

KINERJA KOORDINASI SIMPANG CEBONGAN DAN SIMPANG TAMAN RINGIN CEBONGAN BERDASARKAN PKJI 2023

Ad Zulfa Geofani Firdaus^{1,*}, Miftahul Fauziah¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang, Km. 14,5 Yogyakarta

*Corresponding authors: 20511427@students.uii.ac.id

Abstract: Simpang 4 Cebongan and Simpang 3 Taman Ringin Cebongan are intersections that have a shelf size of 230 m and are located in a commercial environment that is dense with motor vehicles, so that the queue at one of the intersections can interfere with the performance of adjacent intersections. The performance analysis of existing conditions and intersection coordination is based on the 2023 Indonesia's Road Capacity Guidelines (PKJI), while the microsimulation uses VISSIM PTV software. The results of the analysis show that based on PKJI 2023, the saturation degree values in the existing conditions of Simpang 4 Cebongan and Simpang 3 Taman Ringin Cebongan are 0.8 and 0.52. The solution to reduce the queue length on Jalan Kebon Agung that connects the two intersections is to coordinate the two intersections with a cycle time of 100 seconds at both intersections with 4 phases at Simpang 4 Cebongan and 3 phases at Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, so that the bandwidth value from West to East is 29 seconds with a bandwidth efficiency of 29% and from East to West is 19 seconds with a bandwidth efficiency of 19%. The length of the intersection queue with the application of this condition decreased from 198.32 m to 179.93 m.

Keywords: bandwidth, PKJI 2023, PTV VISSIM, signal coordination, and queue length.

Abstrak: Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan merupakan simpang yang jaraknya 230 m dan terletak di lingkungan komersial yang padat kendaraan bermotor, sehingga adanya antrean pada salah satu simpang dapat mengganggu kinerja simpang yang berdekatan. Analisis kinerja kondisi eksisting dan koordinasi simpang didasarkan pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, sedangkan mikrosimulasinya menggunakan *software* PTV VISSIM. Hasil analisis menunjukkan, berdasarkan PKJI 2023 nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebesar 0,8 dan 0,52. Solusi untuk menurunkan panjang antrean pada Jalan Kebon Agung yang menghubungkan kedua simpang adalah melakukan koordinasi kedua simpang dengan waktu siklus 100 detik pada kedua simpang dengan 4 fase pada Simpang 4 Cebongan dan 3 fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, sehingga didapatkan nilai *bandwidth* dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 29% dan dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 19%. Panjang antrean simpang dengan penerapan kondisi ini menurun dari 198,32 m menjadi 179,93 m.

Kata kunci: *bandwidth*, koordinasi simpang, panjang antrean, PKJI 2023, dan PTV VISSIM.

PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah di Kabupaten Sleman berdampak pada mobilitas penduduk, seperti di daerah Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Kedua simpang tersebut menjadi titik vital yang menghubungkan Kabupaten Sleman dengan Kota Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah. Mobilitas yang padat di kedua simpang tersebut sering menyebabkan kemacetan yang dampaknya saling mempengaruhi antar simpang, terutama pada jam sibuk. Hal itu dipengaruhi oleh jarak antar kedua simpang yang berdekatan yaitu 230 m. Pemasangan lampu APILL dan koordinasi antara kedua simpang diusulkan untuk mengatasi permasalahan ini. Analisis kinerja simpang dan perencanaan simpang APILL menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 yang disusun oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2023). PKJI merupakan metode pembaruan dari metode sebelumnya, yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. PKJI mulai diberlakukan sebagai metode untuk melakukan perhitungan dan analisis kapasitas jalan Indonesia sejak bulan Juni tahun 2023.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Panjang Antrean pada Simpang Cebongan Lengan Barat

Beberapa peneliti juga sebelumnya telah membahas kasus penelitian sejenis seperti penelitian koordinasi sinyal simpang yang berdekatan *study* kasus Simpang Gondomanan dan Simpang Km. 0 Yogyakarta (Iryanti, 2021), Persimpangan Sambong dengan Persimpangan Mibar Kabupaten Jombang (Tara, 2024), Simpang Wirobrajan dan Simpang Ngabean Yogyakarta (Patrias, 2021), Simpang Bersinyal Tegallega (Reina, 2023), Simpang Tugu dan Simpang Pingit di Kota Yogyakarta (Ramadhana, 2019), Simpang Ngabean dan Simpang Wirobrajan Yogyakarta (Kushari, 2020), Koordinasi Sinyal antar Simpang pada Ruas Jalan Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh (Munandar, 2023), Koordinasi Antar Simpang Bersinyal di Ruas Jalan Ki Ageng Gribig Kota Malang (Murtiyoso, 2021), Simpang Bersinyal pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD (Aulia, 2023), Simpang Tingang dan Simpang Garuda (Kirono, 2018), dan simpang Jl. Dr. Soetomo dengan Simpang Jl. R.A. Kartini dan Simpang Jl. Pandegiling (Susanti, 2021). Selain itu terdapat penelitian yang menggunakan pemodelan simulasi koordinasi simpang APILL dengan VISSIM pada Simpang Gamping dan Simpang Pelem Guruh (Irwan, 2019), dan Simpang Pandanaran dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman (Kushari, 2020). Adapun penelitian yang dilakukan di tempat yang sama yaitu Simpang Cebongan sebelumnya pernah dilakukan perencanaan pemasangan APILL, namun hasil usulan sistem pemasangan APILL tidak bisa menyelesaikan masalah panjang antrean pada lengan Barat Simpang Cebongan, karena penerapannya dapat menaikkan panjang antrean pada lengan Barat Simpang Cebongan (Prananda, 2023).

