

ANALISIS KINERJA SIMPANG EMPAT *STAGGERED* KLECO DAN SIMPANG TIGA FAROKA KOTA SURAKARTA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK PTV VISTRO

Faradila Setyo Nugroho, Budi Yulianto, Setiono

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, Jawa Tengah 57126

*Email : budi.yulianto@hotmail.com

Abstract

The increasing population growth every year causes a high need for human movement which encourages emergence of transportation problems in the city of Surakarta, especially at Staggered Kleco Intersection and Faroka Intersection. This is because these two intersections are point of community activities such as trade, education, and AKAP route. Therefore, it is necessary to conduct periodic analysis of traffic performance. This study aims to determine performance of signalized intersections using PTV Vistro modeling with existing condition scenarios and optimization scenarios. Analysis of performance of intersection using degree of saturation and delay parameters. This research begins with collecting data in the form of traffic flow and queue length in the field as well as cycle time data from Surakarta City Transportation Office. Based on data obtained, existing modeling and optimization scenarios were carried out. Optimizing performance of best intersection is obtained in optimization scenario with the V/C Balancing (Split and Cycle Time) method where at Kleco 1 Intersection the delay value is 14.5 sec/pcu (morning) and 14.9 sec/pcu (afternoon); at Kleco 2 Intersection, the delay value is 9.4 sec/pcu (morning) and 9.0 sec/pcu (afternoon); at Faroka Intersection, the delay value is 10.9 sec/pcu (morning) and 37.8 sec/pcu (afternoon).

Keywords : degree of saturation, delay, faroka, intersection, kleco

Abstrak

Pertumbuhan jumlah penduduk yang meningkat setiap tahunnya menyebabkan tingginya kebutuhan akan pergerakan manusia yang mendorong munculnya permasalahan transportasi di Kota Surakarta khususnya pada Simpang Empat *Staggered* Kleco dan Simpang Tiga Faroka. Hal ini disebabkan pada kedua simpang ini menjadi titik kegiatan masyarakat seperti perdagangan, pendidikan, dan jalur AKAP. Oleh karena itu, perlunya diadakan analisis kinerja lalu lintas secara berkala. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal menggunakan permodelan PTV Vistro dengan skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi. Analisis kinerja simpang menggunakan parameter derajat kejenuhan dan tundaan. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data berupa arus lalu lintas dan panjang antrean di lapangan serta data waktu siklus dari Dinas Perhubungan Kota Surakarta. Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan permodelan eksisting dan skenario optimasi. Optimalisasi kinerja simpang terbaik didapatkan dalam skenario optimasi dengan metode *V/C Balancing (Split and Cycle Time)* dimana pada Simpang Kleco 1 mendapatkan nilai tundaan 14,5 det/smp (pagi hari) serta 14,9 det/smp (sore hari); pada Simpang Kleco 2 mendapatkan nilai tundaan 9,4 det/smp (pagi hari) serta 9,0 det/smp (sore hari); pada Simpang Tiga Faroka mendapatkan nilai tundaan 10,9 det/smp (pagi hari) serta 37,8 det/smp (sore hari).

Kata Kunci : derajat kejenuhan, faroka, kleco, Simpang, tundaan

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan suatu kegiatan pergerakan pemindahan barang atau manusia dari satu tempat ke tempat lain guna pemenuhan kebutuhan (Arifin, 2016). Namun, dalam pelaksanaannya terdapat permasalahan transportasi seperti kemacetan dan kecelakaan khususnya di Kota Surakarta. Salah satu unsur guna menganalisis kinerja lalu lintas adalah simpang. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor PM 96 Tahun 2015, simpang didefinisikan sebagai titik konflik lalu lintas akibat pertemuan dua pergerakan atau lebih. Simpang Empat *Staggered* Kleco dan Simpang Tiga Faroka merupakan simpang yang akan diobservasi pada penelitian ini dimana simpang yang dilengkapi dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL).

