

# ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA PUSAT PERDAGANGAN KOTA SURAKARTA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK PTV VISTRO (STUDI KASUS SIMPANG EMPAT GADING DAN SIMPANG EMPAT BATURONO)

Budi Yulianto<sup>1)\*</sup>, Setiono<sup>2)</sup>, Muhammad Luthfi Jaisyurrahman<sup>3)</sup>

<sup>1),2)</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>3)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp. 0271-634524

Email : [budi\\_yulianto@hotmail.com](mailto:budi_yulianto@hotmail.com)

## Abstract

*Gading and Baturono are intersections with a fairly dense traffic flow. In the performance of the interchange, it requires periodic analysis so that optimization steps are carried out in order to get the best interchange performance results. Gading and Baturono interchanges were analyzed using PTV Vistro software by the 2010 HCM method based on the parameters of degree of saturation (DS), and delay (D). Then validation is carried out with the queue length parameter (m) in order to produce data that matches the actual conditions in the field. The analysis was carried out with two scenarios. Based on the results of the analysis, the single minimize critical delay (Split & Cycle Time) optimization scenario showed the best performance at both intersections. At Gading intersection, the value of DS = 0.5 and D = 49.5 det / smp in the morning and the value of DS = 0.6 and D = 58 sec / smp in the afternoon. Meanwhile, the Baturono Intersection produces the value of DS = 0.5 and D = 33.5 det / smp in the morning and the value of DS = 0.6 and D = 44 det / smp in the afternoon*

**Keywords:** degree of saturation, delay, HCM 2010, PTV Vistro, signalized intersection

## Abstrak

Simpang Gading dan Simpang Baturono merupakan simpang dengan arus lalu lintas yang cukup padat. Dalam kinerja simpang bersinyal memerlukan analisis secara berkala agar dilakukan langkah optimasi guna mendapatkan hasil kinerja simpang yang terbaik. Simpang Gading dan Baturono dianalisis menggunakan perangkat lunak PTV Vistro dengan metode HCM 2010 berdasarkan parameter derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Kemudian dilakukan validasi dengan parameter panjang antrian (m) agar menghasilkan data yang sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Analisis dilakukan dengan dua scenario. Berdasarkan hasil analisis, scenario optimalisasi tunggal *Minimize Critical Delay (Split & Cycle Time)* menunjukkan kinerja yang paling baik pada kedua simpang tersebut. Pada Simpang Empat Gading menghasilkan nilai DS = 0,5 dan D = 49,5 det/smp di pagi hari serta nilai DS = 0,6 dan D = 58 det/smp di sore hari. Sedangkan pada Simpang Empat Baturono menghasilkan nilai DS = 0,5 dan D = 33,5 det/smp di pagi hari serta nilai DS = 0,6 dan D = 44 det/smp di sore hari.

**Kata Kunci:** derajat kejenuhan, HCM 2010, PTV Vistro, simpang bersinyal, tundaan

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbanyak pada saat ini. Kota Surakarta merupakan contoh kota dengan populasi penduduk terpadat di Jawa Tengah. Hal ini berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dengan jumlah penduduk Kota Surakarta mencapai 522.728 jiwa dan dengan luas kota 46,72 km<sup>2</sup> (BPS, 2022). Dengan jumlah penduduk yang kian bertambah setiap tahunnya, tidak heran bahwa masalah transportasi sering dijumpai di kota ini. Pertumbuhan angka kendaraan bermotor di kota ini juga terus meningkat pesat. Kinerja simpang dan tingkat pelayanan lalu lintas yang belum optimal merupakan akar timbulnya permasalahan seperti kemacetan dan kecelakaan lalu lintas (Yulianto, 2019).