Taylor (1996) mengungkapkan bahwa sistem koordinasi sinyal bertujuan untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum sehingga kendaraan dapat melewati simpang tanpa harus berhenti. Oleh karena itu, waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya diatur sedemikian rupa sehingga mengikuti kedatangan kelompok kendaraan (*platoon*).

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang sebagian besar menggunakan peraturan lama yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, penelitian ini fokus pada analisis kinerja simpang dan simpang APILL, serta merencanakan sistem koordinasi simpang APILL pada kondisi sebelum dan sesudah diterapkan sistem

koordinasi simpang APILL berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan menggunakan pemodelan PTV VISSIM.

Simpang adalah pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang dan tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 terdapat pembaruan perhitungan nilai tundaan pada simpang antara metode PKJI 2023 dan MKJI 1997 dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$T = T_{LL} + T_G \tag{1}$$

dengan:

- T = tundaan simpang (detik/smp),
- T_{LL} = tundaan lalu lintas (detik/smp), dan
- T_G = tundaan geometri (detik/smp).

Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa simpang APILL merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Terdapat beberapa pembaruan perhitungan antara lain waktu siklus sebelum penyesuaian, waktu hijau, waktu siklus yang disesuaikan, dan tundaan lalu lintas antara metode PKJI 2023 dan MKJI 1997. Khusus untuk waktu siklus yang disesuaikan di PKJI dihapuskan dan diganti dengan waktu siklus yang layak. Pembaruan perhitungan dapat dilihat pada Persamaan 2 sampai dengan Persamaan 4 dan Tabel 1.

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/J} \text{kritis})} \tag{2}$$

dengan:

- s = waktu siklus (detik),
- W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik), dan
- R_{q/J} = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (q/J).

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J} \text{kritis}}{\sum_i (R_{q/J} \text{kritis})_i} \tag{3}$$

dengan:

- W_{Hi} = waktu hijau pada fase i (detik), dan
- i = indeks untuk fase ke i.

Tabel 1. Waktu Siklus yang Layak

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \tag{4}$$

Koordinasi antar simpang APILL berfungsi untuk meningkatkan pelayanan suatu jaringan jalan, mengurangi waktu tunda dan waktu berhenti kendaraan. Pergerakan kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya (McShane dan Roess, 1990). Sistem koordinasi sinyal berfungsi untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum agar kendaraan dapat melewati simpang tanpaberhenti (Taylor dkk, 1996). Beberapa syarat dalam koordinasi sinyal antara lain:

1. Koordinasi sinyal efektif hanya jika jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika jaraknya lebih dari 800 meter, koordinasi sinyal tidak akan efektif lagi.
2. Semua sinyal harus memiliki panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama.
3. Umumnya, sistem koordinasi sinyal digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor), tetapi juga dapat digunakan pada jaringan jalan yang berbentuk grid.
4. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

Sistem koordinasi simpang terdapat konsep *offset* dan *bandwidth*. *Offset* adalah selisih waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dengan awal sinyal hijau pada simpang berikutnya. Sementara itu, *bandwidth* adalah selisih waktu antara sinyal hijau pada lintasan pertama dan sinyal hijau pada lintasan terakhir dalam suatu lintasan paralel (Papacostas, 2005).

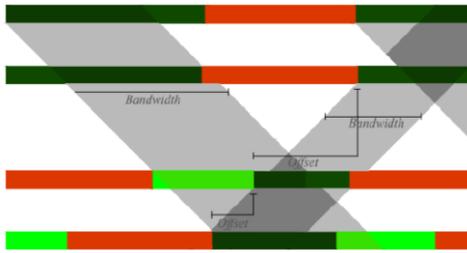
1. *Offset*

$$t_{ideal} = \frac{L}{S} \tag{9}$$

2. *Bandwidth*

$$CBW = \frac{3600 \times BW \times NL}{C \times k} \tag{10}$$

$$EFFBW = \frac{BW}{C} \times 100\% \quad (11)$$



Gambar 3. Diagram Koordinasi antara *Offset* dan *Bandwidth*

(Sumber: Papacostas, 2005)

METODE PENELITIAN

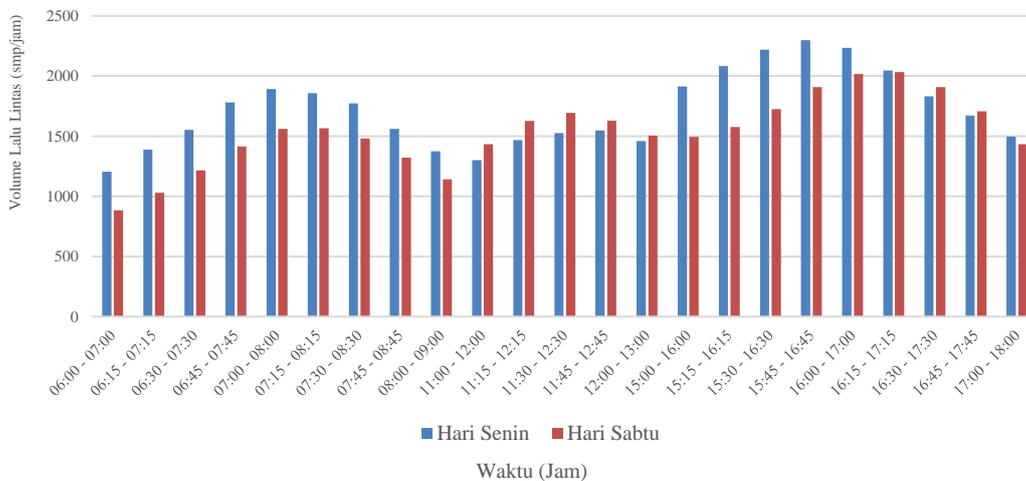
Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data volume lalu lintas, geometrik jalan, kecepatan rata-rata, kondisi lingkungan, perilaku pengemudi, panjang antrean dan tundaan. Data sekunder meliputi data jumlah penduduk Kabupaten Sleman dan peta lokasi penelitian. Setelah itu dilanjutkan dengan pemodelan kinerja simpang

pada kondisi eksisting, kalibrasi dan validasi hasil pemodelan menggunakan PTV VISSIM, analisis perencanaan simpang dan simpang APILL berdasarkan PKJI 2023, perancangan koordinasi antar simpang APILL, pemodelan perencanaan koordinasi simpang bersinyal menggunakan *software* PTV VISSIM, dan pembahasan kinerja perancangan koordinasi simpang.