Simpang Tiga Faroka merupakan titik pertemuan antara Jl. Slamet Riyadi dan Jl. Prof. Dr. Soeharso dimana tepat di depan Pos Polisi Faroka. Sedangkan, Simpang Empat *Staggered* Kleco merupakan pertemuan antara Jl. Slamet Riyadi, Jl. Wuni Tengah, dan Jl. Papagan dimana tepat di depan Pasar Kleco. Pada kondisi kedua simpang ini menjadi titik kegiatan masyarakat yang diantaranya kegiatan perdagangan di Pasar Kleco dan Solo Square,

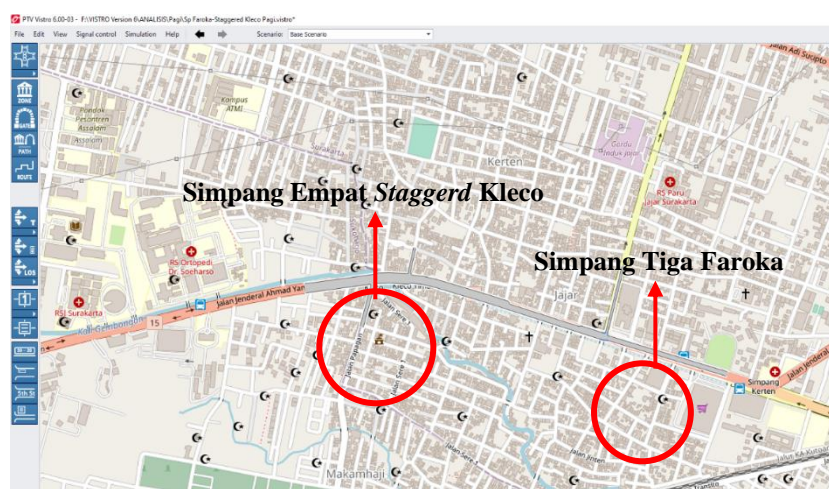
Pendidikan di SMK Batik 1, dan jalur angkutan umum antar kota antar provinsi (AKAP). Oleh karena itu, kedua simpang ini menjadi salah satu titik keramaian lalu lintas tertinggi di Kota Surakarta.

Pada perkembangan teknologi yang cukup pesat, salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal adalah perangkat lunak PTV Vistro. PTV Vistro telah banyak digunakan untuk meneliti masalah lalu lintas (Jadhav dkk., 2016; Samuel dkk., 2021; Matata dkk., 2021). Permodelan simulasi kinerja simpang bersinyal ini memudahkan analisis studi sebelum diterapkannya di lapangan. Pada penelitian ini, dilakukan permodelan eksisting menggunakan perangkat lunak PTV Vistro dan dilakukan optimalisasi kinerja simpang bersinyal. Parameter yang digunakan berupa derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D) sehingga mendapat nilai tingkat pelayanan (LOS) serta panjang antrean yang digunakan dalam proses validasi. (Kriswardhana, 2016)

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Simpang Empat *Staggered* Kleco dan Simpang Tiga Faroka. Penelitian ini diawali dengan pengambilan data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil observasi di lapangan diantaranya arus lalu lintas dan panjang antrean pada jam sibuk pagi hari (06.30-08.30 WIB) dan jam sibuk sore hari (15.30-17.30 WIB). Sedangkan, data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait yakni data waktu siklus dari Dinas Perhubungan Kota Surakarta. Berikut lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