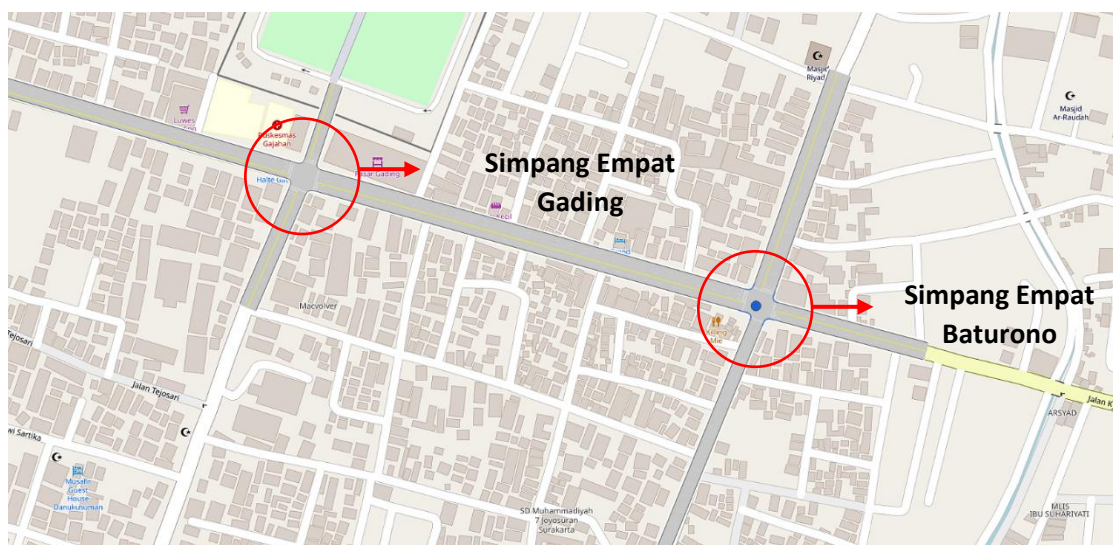
Simpang bersinyal yang akan dilakukan analisis adalah Simpang Empat Gading yang merupakan salah satu titik perdagangan Kota Surakarta dan Simpang Empat Baturono yang merupakan rute menuju pusat kota. Simpang Empat Gading menghubungkan antara jalan Brigjend Sudiarto, jalan Veteran, dan jalan Kyai Mojo merupakan titik rawan kemacetan Kota Surakarta. Sedangkan Simpang Empat Baturono yang menghubungkan jalan Kapten Mulyadi dan jalan Veteran juga menjadi titik dengan arus lalu lintas yang padat. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kendaraan berat yang melintas melalui kawasan tersebut.

Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat membawa suatu dampak terhadap kehidupan manusia. Kemajuan teknologi tidak bisa kita hindari, dikarenakan kemajuan ini didukung juga dengan kemajuan ilmu pengetahuan (Kriswardhana, 2016). Analisis kinerja simpang bersinyal dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PTV Vistro. PTV Vistro merupakan *software* yang dirancang dalam bidang permodelan transportasi (Warchol dkk., 2017). Perangkat ini memiliki kemampuan dalam menganalisis dampak transportasi (Jadhav dkk., 2016; Ullah dkk., 2021; Dobrota dkk., 2022) dan juga dapat digunakan dalam analisis simpang bersinyal (Beak dkk., 2018; Hasanpour dan Persaud, 2022; Samuel dkk. 2022). Dalam analisis simpang bersinyal dilakukan berdasarkan parameter derajat kejenuhan dan tundaan. Dilakukan proses validasi guna mendapat hasil yang cocok dengan kondisi di lapangan (Yulianto, 2018).