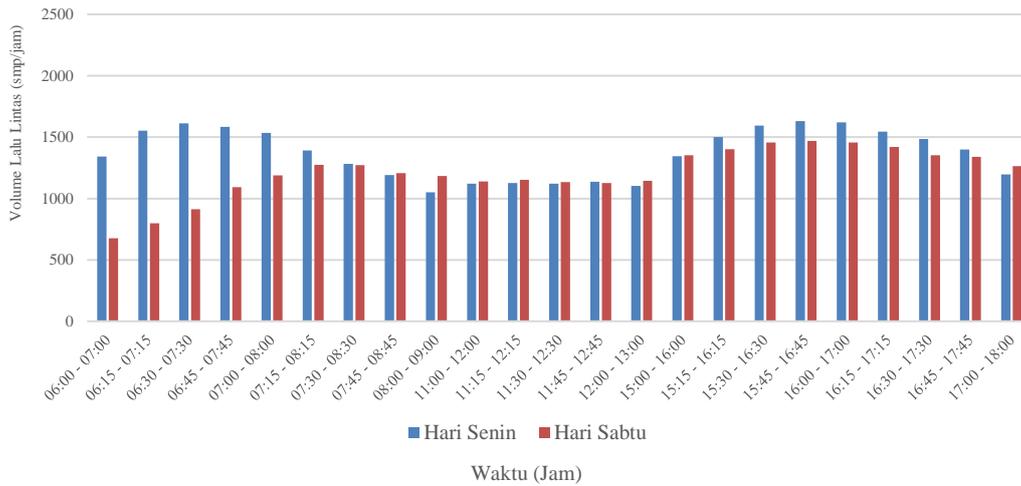
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Volume Lalu Lintas Jam Puncak

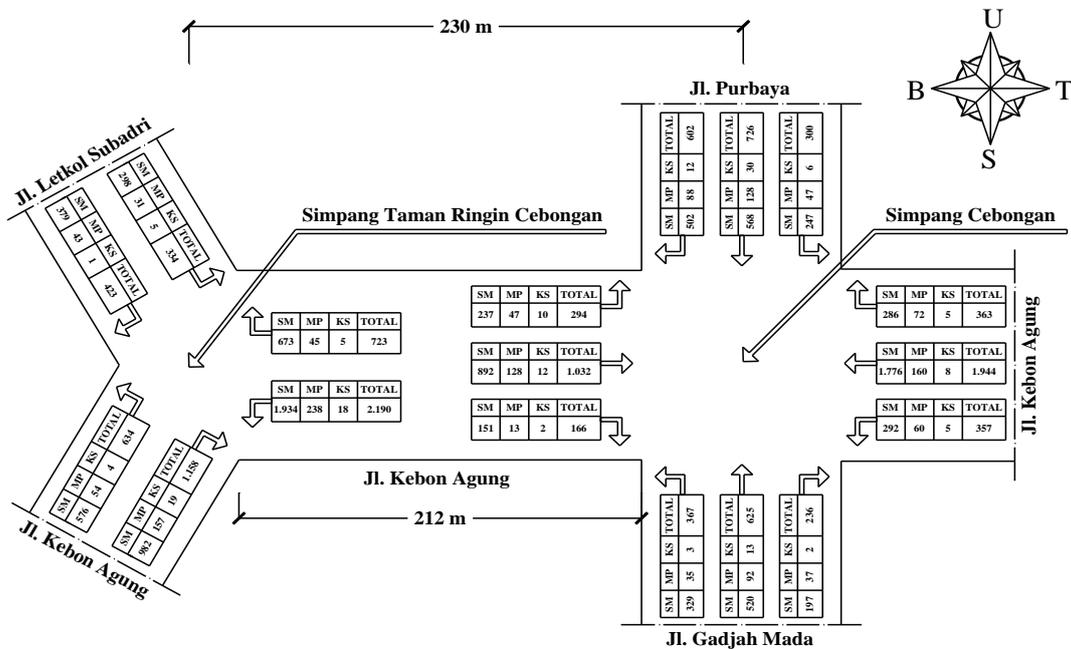
Data volume lalu lintas pada simpang didapatkan dari hasil survei lapangan. Data hasil survei lapangan dicatat dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam) dan diubah dalam satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) sesuai dengan pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5, serta distribusi volume pada jam puncak dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Grafik Data Volume Lalu Lintas Simpang 4 Cebongan



Gambar 5. Grafik Data Volume Lalu Lintas Simpang 3 Taman Ringin Cebongan



Gambar 6. Distribusi Volume Lalu Lintas

Data Geometri Simpang

Data geometri simpang yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Geometri Simpang

Simpang	Lengan	Tipe Jalan	Lebar Pendekat (m)
Simpang 4 Cebongan	Utara	2/2-TT	7,2
	Timur	2/2-TT	7,4
	Selatan	2/2-TT	7,2
	Barat	2/2-TT	7,4
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara	2/2-TT	5,3
	Timur	2/2-TT	6,1
	Selatan	2/2-TT	5,6

