikan tundaan hingga 59,1% terhadap kondisi eksistingnya. Rata-rata tundaan eksisting diseluruh pendekatnya ialah senilai 105,775 detik/kendaraan, sedangkan rata-rata tundaan optimasi ialah senilai 89,205 detik/kendaraan. Dengan demikian, rata-rata tundaan pada seluruh pendekat mengalami penurunan sebesar 15,66%. Kinerja simpang setelah dilakukan optimasi memicu adanya penyesuaian komposisi distribusi waktu hijau tiap pendekat simpang. Terdapat pendekat yang mengalami peningkatan kinerja maupun penurunan kinerja. Akan tetapi, secara rata-rata terjadi peningkatan kinerja sehingga kondisi simpang lebih optimal dan tidak terdapat lengan yang memiliki tundaan terlalu lama. Berikut merupakan komparasi antara tundaan rata-rata simpang pada kondisi eksisting dengan kondisi pasca dilakukan optimasi berupa diagram batang.



Gambar 5. Grafik Tundaan Eksisting dan Tundaan Optimasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja eksisting Simpang Wirobrajan pada jam sibuk memiliki Panjang antrian pada pendekat utara sebesar 208,71 meter, selatan 75,08 meter, timur 42, 47 meter, barat 116,83 meter. sedangkan tundaannya untuk pendekat utara 155,39 detik/kend, Selatan 48,7 detik/kend, timur 36,79 detik/kend, barat 182,22 detik/kend.
2. Kinerja setelah dilakukan optimasi waktu siklus dengan menggunakan PKJI 2023 diperoleh Panjang antrian pada pendekat utara sebesar 139,18 meter, Selatan 71,95 meter, timur 50,2 meter, barat 98,97 meter. Sedangkan tundaannya untuk pendekat utara sebesar 111,1 detik/kend, Selatan 72,74 detik/kend, timur 58,54 detik/kend, dan barat 114,44 detik/kend.
3. Berdasarkan analisis didapatkan persentase penurunan Panjang antrian setelah dilakukan optimasi mencapai 18,68%, sedangkan rata-rata tundaan pada keseluruhan pendekat mengalami penurunan hingga 15,66%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adri, Rw. P., Herlina, N., & Kurnia Hidayat, A. (2022). *ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG MITRA BATIK KOTA TASIKMALAYA)*.
- Ahmad #a, M. I. C., Lefrandt #b, 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)* (Vol. 21, Issue 83).
- Anggayeni, R., Agastya, R., Anlaikan, W., & Suartawan, E. (2024). *DESAIN REKAYASA LALU LINTAS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL DENGAN MOKROSIMULASI PTV VISSIM (STUDI KASUS: TAMAN SARI MARKET, KUTA UTARA, BADUNG)*. In *Berkala FSTPT* (Vol. 2, Issue 2).

- Atmajaya, A. B., Devi, K. W., & Mardikawati, B. (2024). PENGARUH GEOMETRI DAN KONFIGURASI SINYAL TERHADAP KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Tugu Wisnu Kota Surakarta). *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 13(1). <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/jikt>
- Badan Pusat Statistika. (2024). *BADAN PUSAT STATISTIK XXXXX BPS-STATISTICS OF XXXXX XXXXX DALAM ANGKA PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DALAM ANGKA 2024 DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA PROVINCE IN FIGURES*.
- Hidayat, D. W., Atmajaya, A. B., Suartawan, P. E. S., & Bawa, K. A. (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)*, 10(2), 91–101. <https://doi.org/10.46447/kjt.v10i2.568>
- Icha, W., Atmajaya, A., Nugraha, W., & Raharja, M. (2024). *PERBANDINGAN METODOLOGI DAN HASIL ANALISIS KAPASITAS JALAN BERDASARKAN MKJI 1997 DAN PKJI 2023 (STUDI KASUS: RUAS JALAN DIPONEGORO, KABUPATEN BONDOWOSO)*.
- Link Tamarinds. (2024). *ANALISIS PENATAAN SIMPANG BERSINYAL SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN KINERJA LALU LINTAS MENGGUNAKAN PKJI 2023 DAN VISSIM (STUDI KASUS: SIMPANG WIROBRAJAN) KERTAS KERJA WAJIB*.
- Nugroho, U., & Dwiatmaja, G. C. (2020). ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL MENGGUNAKAN BANTUAN PERANGKAT LUNAK VISSIM STUDENT VERSION Studi Kasus: Simpang Sompok, Candisari, Semarang. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 16).
- PKJI 2023. (2023). *DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA* (Issue 021).
- Raya Prima, G., Herlina, N., & Arif, Z. (2022). *ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL MENGGUNAKAN PTV VISSIM (STUDI KASUS SIMPANG GUNUNG SABEULAH KOTA TASEK MALAYA)*.
- TIM PKL KOTA YOGYAKARTA 2024. (2024). *LAPORAN KERJA PRAKTEK KERJA LAPANGAN*.