## METODE

Penelitian dilakukan pada Simpang Empat Gading dan Simpang Empat Baturono dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer yang dibutuhkan adalah data geometri simpang, data arus lalu lintas, dan data panjang antrian. Pengambilan data dilakukan pada saat jam sibuk di pagi dan sore hari, untuk jam sibuk pagi dimulai pada pukul 06.30-08.30 sedangkan jam sibuk sore dimulai pada pukul 15.30-17.30 WIB. Data diambil dalam interval 15 menit yang kemudian dilakukan penjumlahan dari masing-masing kendaraan di setiap arah pergerakan. Data yang didapat dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam), dilakukan penyesuaian dengan metode HCM 2010 dengan mengalikan data yang didapat dengan nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam) (Barker, 2010). Untuk data sekunder yaitu fase dan waktu sinyal didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Surakarta.

PTV Vistro merupakan program yang digunakan dalam analisis kinerja simpang bersinyal. Pada analisis ini dilakukan dalam dua skenario, yaitu kondisi eksisting dan optimalisasi tunggal. Kedua skenario ini dilakukan guna mendapatkan hasil optimal kinerja simpang yang ditinjau yang dinilai berdasarkan parameter derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Pada analisis ini dilakukan validasi permodelan pada kondisi eksisting dengan menggunakan parameter panjang antrian guna menghasilkan data yang mendekati dengan kondisi di lapangan (Yulianto, 2013). Kedua skenario ini dibuat dengan menggunakan metode HCM 2010 agar menemukan skenario terbaik bagi tiap simpang yang ditinjau. Parameter tundaan akan didapatkan tingkat pelayanan (LOS) dari tiap pendekatan maupun keseluruhan simpang. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi Simpang Empat Gading dan Simpang Empat Baturono

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Jam Puncak Pagi dan Sore

Data arus lalu lintas yang telah dikonversi dikategorikan dalam interval satu jam baik pada Simpang Empat Gading maupun Simpang Empat Baturono. Jumlah arus tiap simpang dijumlah agar mendapatkan interval jam dengan arus tertinggi. Hasil analisis jam puncak simpang bersinyal disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Jam Puncak Pagi dan Sore

SIMPANG		Gading (smp/jam)	Baturono (smp/jam)	Total (smp/jam)	
WAKTU	PAGI (WIB)	06.30 - 07.30	2256,9	2173,8	4430,7
		06.45 - 07.45	2367,7	2326,4	4694,1
		07.00 - 08.00	2464,6	2395,4	4860,0
		07.15 - 08.15	2430,1	2360,4	4790,5
		07.30 - 08.30	2358,3	2272,8	4631,1
	SORE (WIB)	15.30 - 16.30	2843,3	2825,8	5669,1
		15.45 - 16.45	2874,2	2852,4	5726,6
		16.00 - 17.00	2913,7	2837,4	5751,1
		16.15 - 17.15	2890,5	2826,6	5717,1
		16.30 - 17.30	2831,8	2746,7	5578,5

Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa jam puncak pagi terjadi pada pukul 07.00-08.00 WIB, sedangkan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.00-17.00 WIB.

### Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Kondisi Eksisting

Analisis kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting menggunakan data arus lalu lintas dan waktu sinyal yang didapat dari hasil survey di lapangan. Berdasarkan metode HCM 2010, nilai arus jenuh yang ( $S_0$ ) yang digunakan dalam analisis adalah 1900. Dalam metode HCM 2010, data arus lalu lintas yang digunakan adalah satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil analisis kinerja simpang bersinyal dalam kondisi eksisting disajikan dalam Tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Hasil Analisis PTV Vistro Kondisi Eksisting pada Simpang Empat Gading.

Waktu	Pendekat	Parameter Kinerja Simpang Bersinyal			Tingkat Pelayanan (Level of Service)
		DS (Derajat Kejenuhan)	QL (Panjang Antrean) (meter)	D (Tundaan) (det/smp)	
07.00	Utara	0,4	40,1	46,5	D
	Timur	0,4	78,4	80,3	F
	Selatan	0,7	101,7	54,9	D
08.00	Barat	0,6	67,7	47,3	D
	Simpang	0,5	-	57,0	E
16.00	Utara	0,7	74,0	61,0	E
	Timur	0,4	59,3	54,6	D
	Selatan	0,6	74,0	66,7	E
17.00	Barat	0,7	99,6	61,1	E
	Simpang	0,6	-	62,1	E

Tabel 3. Hasil Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Empat Baturono.