Data Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang

Data panjang antrean dan tundaan pada simpang yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Data Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang

Simpang	Lengan	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)
Simpang 4 Ce- bongan	Utara	131,86	75,37
	Timur	156,87	64,62
	Selatan	126,39	68,54
	Barat	198,32	70,78
Simpang 3 Ta- man Ringin Cebongan	Utara	33,64	102,24
	Timur	170,23	46,96
	Selatan	184,17	32,52

Data Kecepatan pada Ruas Jalan

Data kecepatan pada ruas jalan yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Data Kecepatan pada Ruas Jalan

Ruas Jalan	Panjang Segmen yang Diamati (m)	Waktu Tempuh Rerata (det)	Kecepatan Rerata (km/jam)
Jl. Kebon Agung (T-B)	50	4,300	41,856
Jl. Kebon Agung (B-T)	50	4,388	41,025

Data Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman

Data jumlah penduduk Kabupaten Sleman didapatkan dari Badan Pusat Statistik D.I. Yogyakarta dalam angka (2023). Data jumlah penduduk di Kabupaten Sleman pada tahun 2022 tercatat sebanyak 1.147.562 jiwa.

Data Driving Behaviour

Data *driving behaviour* pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Driving Behaviour

Area	Kendaraan Berjalan (<i>Distance Driving</i>)		Kendaraan Berhenti (<i>Distance Standing</i>)	
	Jarak Depan-Belakang (m)	Jarak Samping (m)	Jarak Depan-Belakang (m)	Jarak Samping (m)
1	0,7	0,4	0,5	0,4
2	0,5	0,3	0,7	0,5
3	0,4	0,5	0,6	0,3
4	0,5	0,5	0,5	0,4
5	1	0,4	0,6	0,5
6	0,6	0,6	0,5	0,4
7	0,5	0,4	0,4	0,5

Pemodelan dengan menggunakan perangkat

lunak VISSIM

Hasil pemodelan selama 3600 detik pada PTV VISSIM berupa panjang antrean, tundaan, kecepatan, dan volume kendaraan yang melewati ruas jalan. Berikut adalah hasil dari simulasi PTV VISSIM yang dapat dilihat pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 9.

Tabel 6. Hasil Pemodelan PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi untuk Parameter Volume

Nama Simpang	Lengan	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH
Taman Ringin Ce- bongan	Selatan	1.792	263	47,70
	Timur	2.913	927	45,32
	Utara	757	337	17,96
	Barat	1.492	275	40,94
Cebongan	Timur	2.664	971	39,71
	Utara	1.628	160	49,10
	Selatan	1.228	530	23,54

Tabel 7. Hasil Pemodelan PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi untuk Parameter Kecepatan

Nama Ruas Jalan	Kecepatan Eksisting (km/jam)	Kecepatan PTV VISSIM (km/jam)	Nilai MAPE (%)
Jl. Kebon Agung (B-T)	41,86	40,66	3
Jl. Kebon Agung (T-B)	41,03	28,38	31

Tabel 8. Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Tundaan Sebelum Kalibrasi

Nama Simpang	Lengan	Tundaan Eksisting (detik/smp)	Tundaan PTV VISSIM (detik/smp)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin Ce- bongan	Selatan	35,03	35,88	2
	Timur	41,53	63,43	53
	Utara	94,47	41,96	56
	Barat	66,18	76,99	16
Cebongan	Timur	61,34	8,93	85
	Utara	83,58	90,23	8
	Selatan	75,37	28,38	62

Tabel 9. Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Sebelum Kalibrasi

Nama Simpang	Lengan	Panjang Antrean Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV VISSIM (m)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin Ce- bongan	Selatan	158	242,31	53
	Timur	172	105,25	39
	Utara	36	256,52	613
	Barat	172	205,25	19
Cebongan	Timur	144	194,19	35
	Utara	118	187,81	59
	Selatan	115	144,40	26

Kalibrasi pada pemodelan PTV VISSIM diperlukan untuk membuat pemodelan PTV VISSIM dapat mewakili kondisi di lapangan. Kalibrasi dilakukan pada *Driving Behaviour* yang masih diatur secara *default* oleh *PTV VISSIM*.

Komponen-komponen pada *Driving Behaviour* secara *default* memang diperuntukkan untuk kondisi perilaku mengemudi di Eropa. Hal ini berbeda dengan perilaku mengemudi di Indonesia jarak antar kendaraan dan agresivitas pengendara yang lebih tinggi. Proses kalibrasi dilakukan hingga lolos uji GEH dan MAPE, sehingga pemodelan dapat memvisualisasikan kondisi yang menyerupai dengan kondisi di lokasi penelitian. Kalibrasi pada pemodelan PTV VISSIM dapat dilihat pada Tabel 10. Visualisasi hasil pemodelan simulasi sebelum dikalibrasi dan setelah dikalibrasi ditampilkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Tabel 10. Perubahan Komponen *Driving Behaviour*

Parameter yang Diubah	Komponen yang Diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
Car Following	Average Standstill Distance (m)	2	0,20
	Average Part of Safety Distance (m)	2	0,25
	Multiplicative Part of Safety Distance (m)	3	0,20
Lane Change	Waiting time before diffusion (s)	60	2,00
	Min. Headway (front/rear) (m)	0,5	0,20
	Desired Position at Free Flow Lane	Middle of Lane	Any
Lateral	Minimum Distance Standing (m)	1 m	0,15 m
	Minimum Distance Driving (m)	1 m	0,20 m
Signal Controller	Overtake on Same Lane	None	On left On right
	Behaviour at Red/Amber Signal	2	0,20



Gambar 7. Kondisi pada Pemodelan Sebelum Kalibrasi



Gambar 8. Kondisi pada Pemodelan Setelah Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai maka dilakukan *running* pemodelan kembali dan didapatkan perbandingan jumlah volume setelah kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 11 sampai dengan Tabel 14.

