

# ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA SIMPANG EMPAT TUGU WISNU DAN SIMPANG EMPAT GIRIMULYO KOTA SURAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK PTV VISTRO

Afief Burhany Thahir, Budi Yulianto, Setiono

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

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

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

## Abstract

Ahmad Yani Street is one of the roads in Surakarta City which has a relatively dense flow of vehicle traffic volume with high traffic generation and attraction. One of the congestion points at Ahmad Yani Street are Tugu Wisnu Intersection and Girimulyo Intersection. To solve that problems, it is necessary to analyze the performance of signalized intersections at the Tugu Wisnu Intersection and Girimulyo Intersection. This study aims to analyze the performance of signalized intersections at the Tugu Wisnu Intersection and Girimulyo Intersection based on PTV Vistro software using the HCM 2010 method, as well as modeling and comparison with existing scenarios and optimization scenarios based on delay and degree of saturation parameters. Results of the analysis consider that the best value is the optimization scenario with Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time) function at Tugu Wisnu Intersection with a value of the degree of saturation (DS) are 0,7 (morning) and 0,8 (afternoon) and the delay value (D) is 48,7 seconds/pcu (morning) and 40,8 seconds/pcu (afternoon) while at Girimulyo Intersection results of the degree of saturation (DS) are 0,5 (morning) and 0,5 (afternoon) and the delay value (D) is 30,1 sec/pcu (morning) and 28,5 sec/pcu (afternoon).

**Keywords:** delay, degree of saturation, Girimulyo, intersection, PTV Vistro, Tugu Wisnu

## Abstrak

Ruas Jalan Ahmad Yani merupakan salah satu jalan di Kota Surakarta yang memiliki arus volume lalu lintas kendaraan yang relatif padat dengan bangkitan dan tarikan arus lalu lintas yang tinggi. Salah satu titik kemacetan pada ruas Jalan Ahmad Yani adalah Simpang Empat Tugu Wisnu serta Simpang Empat Girimulyo. Dalam mengatasi masalah tersebut, diperlukan analisis kinerja simpang bersinyal pada Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo. Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan analisis kinerja simpang bersinyal Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo berdasarkan perangkat lunak PTV Vistro dengan metode HCM 2010, serta melakukan pemodelan dan perbandingan dengan skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi berdasarkan parameter tundaan (*delay*) dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai terbaik berdasarkan skenario optimasi dengan metode *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* pada Simpang Empat Tugu Wisnu mendapatkan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,7 (pagi) dan 0,8 (sore) serta nilai tundaan (D) sebesar 48,7 detik/smp (pagi hari) dan 40,8 detik/smp (sore) sedangkan pada Simpang Empat Girimulyo mendapatkan hasil nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,5 (pagi) dan 0,5 (sore) serta nilai tundaan (D) sebesar 30,1 det/smp (pagi) dan 28,5 detik/smp (sore).

**Kata Kunci :** derajat kejenuhan, Girimulyo, PTV Vistro, simpang, Tugu Wisnu, tundaan

## PENDAHULUAN

Dalam perkembangan transportasi manusia, permasalahan yang dihadapi semakin kompleks. Salah satu dari permasalahan tersebut adalah kemacetan. Pada umumnya, permasalahan yang sering dijumpai untuk melakukan kegiatan transportasi terletak pada persimpangan jalan di kota-kota besar. Kota Surakarta merupakan salah satu kota budaya jumlah penduduk sebesar 522.728 jiwa (Statistik, 2022). Kota Surakarta memiliki perkembangan jalur industri dan perdagangan yang sangat strategis. Hal tersebut menjadikan Kota Surakarta menjadi salah satu kota dengan arus lalu lintas yang sangat sibuk.

Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo merupakan simpang bersinyal yang dilewat ruas Jalan Ahmad Yani dengan arus lalu lintas yang cukup tinggi. Simpang Empat Tugu Wisnu merupakan titik pertemuan antara ruas Jalan Ahmad Yani dengan ruas Jalan Adi Sucipto sedangkan Simpang Empat Girimulyo merupakan titik pertemuan antara ruas Jalan Ahmad Yani dengan ruas Jalan Letjend Suprpto yang berada pada kawasan pusat kegiatan, perdagangan, dan sekolah terutama pada kawasan Stadion Manahan dan Colomadu. Dalam rangka mengatasi masalah arus lalu lintas pada kawasan tersebut diperlukan adanya analisis kinerja simpang bersinyal pada Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo.

Salah satu metode yang digunakan dalam melakukan analisis kinerja simpang bersinyal adalah dengan menggunakan perangkat lunak PTV Vistro. PTV Vistro merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal yang dikembangkan oleh perusahaan transportasi asal Jerman, yaitu PTV Group. PTV Vistro menggunakan pendekatan berupa metode HCM (*Highway Capacity Manual*) 2010, dan dipilih karena memiliki fitur lengkap dan menghasilkan analisis yang representatif dengan keadaan lalu lintas di Indonesia (Geladi, 2018). Kinerja simpang bersinyal pada Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo dengan perangkat lunak PTV Vistro akan dianalisis dengan dua skenario, yaitu skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi berdasarkan parameter tundaan (*delay*) dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Setelah didapatkan hasil analisis maka akan dilakukan perbandingan hasil analisis berdasarkan skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi untuk mendapatkan kinerja simpang bersinyal dengan hasil terbaik berdasarkan parameter derajat kejenuhan (*delay*) dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

### Simpang Bersinyal

Persimpangan merupakan pertemuan antara dua ruas jalan atau lebih, baik sebidang maupun tidak sebidang, atau titik jaringan jalan dimana ruas jalan saling bertemu dan lintasan jalan saling berpotongan (Morlok, 1991). Simpang bersinyal merupakan suatu simpang yang kaki pendekat simpang diatur dengan lampu lalu lintas sebagai alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL). Tujuan dari pemberian APILL ini adalah untuk menghindari kemacetan, tundaan, serta kecelakaan pada simpang dengan arus lalu lintas yang tinggi terutama pada kondisi jam puncak.

### PTV Vistro

PTV Vistro merupakan salah satu perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan analisis kinerja simpang pada suatu ruas dan atau jaringan jalan. Perangkat lunak ini telah banyak digunakan di dunia untuk menganalisis masalah lalu lintas (Jadhav dkk., 2016; Samuel dkk., 2021; Matata dkk, 2021). PTV Vistro menggunakan metode HCM (*Highway Capacity Manual*) 2010 berdasarkan langkah-langkah metode analisis pada *Chapter* 18 dan 31 HCM 2010 (AG, 2017). Metode HCM 2010 dipilih karena memiliki kesesuaian metode analisis berdasarkan kondisi lalu lintas di Indonesia, dan telah dibuktikan performanya oleh beberapa peneliti (Wei dan Grenard, 2012; Ozkul dkk., 2013, Elefteriadou dan Dowling, 2015). Analisis kinerja simpang bersinyal pada PTV Vistro memerlukan masukan data berupa volume lalu lintas, data geometrik simpang, serta pengaturan waktu sinyal. Data volume lalu lintas nantinya akan dikonversi dari satuan kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang per jam.