	Pendekat	Parameter Kinerja Simpang Bersinyal			Tingkat Pelayanan (Level of Service)
		DS (Derajat Kejenuhan)	QL (Panjang Antrean) (meter)	D (Tundaan) (det/smp)	
07.00	Utara	0,5	85,8	35,4	D
	Timur	0,6	74,6	45,3	D
	Barat	0,2	31,4	35,2	D
08.00	Simpang	0,5	-	38,0	D
16.00	Utara	0,6	99,6	39,5	D
	Timur	0,3	43,9	52,0	D
17.00	Barat	0,2	53,2	46,8	D
	Simpang	0,6	-	43,9	D

### Validasi Permodelan PTV Vistro Kondisi Eksisting

Hasil analisis kondisi eksisting harus melalui proses validasi menggunakan parameter Panjang antrean persentil ke-95 (meter) agar dihasilkan permodelan yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Proses validasi dilakukan dengan Uji T metode *Paired-Samples T Test* menggunakan perangkat lunak SPSS. Berikut Perbandingan Panjang Antrean dan Hasil Uji T disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan Panjang Antrean Permodelan PTV Vistro (Eksisting) dengan Data Lapangan

Simpang	Pendekat	Jam Sibuk Pagi		Jam Sibuk Sore	
		Eksisting	Lapangan	Eksisting	Lapangan
Gading	Barat	67,7	68,7	99,6	60,8
	Selatan	101,7	59,3	74,0	131
Baturono	Utara	85,8	62,2	85,8	62,2
	Barat	31,4	45	31,4	45

Tabel 5. Hasil Uji T Antara Permodelan PTV Vistro (Eksisting) dengan Data Lapangan Menggunakan SPSS

Parameter	Simpang Empat Gading		Simpang Empat Baturono	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore
T <sub>hitung</sub>	0,954	0,189	0,271	0,233
Nilai P	0,515	0,881	0,832	0,854
T <sub>tabel</sub>	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa pada jam sibuk pagi maupun sore didapatkan nilai  $P > 0,05$  dan  $T_{hitung} < T_{tabel}$ . Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisis kondisi eksisting PTV Vistro dengan data lapangan tidak signifikan sehingga permodelan dapat dilanjutkan dalam optimalisasi tunggal maupun optimalisasi terkoordinasi.

### Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal dalam Skenario Tunggal

Optimalisasi kinerja simpang bersinyal dalam skenario tunggal dilakukan untuk mendapatkan waktu hijau dan waktu siklus terbaik masing-masing simpang bersinyal. Pada skenario optimalisasi tunggal terdapat dua opsi, yaitu yaitu *V/C Balancing* dan *Minimize Critical Movement Delay* serta terdapat dua tipe optimasi yang dapat dilakukan, yaitu *Split* dan *Split & Cycle Time*. Hasil analisis kinerja simpang bersinyal dalam skenario tunggal disajikan dalam Tabel 6 dan Tabel 7 berikut.

Tabel 6. Hasil Analisis Skenario Optimalisasi Tunggol pada Simpang Empat Gading.