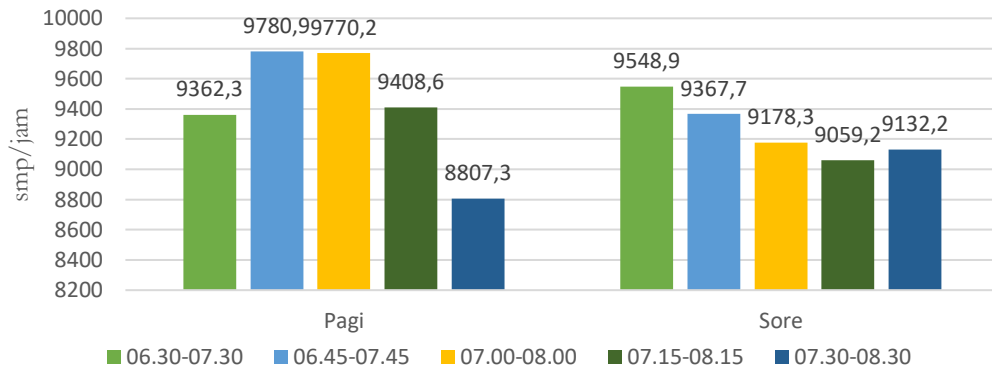
PTV Vistro

Menurut PTV AG (2017), PTV Vistro merupakan sebuah program simulasi yang dikategorikan makroskopis yang dapat melakukan permodelan simpang. Makroskopis sendiri adalah perangkat lunak yang mampu melakukan simulasi jaringan transportasi secara *section-by-section*. PTV Vistro menyediakan berbagai pilihan metode analisis, namun pada penelitian ini dipilih menggunakan metode *Highway Capacity Manual* (HCM) 2010 karena memiliki kesesuaian dengan kondisi di Indonesia, selain itu metode ini telah banyak digunakan di dunia (Wei dan Grenard, 2012; Ozkul dkk., 2013, Elefteriadou dan Dowling, 2015). Metode HCM 2010 menganalisis kinerja simpang berdasarkan tiap lajur dan diperlukan konversi satuan dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang per jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas didapatkan dengan melakukan survei di lapangan. Data yang digunakan untuk analisis kinerja simpang bersinyal adalah data volume lalu lintas pada rentang satu jam. Data arus lalu lintas yang didapatkan di lapangan adalah berupa kendaraan per jam. Oleh karena itu, dilakukan konversi satuan mobil penumpang per jam terlebih dahulu. Gambar 2. merupakan grafik jam puncak arus lalu lintas dalam satuan mobil penumpang per jam.



Gambar 2. Grafik jam puncak arus lalu lintas

Dari hasil grafik pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa jam puncak pagi hari terjadi pada pukul 06.45-07.45 WIB dan jam puncak sore hari terjadi pada pukul 15.30-16.30 WIB. Kedua jam puncak tersebut yang digunakan dalam analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak PTV Vistro.

Analisis Pada PTV Vistro Berdasarkan Kondisi Eksisting

Pada tahapan ini, permodelan dilakukan dengan memasukkan data yang sudah didapatkan baik data primer maupun sekunder. Tujuan dari permodelan ini adalah untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal dengan parameter yang digunakan. Sebelum memasukkan data pada PTV Vistro, perlu diperhatikan pengaturan yang sesuai dengan kondisi di Indonesia. Hal ini dapat dilakukan ketika membuka pada menu *Global Settings*. Pada menu ini, diperlukan penyesuaian pengaturan seperti arah kemudi, satuan, dan metode yang akan digunakan (HCM, 2010). Selanjutnya yaitu memasukkan data-data simpang (menu *Intersection Setup*), data kendaraan pada simpang terkait (menu *Volumes*), pengaturan waktu sinyal (menu *Traffic Control*). Setelah data dimasukkan, hasil analisis kinerja simpang dapat dilihat pada menu *Mitigation*. Pada analisis PTV Vistro, Simpang Empat *Staggered* Kleco dibagi menjadi dua yaitu simpang Kleco 1 (SMK Batik) dan Kleco 2 (Pasar Kleco). Hal ini disebabkan oleh PTV Vistro mampu menganalisis simpang berdasarkan *nodes*. Rekapitulasi hasil analisis PTV Vistro berdasarkan kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisis Berdasarkan Eksisting Pada Simpang Tiga Faroka

Parameter Kinerja Simpang Bersinyal					
Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Tundaan	Panjang Antrean	Tingkat Pelayanan
Pagi 06.45-07.45	Timur	0,8	7,43	35,8	A
	Barat	0,8	17,2	65,8	B
	Simpang	0,8	11,5	-	B
Sore 15.30-16.30	Timur	1,0	47,9	157,9	D
	Barat	0,70	17,3	63,5	B
	Simpang	1,0	37,5	-	D

Tabel 2. Hasil analisis berdasarkan eksisting pada simpang empat *staggered* kleco

Simpang Kleco 1 (SMK Batik)					
Parameter Kinerja Simpang Bersinyal					
Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Tundaan	Panjang Antrean	Tingkat Pelayanan
Pagi 06.45-07.45	Timur	0,4	17,3	55,2	B
	Barat	0,9	37,7	120,2	D
	Selatan	0,8	63,4	89,7	E
	Simpang	0,6	34,4	-	C