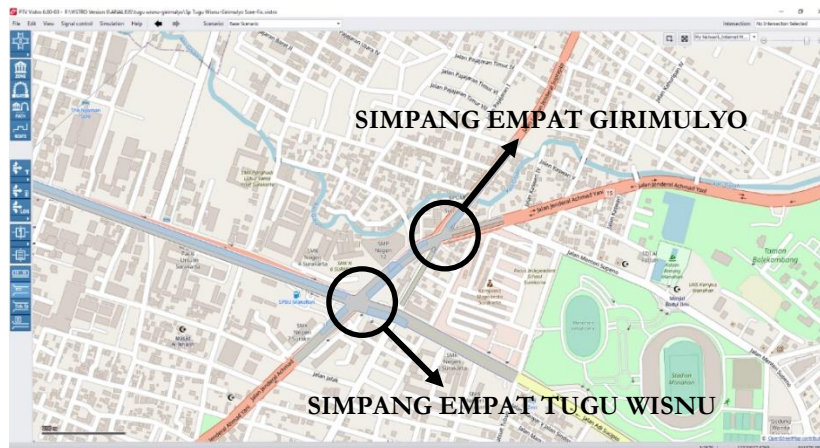
### Uji T dengan SPSS

T-Test atau Uji "T" merupakan uji statistik yang berfungsi untuk melakukan uji kebenaran hipotesis nihil dalam menyatakan dua buah *sample* tidak terdapat perbedaan yang signifikan (Sudijono, 2010). Berdasarkan jenis hubungan antar populasinya, T-Test dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu *Dependent Sample T-Test (Paired Sample T-Test)* dan *Independent Sample T-Test*. Dalam melakukan analisis uji t dapat menggunakan perangkat lunak, salah satunya adalah perangkat lunak SPSS. SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) merupakan suatu perangkat lunak yang berfungsi dalam melakukan analisis statistik dari tingkat menengah sampai tingkat tinggi. SPSS dapat melakukan analisis uji statistik terhadap data survei lalu lintas dengan data masukan berupa panjang antrian dari hasil komparasi antara data lapangan dengan kondisi eksisting PTV Vistro dengan metode *Paired Sample T-Test*.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan tinjauan pada Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo. Waktu penelitian dilakukan pada jam puncak pagi hari dan sore hari, dimana pada pukul 06.30-08.30 WIB untuk jam sibuk pagi serta pada pukul 15.30-17.30 WIB untuk jam sibuk sore.



Gambar 1. Lokasi penelitian

### Metode Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data dibagi menjadi dua, yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Kegiatan pengumpulan data primer antara lain:

- a. Geometrik simpang
- b. Volume lalu lintas interval waktu 15 menit
- c. Panjang Antrean

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari instansi Dinas Perhubungan Kota Surakarta yang berkaitan dengan analisis kinerja simpang bersinyal di Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo. Data sekunder yang didapatkan antara lain:

- a. *Traffic behavior* dari rekaman CCTV Dinas Perhubungan Kota Surakarta
- b. Waktu sinyal APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas)
- c. Sistem transportasi Kota Surakarta

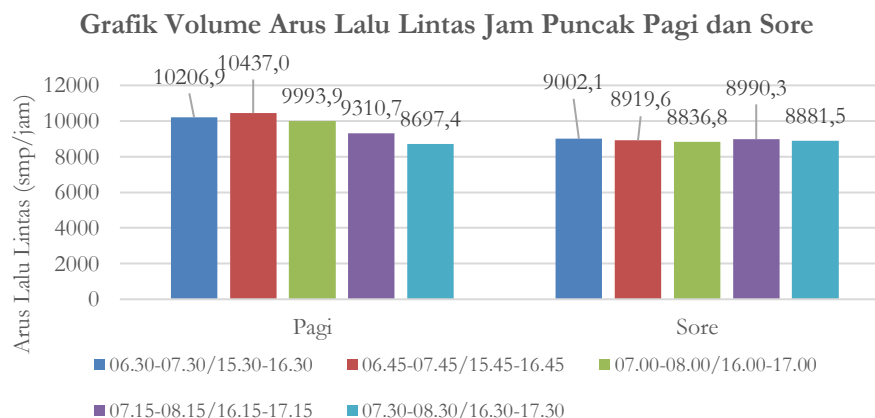
### Analisis Data dengan Perangkat Lunak PTV Vistro

Analisis kinerja simpang bersinyal dilakukan dengan perangkat lunak PTV Vistro berdasarkan metode HCM 2010 berdasarkan skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi. Hasil analisis akan dilakukan perbandingan untuk mendapatkan hasil terbaik berdasarkan parameter tundaan (*delay*) dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas digunakan dalam masukan data analisis kinerja simpang bersinyal dengan perangkat lunak PTV Vistro dengan interval satu jam. Data volume arus lalu lintas diperoleh melalui survei lapangan.