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)				Panjang Antrean (QL)				Tundaan (D)				Tingkat Pelayanan (LOS)			
		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
07.00	Utara	0,6	0,7	0,5	0,6	49,9	51,0	42,7	38,7	66,4	70,6	50,4	50,4	E	E	D	D
	Barat	0,7	0,7	0,6	0,7	74,2	73,3	71,5	64,1	57,8	58,2	49,6	49,6	E	E	D	D
	Timur	0,3	0,3	0,4	0,4	58,5	56,3	64,4	58,5	43,0	41,3	52,8	52,8	D	D	D	D
08.00	Selatan	0,7	0,7	0,7	0,7	95,3	92,5	98,2	86,7	47,5	46,2	46,8	46,8	D	D	D	D
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	52,2	52,1	49,5	49,5	D	D	D	D
	Utara	0,5	0,5	0,6	0,6	76,7	74,1	83,1	76,7	45,5	44,1	55,6	51,7	D	D	E	D
16.00	Barat	0,8	0,8	0,7	0,7	79,5	74,1	69,7	78,0	80,6	71,4	61,0	62,0	F	E	E	E
	Timur	0,8	0,8	0,7	0,8	100,1	99,6	94,4	90,0	69,2	70,6	61,1	59,6	E	E	E	E
	Selatan	0,4	0,4	0,4	0,4	57,9	59,3	60,7	60,9	54,6	59,6	60,5	66,0	D	E	E	E
	Simpang	0,6	0,6	0,6	0,6	-	-	-	-	60,1	59,4	59,0	58,0	E	E	E	E

Tabel 7. Hasil Analisis Skenario Optimalisasi Tunggol di Simpang Empat Baturono.

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)				Panjang Antrean (QL)				Tundaan (D)				Tingkat Pelayanan (LOS)			
		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
07.00	Utara	0,5	0,5	0,5	0,6	77,8	77,8	85,8	72,5	28,5	28,5	35,5	30,9	C	C	D	C
	Barat	0,3	0,3	0,2	0,3	34,9	34,9	32,6	28,9	43,5	43,5	38,1	36,6	D	D	D	D
	Timur	0,6	0,6	0,6	0,6	74,6	74,6	71,2	62,1	45,3	45,3	40,9	37,1	D	D	D	D
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	35,8	35,8	37,3	33,5	D	D	D	C
16.00	Utara	0,6	0,6	0,6	0,6	99,5	99,5	102,7	91,6	39,5	39,5	42,4	39,2	D	D	D	D
	Barat	0,4	0,4	0,4	0,4	53,2	53,2	53,2	49,8	46,8	46,8	46,8	48,5	D	D	D	D
	Timur	0,3	0,3	0,3	0,3	44,0	44,0	42,3	40,5	52,0	52,0	47,7	51,4	D	D	D	D
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,6	-	-	-	-	43,9	43,9	44,6	44,0	D	D	D	D

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan hasil dari parameter derajat kejenuhan (DS), panjang antrean (QL), tundaan (D), dan tingkat pelayanan (LOS) di tiap pendekat simpang.

### Perbandingan Kinerja pada Kondisi Eksisting dan Optimalisasi Tunggol

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan analisis kinerja simpang bersinyal dalam kondisi eksisting dan optimalisasi skenario tunggal berdasarkan parameter derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Perbandingan hasil analisis dua skenario di Simpang Empat Gading ditunjukkan oleh Tabel 8 dan Gambar 2, sedangkan perbandingan hasil analisis di Simpang Empat Baturono ditunjukkan oleh Tabel 9 dan Gambar 3.