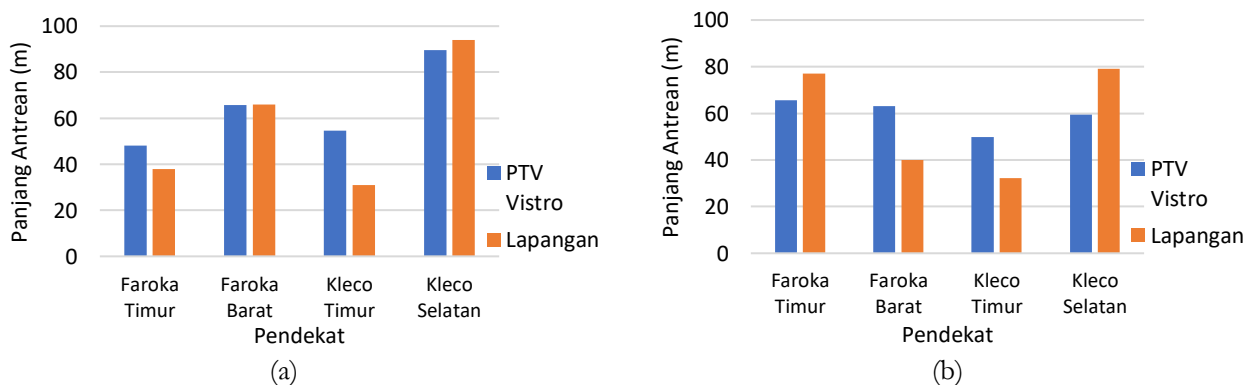
Parameter Kinerja Simpang Bersinyal					
Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Tundaan	Panjang Antrean	Tingkat Pelayanan
Sore 15.30-16.30	Timur	0,3	12,9	50,3	B
	Barat	0,9	69,1	137,9	E
	Selatan	0,6	43,5	59,5	D
	Simpang	0,5	42,5		D

Simpang Kleco 2 (Pasar Kleco) Parameter Kinerja Simpang Bersinyal					
Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Tundaan	Panjang Antrean	Tingkat Pelayanan
Pagi 06.45-07.45	Timur	0,8	32,4	85,9	C
	Barat	0,8	23,8	121,7	C
	Utara	0,3	32,8	21,2	C
	Simpang	0,6	27,0		C
Sore 15.30-16.30	Timur	0,8	31,8	105,2	C
	Barat	0,6	26,3	83,6	C
	Utara	0,2	32,8	83,6	C
	Simpang	0,5	28,9		C

Validasi Permodelan

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak PTV Vistro yang akan digunakan sebagai perbandingan dengan data di lapangan adalah data panjang antrean. Apabila hasil pengujian menunjukkan hasil yang signifikan maka permodelan ditolak sehingga perlu dilakukan permodelan ulang, sedangkan hasil pengujian menunjukkan hasil yang tidak signifikan maka permodelan diterima (Yulianto, 2018).

Pengujian ini akan dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS. Aplikasi ini akan membantu melakukan analisis uji statistik terhadap data panjang antrean yang didapatkan di lapangan dan hasil analisis PTV Vistro. Perbandingan panjang antrean dapat dilihat pada Gambar 3 serta hasil Uji T disajikan dalam Tabel 3.



Gambar 3. Perbandingan panjang antrean pada (a) jam sibuk pagi, (b) jam sibuk sore

Tabel 3. Hasil uji T menggunakan SPSS

No	Parameter	Simpang Tiga Faroka		Simpang Kleco	
		Pagi	Sore	Pagi	Sore
1.	Thitung	0,8	0,3	0,7	0,1
2.	Nilai P (two-tailed)	0,6	0,8	0,6	0,9
3.	Ttabel (two-tailed)	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3, perbedaan antara hasil analisis PTV Vistro dengan data di lapangan menunjukkan hasil tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai P (*two-tailed*) > 0,05 dan nilai $T_{hitung} < T_{tabel}$. Sehingga permodelan eksisting PTV Vistro dapat diterima dan dapat dikatakan valid dengan kondisi di lapangan.