Gambar 2. Grafik jam puncak arus lalu lintas

Berdasarkan grafik volume arus lalu lintas pada Gambar 2, jam puncak pagi terjadi pada interval satu jam pukul 06.45-07.45 WIB dan pada jam puncak sore terjadi pada interval satu jam pukul 15.30-16.30 WIB. Kedua interval jam puncak tersebut akan digunakan dalam masukan data analisis kinerja simpang bersinyal berdasarkan perangkat lunak PTV Vistro.

### Analisis Pada PTV Vistro Berdasarkan Kondisi Eksisting

Analisis kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting dilakukan dengan memasukkan data primer dan data sekunder. Tahap awal yang dilakukan sebelum memasukkan data adalah melakukan pengaturan jendela menu *Global Settings* berdasarkan kondisi di Indonesia, seperti arah mengemudi, metode yang digunakan, dan satuan metrik. Tahap selanjutnya adalah dengan memasukkan data geometrik simpang (menu *Intersection Setup*), data volume arus lalu lintas (menu *Volumes*), dan data pengaturan waktu sinyal (menu *Traffic Control*). Selanjutnya hasil analisis kinerja simpang dapat diketahui dengan opsi menu *Mitigation*. Dari hasil analisis pada kondisi eksisting dengan perangkat lunak PTV Vistro didapatkan luaran hasil berupa parameter derajat kejenuhan (DS), tundaan (D), panjang antrean (QL), dan tingkat pelayanan (LOS) yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil analisis kondisi eksisting PTV Vistro pada simpang Empat Tugu Wisnu

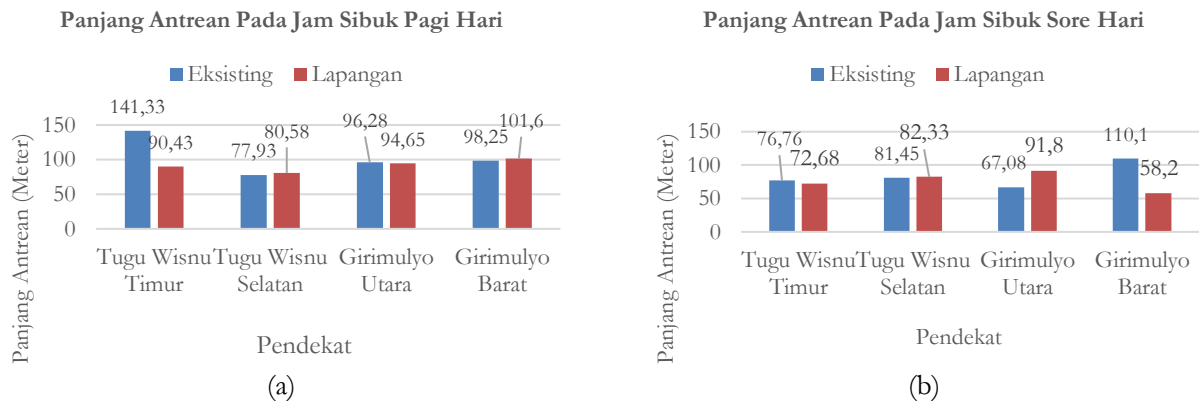
Waktu	Pendekat	Parameter Kinerja Simpang Bersinyal			
		Tundaan (D)	Derajat Kejenuhan (DS)	Panjang Antrean (QL)	Tingkat Pelayanan (LOS)
06.45-07.45 WIB	Utara	50,5	0,7	103,5	D
	Timur	310,5	1,1	142,0	F
	Selatan	41,3	0,6	77,9	D
	Barat	129,5	0,9	170,2	F
	Simpang	130,1	0,8	-	F
15.30-16.30 WIB	Utara	38,4	0,6	104,2	D
	Timur	46,9	0,6	76,8	D
	Selatan	52,3	0,6	81,5	D
	Barat	97,9	0,9	118,3	F
	Simpang	59,0	0,9	-	E