Tabel 11. Hasil Pemodelan PTV VISSIM Setelah Kalibrasi untuk Parameter Volume

Nama Simpang	Lengan	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH
Taman Ringin Cebongan	Selatan	1.792	1.785	0,17
	Timur	2.913	2.916	0,06
	Utara	757	752	0,18
Cebongan	Barat	1.492	1.475	0,44
	Timur	2.664	2.650	0,27
	Utara	1.628	1.625	0,07
	Selatan	1.228	1.220	0,23

Tabel 12. Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Tundaan Setelah Kalibrasi

Nama Simpang	Lengan	Tundaan Eksisting (detik/smp)	Tundaan PTV VISSIM (detik/smp)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin Cebongan	Selatan	35,03	32,52	7
	Timur	41,53	46,96	13
	Utara	94,47	102,24	8
Cebongan	Barat	66,18	70,78	7
	Timur	61,34	64,62	5
	Utara	83,58	75,37	10
	Selatan	75,37	68,54	9

Tabel 13. Hasil Pemodelan PTV VISSIM Setelah Kalibrasi untuk Parameter Kecepatan

Nama Ruas Jalan	Kecepatan Eksisting (km/jam)	Kecepatan PTV VISSIM (km/jam)	Nilai MAPE (%)
Jl. Kebon Agung (B-T)	41,86	42,13	1
Jl. Kebon Agung (T-B)	41,03	41,71	2

Tabel 14. Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Setelah Kalibrasi

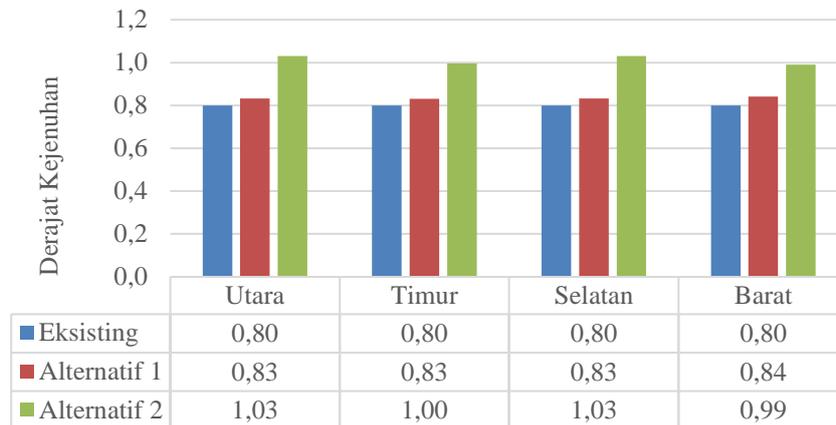
Nama Simpang	Lengan	Panjang Antrean Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV VISSIM (m)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin Cebongan	Selatan	158	170,23	8
	Timur	172	184,17	7
	Utara	36	33,64	7
Cebongan	Barat	172	198,32	15
	Timur	144	156,87	9
	Utara	118	131,86	12
	Selatan	115	126,39	10

Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang

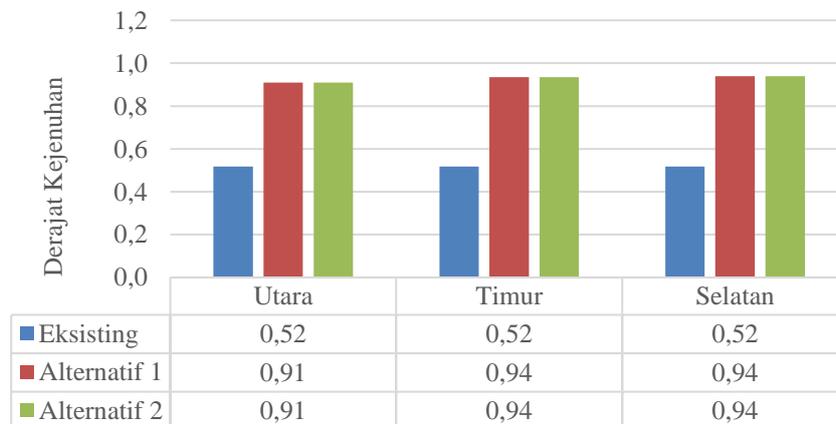
Perancangan koordinasi simpang APILL dilakukan menggunakan metode PKJI dan pemodelan PTV VISSIM. Metode PKJI dilakukan untuk mendapatkan waktu siklus yang optimal pada kedua simpang, sedangkan

pemodelan PTV VISSIM dilakukan untuk mendapatkan panjang antrean dan tundaan, sementara itu dalam menentukan *offset* dan *bandwidth* dihitung menggunakan metode yang telah dilakukan oleh Papacostas (2005). Kinerja yang direncanakan adalah kinerja kedua simpang, terlebih yang terdapat pada arus utama

(Jl. Kebon Agung) yang menghubungkan kedua simpang. Berikut ini adalah perbandingan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan.