Analisis PTV Vistro Berdasarkan Skenario Optimasi

Optimalisasi kinerja simpang bersinyal pada penelitian ini menggunakan fitur *Local Optimization* yang disediakan pada perangkat lunak PTV Vistro. Terdapat dua metode untuk optimalisasi yaitu *V/C Balancing* dan *Minimize Critical Movement Delay*. Metode *V/C Balancing* berfokus untuk menyetarakan rasio volume dan kapasitas. Sedangkan *Minimize Critical Movement Delay* berfokus untuk meminimalisir tundaan pada pergerakan kritis di simpang. Dengan kedua metode itu terdapat tipe pengaturan optimasi yakni dengan cara merubah *Split* (waktu hijau) dan *Split and Cycle Time* (waktu hijau dan waktu siklus). Oleh karena itu, akan dilakukan sebanyak empat percobaan dalam skenario optimasi ini, diantaranya *V/C Balancing (Split)*, *V/C Balancing (Split and Cycle Time)*, *Minimize Critical Movement Delay (Split)*, dan *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)*. Pada Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil analisis kinerja simpang pada PTV Vistro dalam skenario optimasi.

Tabel 4. Hasil analisis PTV Vistro pada simpang tiga faroka dalam skenario optimasi

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan				Panjang Antrean				Tundaan				Tingkat Pelayanan			
		<i>V/C Balancing</i>		<i>Min. Critical Movement Delay</i>		<i>V/C Balancing</i>		<i>Min. Critical Movement Delay</i>		<i>V/C Balancing</i>		<i>Min. Critical Movement Delay</i>		<i>V/C Balancing</i>	<i>Min. Critical Movement Delay</i>		
		<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split & Cycle Time</i>		
Pagi	Timur	0,8	0,8	0,7	0,8	53,5	42,6	43,9	48,7	8,2	9,0	6,9	7,1	A	A	A	A
	Barat	0,7	0,7	0,8	0,8	60,8	60,8	71,9	73,9	15,0	13,4	20,1	18,8	B	B	C	B
	Simpang	0,8	0,8	0,8	0,8					11,0	10,9	12,4	12,0	B	B	B	B
Sore	Timur	1,0	1,0	1,0	1,0	68,2	72,3	68,2	72,3	48,6	48,7	48,6	48,7	D	D	D	D
	Barat	0,7	0,7	0,7	0,7	58,4	61,5	58,4	61,3	16,2	15,8	16,2	15,8	B	B	B	B
	Simpang	1,0	1,0	1,0	1,0					37,9	37,8	37,9	37,8	D	D	D	D

Tabel 5. Hasil analisis PTV Vistro pada Simpang Empat *Staggered* Kleco dalam Skenario Optimasi