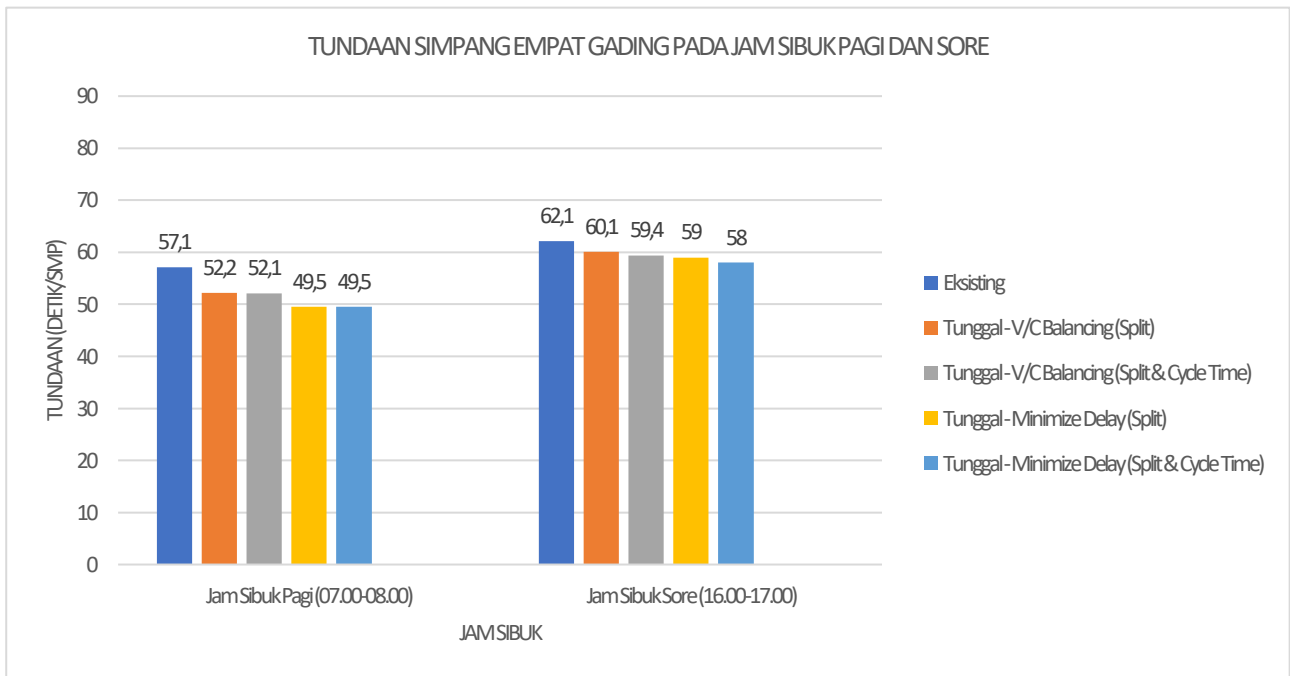
Tabel 8. Hasil Analisis Derajat Kejenuhan (DS) di Simpang Empat Gading

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)			
		Eksisting	Optimasi Tunggol		Min. Critical Movement Delay
			V/C Balancing	Min. Critical Movement Delay	
		Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time
07.00 -	Utara	0,4	0,6	0,7	0,6
08.00	Barat	0,6	0,7	0,7	0,7

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)			
		Eksisting	Optimasi Tunggol		Min. Critical Movement Delay
			V/C Balancing	Min. Critical Movement Delay	
		Split	Split & Cycle Time	Split	Split & Cycle Time
07.00 -	Utara	0,4	0,6	0,7	0,6
08.00	Barat	0,6	0,7	0,7	0,7

			<i>V/C Balancing</i>		<i>Min. Critical Movement Delay</i>	
			<i>Split</i>	<i>Split &amp; Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split &amp; Cycle Time</i>
07.00 - 08.00	Timur	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
	Selatan	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
16.00 - 17.00	Utara	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
	Barat	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
	Timur	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8
	Selatan	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Simpang	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