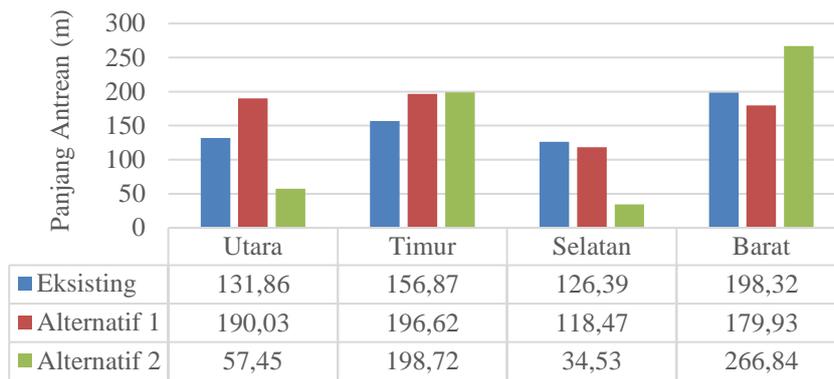
Gambar 9. Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan pada Simbang 4 Cebongan



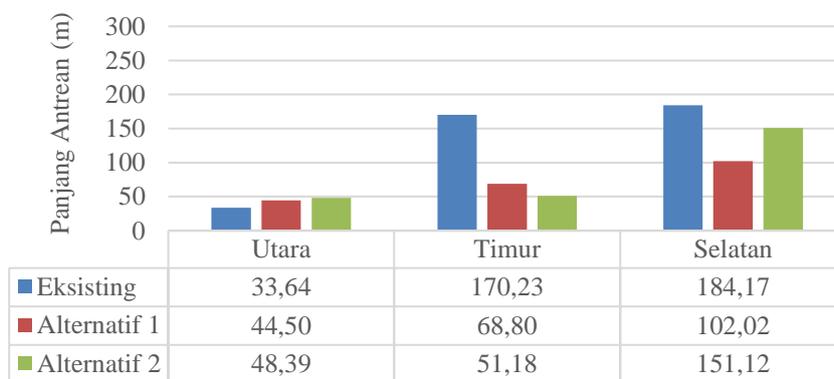
Gambar 10. Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan pada Simbang 3 Taman Ringin Cebongan

Hasil analisis nilai derajat kejenuhan di Simbang Cebongan dan Simbang Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan lampu APILL dan penerapan koordinasi simpang APILL dapat menaikkan derajat kejenuhan pada kedua simpang yang diteliti. Maka dari itu dapat dinyatakan bahwa

pemasangan APILL dan penerapan koordinasi simpang dapat meningkatkan derajat kejenuhan. Pada penelitian sebelumnya, Praditasari (2022) mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL dan koordinasi simpang pada Simbang Mirota Godean, Yogyakarta mengakibatkan peningkatan derajat kejenuhan dari 1,338 menjadi 1,7 pada lengan Barat, 1,7 pada lengan Timur, 1,72 pada lengan Selatan, dan 1,01 pada lengan Utara.



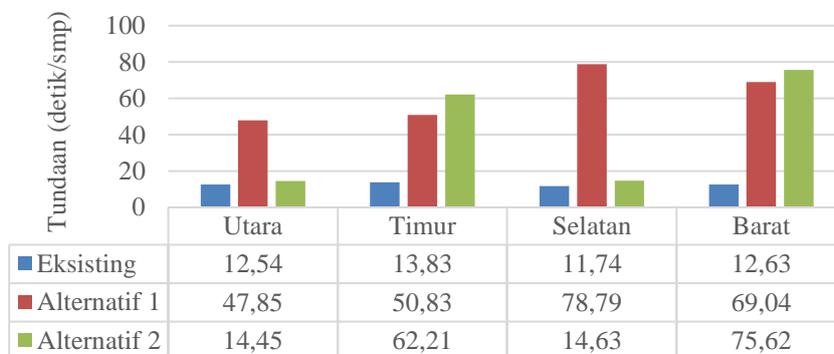
Gambar 11. Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean pada Simpang 4 Cebongan



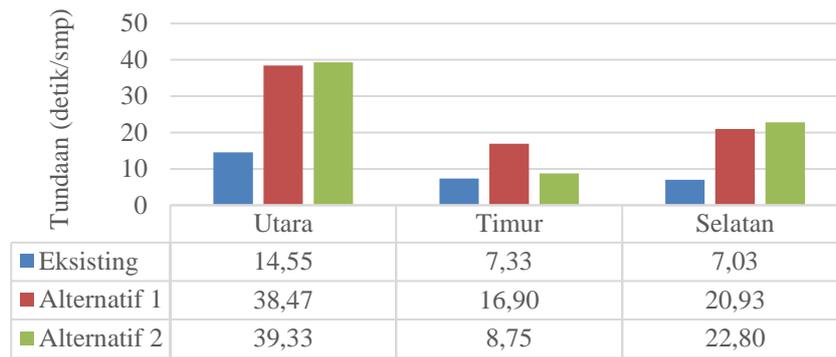
Gambar 12. Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Hasil analisis nilai panjang antrean di Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan lampu APILL dan penerapan koordinasi simpang APILL dapat menurunkan panjang antrean pada beberapa lengan simpang di lokasi yang diteliti, terutama pada Simpang Taman Ringin Cebongan lengan Timur dan Simpang

Cebongan lengan Barat. Kushari (2020) telah melakukan penelitian yang serupa dengan mengkoordinasikan Simpang Pandanaran dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman menunjukkan penurunan panjang antrean pada jalan mayor yang menghubungkan kedua simpang, hasilnya menunjukkan penurunan dari 156,41 m menjadi 132,49 m, hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan panjang antrean sebesar 15%.