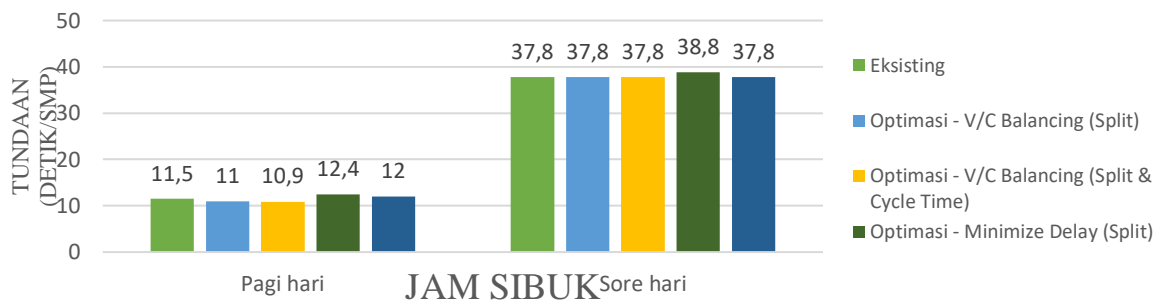
		Kleco 1 (SMK Batik)															
Waktu	Pendekatan	Derajat Kejenuhan				Panjang Antrean				Tundaan				Tingkat Pelayanan			
		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay	
		Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time
		t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
Pagi	Timur	0,5	0,5	0,5	0,6	60,8	44,8	60,8	37,4	21,1	15,6	21,1	17,6	C	B	C	B
	Barat	0,5	0,5	0,6	0,5	69,4	54,3	83,5	44,8	12,0	10,9	17,2	10,4	B	B	B	B
	Selatan	0,5	0,5	0,4	0,5	63,3	50,7	54,5	35,1	30,0	24,9	22,4	19,0	C	C	C	B
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5					17,7	14,5	19,3	14,1	B	B	B	B
Sore	Timur	0,4	0,4	0,5	0,6	51,5	56,1	60,9	36,5	15,3	15,3	20,4	16,4	B	B	C	B
	Barat	0,4	0,4	0,4	0,4	47,5	49,4	59,8	28,1	9,9	10,3	14,2	8,1	A	B	B	A
	Selatan	0,4	0,4	0,3	0,4	43,1	49,1	36,7	23,5	27,6	30,9	21,2	17,4	C	C	C	B
	Simpang	0,4	0,4	0,4	0,4					14,3	14,9	17,7	12,7	B	B	B	B
		Kleco 2 (Pasar Kleco)															
Pagi	Timur	0,3	0,3	0,7	0,5	36,3	38,8	66,5	49,5	6,6	7,1	18,5	14,3	A	A	B	B
	Barat	0,5	0,5	0,7	0,8	65,7	76,3	112,0	78,8	8,5	9,1	22,5	18,0	A	A	C	B
	Utara	0,5	0,4	0,2	0,3	27,7	28,5	17,4	13,7	48,9	47,6	24,3	22,1	D	D	C	C
	Simpang	0,4	0,4	0,4	0,5					8,9	9,4	21,1	16,8	A	A	C	B
Sore	Timur	0,4	0,4	0,6	0,6	51,9	63,2	88,1	52,9	8,1	8,0	20,6	13,9	A	A	C	B
	Barat	0,3	0,3	0,5	0,5	34,9	51,3	63,8	29,2	7,3	7,3	18,3	10,3	A	A	B	B
	Utara	0,4	0,4	0,2	0,4	24,4	36,6	15,9	13,9	42,1	59,8	21,9	23,9	D	E	C	C
	Simpang	0,3	0,3	0,3	0,4					8,6	9,0	19,5	12,3	A	A	B	B

Perbandingan Hasil Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan Skenario Eksisting dan Skenario Optimasi

Menurut Hayati (2016), skenario optimasi bertujuan untuk mendapat kinerja simpang yang lebih baik daripada eksisting. Dapat dilihat dari uraian diatas, masing-masing percobaan optimasi menghasilkan kinerja simpang yang lebih baik daripada kinerja simpang pada kondisi eksisting. Dilihat dari eksisting dengan nilai-nilai parameter yang dihasilkan dapat menunjukkan bahwa di kondisi eksisting baik Simpang Tiga Faroka maupun Simpang Empat *Staggered* Kleco terjadi permasalahan kemacetan lalu lintas. Namun, permasalahan tersebut dapat diminimalisirkan setelah dilakukan skenario optimasi. Perbandingan dengan parameter derajat kejenuhan (DS) dapat dilihat pada Tabel 6 hingga Tabel 8. Sedangkan perbandingan dengan parameter tundaan (D) ditunjukkan pada Gambar 4 hingga Gambar 6.

Tabel 6. Hasil analisis derajat kejenuhan (DS) di simpang Tiga Faroka

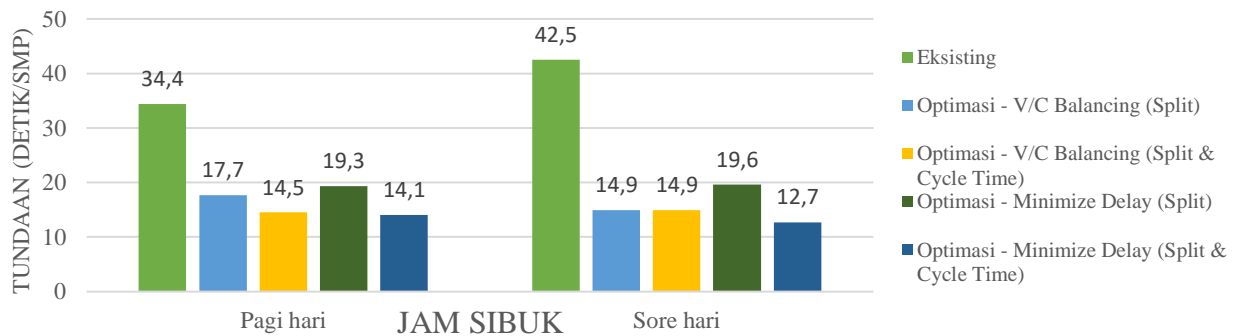
Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan					
		Eksisting	Optimasi				
			V/C Balancing			Minimize Critical Movement Delay	
			Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			
06.45 - 07.45	Timur	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	
	Barat	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	
	Simpang	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
15.30 - 16.30	Timur	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Barat	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	Simpang	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	