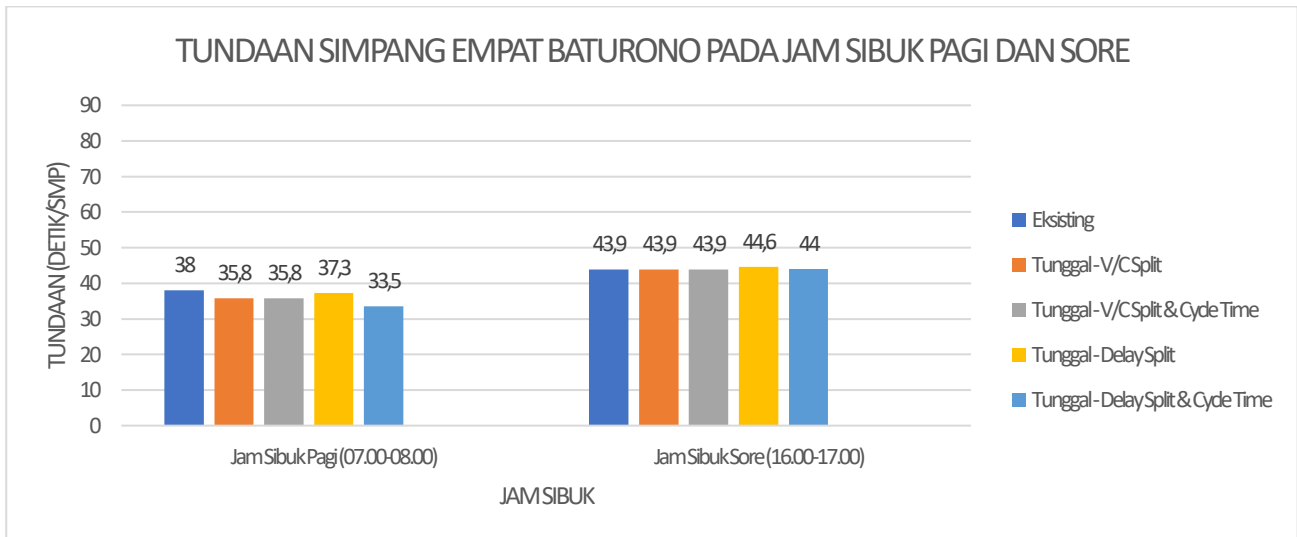


Gambar 2. Grafik Perbandingan Tundaan (D) Simpang Empat Gading pada Jam Sibuk Pagi dan Sore Berdasarkan uraian di atas, didapatkan hasil optimal dengan menggunakan metode *Minimize Critical Movement Delay (Split & Cycle Time)*.

Tabel 9. Hasil Analisis Derajat Kejenuhan (DS) di Simpang Empat Baturono

		Derajat Kejenuhan (DS)				
		Eksisting	Optimasi Tunggal			
Waktu	Pendekat		<i>V/C Balancing</i>		<i>Min. Critical Movement Delay</i>	
			<i>Split</i>	<i>Split &amp; Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split &amp; Cycle Time</i>
07.00 - 08.00	Utara	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
	Barat	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3
	Timur	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
16.00 - 17.00	Utara	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Barat	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Timur	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Simpang	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6





Gambar 3. Grafik Perbandingan Tundaan (D) Simpang Empat Baturono pada Jam Sibuk Pagi dan Sore

Berdasarkan uraian di atas, setiap skenario yang dilakukan pada masing-masing simpang mendapatkan hasil yang berbeda dikarenakan mempertimbangkan dengan kesesuaian dari nilai parameter yang diperoleh. Didapatkan hasil optimal dengan menggunakan metode *Minimize Critical Movement Delay (Split & Cycle Time)*.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada scenario eksisting, Simpang Empat Gading dan Simpang Empat Baturono di jam sibuk pagi menghasilkan nilai derajat kejenuhan sebesar 0,5. Sedangkan nilai tundaan pada Simpang Empat Gading sebesar 57,1 det/smp dan Simpang Empat Baturono sebesar 38,0 det/smp di jam sibuk pagi. Dalam kondisi jam sibuk sore, Simpang Empat Gading dan Baturono menghasilkan nilai derajat kejenuhan yang sama yaitu sebesar 0,6. Untuk nilai tundaan di Simpang Empat Gading yaitu sebesar 62,1 det/smp dan pada Simpang Empat Baturono sebesar 43,9 det/smp.
2. Pada scenario optimalisasi tunggal terdapat dua metode optimasi yaitu *V/C Balancing* dan *Minimize Critical Movement Delay* dan terdapat 2 pengefektifan yaitu *Split* dan *Split & Cycle Time*. Hasil terbaik didapatkan dengan metode dan *Minimize Critical Movement Delay* dengan optimasi *Split & Cycle Time* yang mana Simpang Empat Gading menghasilkan nilai DS = 0,5 dan D = 49,5 det/smp di pagi hari serta nilai DS = 0,6 dan D = 58 det/smp di sore hari. Sedangkan pada Simpang Empat Baturono menghasilkan nilai DS = 0,5 dan D = 33,5 det/smp di pagi hari serta nilai DS = 0,6 dan D = 44 det/smp di sore hari.
3. Berdasarkan hasil penelitian di atas, scenario optimalisasi tunggal bertujuan untuk mendapatkan hasil dari kinerja simpang yang optimal dari kondisi eksisting. Dapat dilihat dari hasil percobaan scenario optimasi tunggal dalam kasus di Simpang Empat Gading dan Simpang Empat Baturono bahwa kinerja kedua simpang mendapatkan hasil yang optimal setelah dilakukan optimasi.