Gambar 13. Diagram Perbandingan Nilai Tundaan pada Simpang 4 Cebongan



Gambar 14. Diagram Perbandingan Nilai Tundaan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Hasil analisis nilai tundaan di Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan lampu APILL dan penerapan koordinasi simpang APILL sebagian besar dapat menurunkan lama tundaan pada beberapa lengan simpang di lokasi yang diteliti, terutama pada Simpang Taman Ringin Cebongan lengan Timur dan

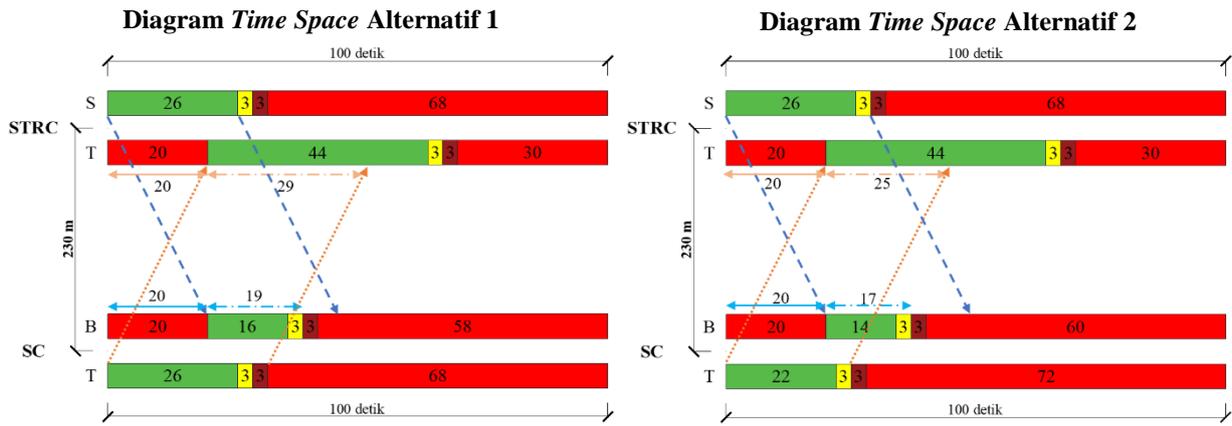
Simpang Cebongan lengan Barat. Pada penelitian sebelumnya, Praditasari (2022) mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL dan koordinasi simpang pada Simpang Mirota Godean, Yogyakarta mengakibatkan peningkatan tundaan dari 1.139 detik/smp menjadi 1.583 detik/smp pada lengan Barat, 1.350 detik/smp pada lengan Timur, 1.408 detik/smp pada lengan Selatan, dan 236,4 detik/smp pada lengan Utara.

Tabel 15. Perbandingan Tingkat Pelayanan Simpang

Lengan	Tingkat Pelayanan Eksisting	Tingkat Pelayanan Alternatif 1	Tingkat Pelayanan Alternatif 2
Simpang 4 Cebongan	B	E	E
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	B	C	C

Hasil analisis tingkat pelayanan simpang kedua simpang pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 15. Penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan lampu APILL dan penerapan koordinasi simpang APILL dapat

memperburuk tingkat pelayanan simpang yang diteliti. Pada penelitian sebelumnya, Praditasari (2022) mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL dan koordinasi simpang pada Simpang Mirota Godean, Yogyakarta mengakibatkan penurunan tingkat pelayanan simpang dari F ke F dengan detail nilai tundaan dari 1.139 detik/smp menjadi 1.583 detik/smp pada lengan Barat, 1.350 detik/smp pada lengan Timur, 1.408 detik/smp pada lengan Selatan, dan 236,4 detik/smp pada lengan Utara, sehingga secara keseluruhan tingkat pelayanan simpangnya menurun, walaupun tingkat pelayanan simpangnya sama yaitu F.



Keterangan:

- SC : Simpang 4 Cebongan
- STRC : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan
- : Waktu tempuh Simpang 3 Taman Ringin Cebongan ke Simpang 4 Cebongan (detik)
- : Bandwidth arah Barat ke Timur (detik)
- : Arah Arus Bandwidth arah Barat ke Timur
- : Waktu tempuh Simpang Simpang 4 Cebongan ke Taman Ringin Cebongan (detik)
- : Bandwidth arah Timur ke Barat (detik)
- : Arah Arus Bandwidth arah Timur ke Barat

Gambar 15. Diagram Time Space

Tabel 16. Perbandingan Nilai Offset dan Bandwidth

Alternatif	Offset (detik)	Bandwidth (detik)		Kapasitas Bandwidth (kend/jam)		Efisiensi Bandwidth (%)	
		B-T	T-B	B-T	T-B	B-T	T-B
Alternatif 1	20	29	19	522	342	29	19
Alternatif 2	20	25	17	450	306	25	17

Diagram *time space* yang menunjukkan hubungan waktu dan jarak pada kedua simpang dengan penerapan solusi alternatif 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 15 Hasil analisis nilai *offset* dan *bandwidth* kedua simpang pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 16. Penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Berdasarkan Tabel 16, nilai *offset* pada kedua

alternatif dan pada kedua arah bernilai sama yaitu sebesar 20 detik. Nilai *bandwidth* pada alternatif 1 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 29% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 19%, sedangkan pada alternatif 2 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 25 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 25% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 17 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 17%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa solusi pada alternatif 1 lebih baik daripada alternatif 2 dikarenakan nilai *bandwidth* lebih besar, maka pada solusi alternatif 1 dapat meloloskan atau melewati kendaraan tanpa berhenti pada kedua simpang lebih banyak.