Gambar 4. Perbandingan Tundaan (D) Pada Simping tiga Faroka

Tabel 7. Hasil analisis derajat kejenuhan (DS) di simpang Kleco 1 (SMK Batik)

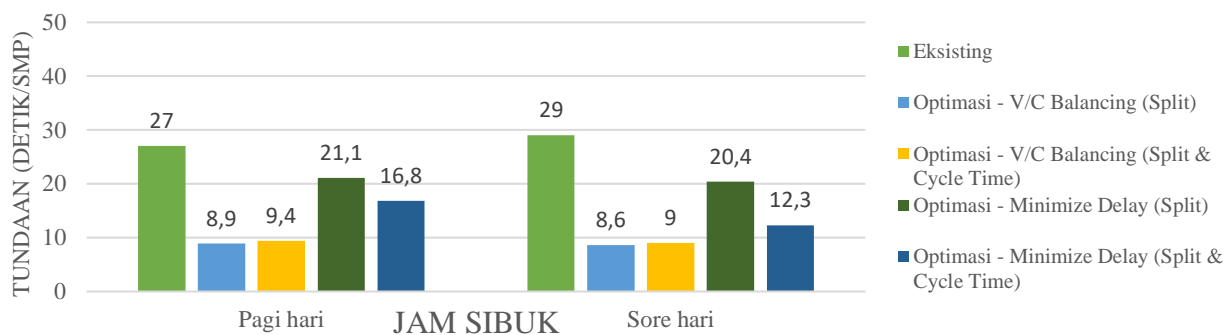
Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan					
		Eksisting	Optimasi				
			V/C Balancing			Minimize Critical Movement Delay	
			Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			
06.45 - 07.45	Timur	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	
	Barat	0,9	0,5	0,5	0,6	0,5	
	Selatan	0,8	0,5	0,5	0,4	0,5	
	Simpang	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	
15.30 - 16.30	Timur	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	
	Barat	0,9	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Selatan	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	
	Simpang	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	



Gambar 5. Perbandingan Tundaan (D) Pada Simping Kleco 1

Tabel 8. Hasil analisis derajat kejenuhan (DS) di simpang Kleco 2 (Pasar Kleco)

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan				
		Eksisting	Optimasi			
			V/C Balancing		Minimize Critical Movement Delay	
			Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
06.45 - 07.45	Timur	0,8	0,3	0,3	0,7	0,5
	Barat	0,8	0,5	0,5	0,7	0,8
	Utara	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3
	Simpang	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5
15.30 - 16.30	Timur	0,8	0,4	0,4	0,6	0,6
	Barat	0,6	0,3	0,3	0,5	0,5
	Utara	0,2	0,4	0,4	0,1	0,4
	Simpang	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4



Gambar 6. Perbandingan tundaan (D) pada simpang Kleco 2

Dengan membandingkan skenario yang dilakukan yaitu skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi yang ditunjukkan pada Tabel 6-8 dan pada Gambar 4-6, didapatkan kinerja simpang bersinyal yang terbaik secara keseluruhan yaitu dengan skenario optimasi dalam opsi *V/C Balancing (Split and Cycle Time)*, dimana percobaan ini guna menyetarakan rasio volume dan kapasitas dengan cara mengefektifkan waktu hijau dan waktu siklus. Pada Simpang Tiga Faroka menghasilkan nilai DS = 0,8 dan D = 10,9 det/smp (pagi hari) serta nilai DS = 1,0 dan D = 37,8 det/smp (sore hari). Pada Simpang Kleco 1 menghasilkan nilai DS = 0,5 dan D = 14,5 det/smp (pagi hari) serta nilai DS = 0,4 dan D = 14,9 det/smp (sore hari). Pada Simpang Kleco 2 menghasilkan nilai DS = 0,4 dan D = 9,4 det/smp (pagi hari) serta nilai DS = 0,3 dan D = 9,0 det/smp (sore hari).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut,