## REFERENSI

- Badan Pusat Statistik, 2022, *Surakarta Dalam Angka 2022*. Surakarta.
- Barker, J. B., Allen D.Biehler, & Larry L.Brown, S., 2010, *HCM 2010 Highway Capacity Manual*. In Transportation Research Board of The National Academies (Vol. 1).
- Beak, B., Head, K.L. and Khosravi, S., 2018, Quantitative analysis of smooth progression in traffic signal systems. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 144(3), p.04017082.
- Dobrota, N., Stevanovic, A. and Mitrovic, N., 2022, Modifying signal retiming procedures and policies by utilizing high-fidelity modeling with medium-resolution traffic data. *Transportation research record*, 2676(3), pp.660-684.
- Hasanpour, M. and Persaud, B., 2022, Using microsimulation to investigate the optimal deployment of leading pedestrian intervals at signalized intersections. *Traffic Safety Research*, 3, pp.000022-000022.
- 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*. FS IPT Jurnal, October, 0–11.
- Samuel, L., Shibil, M., Nasser, M., Shabir, N. and Davis, N., 2022, Sustainable Planning of Urban Transportation Using PTV VISSIM. In *Proceedings of SECON'21: Structural Engineering and Construction Management* (pp. 889-904). Springer International Publishing.
- Ullah, M.R., Khattak, K.S., Khan, Z.H., Khan, M.A., Minallah, N. and Khan, A.N., 2021, Vehicular traffic simulation software: A systematic comparative analysis. *Pakistan Journal of Engineering and Technology*, 4(1), pp.66-78.
- Warchol, S., Chase, T., & Cunningham, C., 2017, Use of Microsimulation to Evaluate Signal-Phasing Schemes at Diverging Diamond Interchanges. *Transportation Research Record*, 2620, pp. 10 - 19. <https://doi.org/10.3141/2620-02>.
- Yulianto, Budi., Geladi, Elsafan Gelar., & Purwanto, Edy., 2018, *Perhitungan Kinerja Simbang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997 dan Perangkat Lunak PTV Vistro (Studi Kasus Simbang Empat Ngemplak dan Simbang Tiga Gilingan Kota Surakarta)*. Surakarta: E-Jurnal Matriks Teknik Sipil.
- Yulianto, Budi dkk., 2018, *Analysis of signalized intersection performance using IHCM 1997 method and PTV Vistro software*. MATEC Web of Conferences, 195.
- Yulianto, Budi., & Setiono., 2013, *Kalibrasi dan Validasi Mixed Traffic VISSIM Model*. Media Teknik Sipil.
- Yulianto, Budi., & Setiono., 2019, *Analysis of One-Way System Implementation with Contra-Flow Bus Lane in Supporting Sustainable Transportation Program*. Journal of Physics: Conference Series.