Tabel 17. Rekapitulasi Kinerja Koordinasi Simpang pada Jam Puncak

Parameter	Lengan	Derajat Kejenuhan			Panjang Antrean			Tundaan			Tingkat Pelayanan Simpang		
		Eks	1	2	Eks	1	2	Eks	1	2	Eks	1	2
Simpang 4 Cebongan	Utara	0,80	0,83	1,03	131,86	190,03	57,45	75,37	47,85	14,45			
	Timur	0,80	0,83	1,00	156,87	196,62	198,72	64,62	50,83	62,21	B	E	E
	Selatan	0,80	0,83	1,03	126,39	118,47	34,53	68,54	78,79	14,63			
	Barat	0,80	0,84	0,99	198,32	179,93	266,84	70,78	69,04	75,62			
Simpang 3 Taman Ringin Ce- bongan	Utara	0,52	0,91	0,91	33,64	44,50	48,39	102,24	38,47	39,33			
	Timur	0,52	0,94	0,94	170,23	68,80	51,18	46,96	16,90	8,75	B	C	C
	Selatan	0,52	0,94	0,94	184,17	102,02	151,12	32,52	20,93	22,80			

Keterangan:

Eks : Eksisting
1 : Alternatif 1
2 : Alternatif

Berdasarkan Tabel 17, tingkat pelayanan simpang pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan mengalami penurunan, namun permasalahan utama dalam penelitian ini terletak pada lengan Barat Simpang 4 Cebongan yang ketika jam puncak panjang antreannya dapat menyentuh Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sehingga dapat mengganggu kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, kedua simpang tersebut hanya berjarak 212 m sementara panjang antrean yang terjadi melebihi 212 m. Maka dari itu untuk mengatasi panjang antrean yang melebihi jarak antar simpang perlu dilakukan koordinasi simpang. Penurunan panjang antrean pada lengan Barat Simpang Cebongan menjadi prioritas penyelesaian masalah, namun dampaknya dapat menaikkan panjang antrean dan tundaan pada lengan lainnya, sehingga tingkat pelayanan simpangnya menurun. Sementara itu tingkat pelayanan simpang didasarkan pada nilai tundaan keseluruhan pada simpang. Jadi dengan penerapan solusi alternatif 1 dapat menyelesaikan permasalahan utamanya yaitu panjang antreannya dapat dikurangi sehingga tidak mengganggu kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, namun dapat menaikkan panjang antrean dan tundaan pada lengan simpang lainnya, sehingga tingkat pelayanan simpangnya menurun.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan, berdasarkan PKJI 2023 nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3

Taman Ringin Cebongan adalah sebesar 0,8 dan 0,52. Koordinasi simpang yang dilakukan menggunakan waktu siklus 100 detik pada kedua simpang dengan 4 fase pada Simpang 4 Cebongan dan 3 fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, sehingga didapatkan nilai bandwidth pada alternatif 1 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi bandwidth sebesar 29% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi bandwidth sebesar 19%. Penerapan kondisi ini dapat mengurangi panjang antrean dan tundaan pada kedua simpang sehingga permasalahan panjang antrean yang saling mengganggu antar simpang pada jam puncak dan waktu tempuh untuk melintasi kedua simpang dapat dikurangi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, R. (2023). *Analisis Penerapan Koordinasi Simpang Bersinyal pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD*. Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK), 5(1), 997-992.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Irwan, M. (2019). *Evaluasi Dan Koordinasi antar Simpang dengan Menggunakan Pendekatan Mikro simulasi (VISSIM) (Studi Kasus: Simpang Gamping-Simpang Pelem Guruh)*. DSpace UII.

- Iryanti, S. (2021). *Desain Koordinasi Sinyal Untuk Dua Simpang Yang Berdekatan (Studi Kasus: Simpang Gondomanan Dan Simpang Km Nol Yogyakarta)*. DSpace UII.
- Kirono, J. C., Puspasari, N., dan Handayani, N. (2018). *Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang (Studi Kasus Jalan Rajawali-Tingang dan Jalan Rajawali-Garuda)*. Media Ilmiah Teknik Sipil, 6(2), 109-123.
- Kushari, B. dan Hadi, A. A. (2020). *Analisis dan Koordinasi Antar Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Ngabean dan Simpang Wirobrajan Yogyakarta)*. DSpace UII.
- Kushari, B. dan Ratnaningsih, D. (2020). *Koordinasi Sinyal Simpang Jalan yang Berdekatan dengan Pemodelan VISSIM: Study Kasus Simpang Pandanaran dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman*. DSpace UII.
- McShane, W. R. dan Roess, R. P. (1990). *Traffic Engineering*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Munandar, W.A., Fadhly, N. and Lulusi, L. (2023). *Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang pada Ruas Jalan Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh*. Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan, 6(4).
- Murtiyoso, A. dan Subagyo, U. (2021). *Koordinasi Antar Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Ruas Jalan Ki Ageng Gribig Kota Malang)*. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 2(4), pp.237-241.
- Papacostas, C.S dan Prevedouros, P. D. (2005). *Transportation Engineering and Planing*. Prentice Hall Inc. Singapura.
- Patrias, K.S. dan Lulie, Y. (2021). *Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang Wirobrajan dan Simpang Ngabean Yogyakarta*. Jurnal Teknik Sipil, 16(3), pp.151-158.
- Praditasari, N. (2022). *Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Jati Kencana dan Simpang Empat Mirota Godean (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada)*.
- Prananda, M.H. (2023). *Evaluasi Kinerja Sinyal dan Tidak Bersinyal pada Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023*. DSpace UII.
- Ramadhana, N. (2020). *Rekayasa Koordinasi Simpang pada Simpang Tugu dan Simpang Pingit di Kota Yogyakarta*.
- Reina, A.D., Akbardin, J., dan Ma'soem, D.M. (2023). *Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Tegallega Berdasarkan Pemodelan Simpang Koordinasi*. Berkala FSTPT, 1(3), pp.505-514.
- Susanti, A., Wibisono, R. E., dan Ferdianto, A. (2021). *Studi Perencanaan Simpang Koordinasi Jl. Dr. Soetomo Jl. RA. Kartini Jl. Pandegiling di Kota Surabaya*. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 3(1), 20-27.
- Tara, A.K., Kurniawan, A.M. and Raharjo, N.D. (2024). *Koordinasi Simpang Bersinyal Pada Persimpangan Sambong dengan Persimpangan Mibar Kabupaten Jombang*. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 5(1), pp.309-312.
- Taylor, M. dan Young, W. (1996). *Understanding Traffic System*. Averbury Technical. Sydney.