1. Parameter yang digunakan berupa tundaan (*delay*), derajat kejenuhan (DS) yang mana akan mendapatkan tingkat pelayanan (LOS) serta panjang antrean (QL) menjadi pembanding antara permodelan dengan data lapangan.
2. Hasil analisis kinerja simpang bersinyal berdasarkan nilai derajat kejenuhan skenario kondisi eksisting menunjukkan kondisi yang stabil di jam sibuk pagi hari pada Simpang Tiga Faroka dan Simpang Empat *Staggered* Kleco dengan nilai DS < 0,8. Sedangkan di jam sibuk sore hari didapatkan kondisi stabil pada Simpang Empat *Staggered* Kleco, namun kondisi tidak stabil pada Simpang Tiga Faroka karena nilai DS > 0,8.
3. Pada skenario optimasi, tundaan pergerakan kritis pada metode *Minimize Critical Movement Delay* lebih rendah daripada *V/C Balancing* namun tundaan rata-rata simpang akan lebih baik pada metode *V/C Balancing*.
4. Skenario terbaik kinerja simpang bersinyal adalah pada skenario optimasi metode *V/C Balancing* dengan tipe pengaturan optimasi *Split and Cycle Time*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak terkait di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret yang telah membantu, memfasilitasi, dan mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- Anonim., 2015, “Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas”, Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Arifin, Syamsul., 2016, “Optimasi Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas Simpang Pada Jalur Utama Antar Kota Kabupaten Lumajang Menggunakan PTV Vistro” Universitas Jember, Jember.
- Elefteriadou, L. and Dowling, R.G., 2015. Exploring multimodal analysis in the highway capacity manual 2010. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 85(2), p.27.
- Hayati, N. N., Sulistyono, S., Koesoemawati, D. J., & Kuncoro, F. T., 2016, “Simulasi Dampak Lalu Lintas Pengoperasian Jember Sport Garden Menggunakan PTV Vistro”, Proceedings of the 19th International Symposium of FSTPT, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 11-13 Oktober 2016, pp. 1196–1205.
- Jadhav, A., Anchule, D., Bade, S. and Pansare, A., 2016. Optimized Solutions for Resolving Traffic congestion At University Circle. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 7(2), pp.278-289.
- Kriswardhana, W., Hayati Nuring, N., & Dwi N, D., 2016, “Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Central Business District Area Segitiga Emas Kabupaten Jember”, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 11-13 Oktober 2016, pp. 1323-1333
- Matata, F., Mwauzi, A. and Bwire, H., 2021. *Evaluating the Variability of Public Transport Travel Time: A Case Study of Dar es Salaam Paratransit System* (No. TRBAM-21-02959).
- Ozkul, S., Washburn, S.S. and McLeod, D.S., 2013. Revised version of the automobile level-of-service methodology for urban streets in the highway capacity manual 2010. *Transportation Research Record*, 2395(1), pp.66-72.
- PTV AG., 2017, “PTV Vistro User Manual”, PTV Group, Jerman.
- Samuel, L., Shibil, M., Nasser, M., Shabir, N. and Davis, N., 2021, May. Sustainable Planning of Urban Transportation Using PTV VISSIM. In *International Conference on Structural Engineering and Construction Management* (pp. 889-904). Springer, Cham.
- Wei, T. and Grenard, J.L., 2012. Calibration and validation of highway capacity manual 2010 capacity model for single-lane roundabouts. *Transportation research record*, 2286(1), pp.105-110.
- Yulianto, Budi., Geladi, Elsafan Gelar., & Purwanto, Edy, 2018, “Perhitungan Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997 dan Perangkat Lunak PTV Vistro (Studi Kasus Simpang Empat Ngemplak dan Simpang Tiga Gilingan Kota Surakarta)”, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Vol. 6 No. 3.
- Yulianto, Budi dkk., 2018, “Analysis of Signalized Intersection Performance Using IHCM 1997 Method and PTV Vistro Software”, *MATEC Web of Conferences*. Vol. 195. EDP Science