Tabel 2. Hasil analisis kondisi eksisting PTV Vistro pada simpang Empat Girimulyo

Waktu	Pendekat	Parameter Kinerja Simpang Bersinyal			
		Tundaan (D)	Derajat Kejenuhan (DS)	Panjang Antrean (QL)	Tingkat Pelayanan (LOS)
06.45-07.45 WIB	Utara	40,5	0,7	96,3	D
	Timur	31,8	0,7	109,5	C
	Selatan	43,4	0,1	7,7	D
	Barat	102,9	0,9	133,8	F
	Simpang	59,3	0,6	-	E
15.30-16.30 WIB	Utara	44,6	0,6	67,1	D
	Timur	39,0	0,8	128,9	D
	Selatan	35,6	0,1	10,6	D
	Barat	67,2	0,9	110,1	E
	Simpang	50,0	0,6	-	D

### Validasi Permodelan

Parameter kinerja simpang bersinyal dalam melakukan validasi adalah panjang antrean, dimana akan dibandingkan antara hasil data survei lapangan dengan hasil analisis skenario kondisi eksisting PTV Vistro. Perbandingan hasil panjang antrean kondisi eksisting dengan data lapangan dapat dilihat pada Gambar 3. Perbandingan analisis panjang antrean adalah dengan bentuk persentil ke-95, dimana selanjutnya akan dilakukan uji validitas atau uji t dengan perangkat lunak SPSS dengan metode *Paired Sample T-Test*. Apabila hasil analisis uji t perangkat lunak SPSS menunjukkan perbedaan signifikan, maka permodelan akan ditolak. Sedangkan apabila hasil analisis uji t perangkat lunak SPSS menunjukkan perbedaan tidak signifikan, maka permodelan akan diterima (lihat Tabel 3).



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

Tabel 3. Hasil uji T perangkat lunak SPSS kondisi eksisting PTV Vistro dengan data lapangan

Parameter	Simpang Empat Tugu Wisnu		Simpang Empat Girimulyo	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore
$T_{hitung}$	0,9	0,7	-0,4	0,4
Nilai P ( <i>two-tailed</i> )	0,5	0,6	0,8	0,8
$T_{tabel}$ ( <i>two-tailed</i> )	1	1	1	1

Dari hasil analisis pada Gambar 3 didapatkan perbandingan panjang antrean pada kondisi eksisting PTV Vistro dengan data lapangan. Kemudian dilaksanakan uji validitas berupa uji t pada perangkat lunak SPSS. Berdasarkan hasil uji t pada Tabel 3 didapatkan kesimpulan hipotesis bahwa perbandingan hasil analisis panjang antrean kondisi eksisting PTV Vistro dengan data survei lapangan memiliki hasil tidak signifikan dengan hasil nilai P (*two-tailed*) > 0,05 dan  $T_{hitung} < T_{tabel}$  (*two-tailed*) baik pada kondisi jam puncak pagi maupun sore hari. Dapat disimpulkan bahwa pemodelan kondisi eksisting PTV Vistro memiliki hasil yang dapat diterima dan valid dengan data survei lapangan.

### Analisis PTV Vistro Berdasarkan Skenario Optimasi

Analisis kinerja simpang bersinyal berdasarkan skenario optimasi dilakukan dengan menggunakan jendela menu *Local Optimization* pada perangkat lunak PTV Vistro. Pada menu *Local Optimization*, terdapat dua metode fungsi objektif yaitu *V/C Balancing* dan *Minimize Critical Movement Delay*. Metode *V/C Balancing* memiliki fungsi dalam menyeimbangkan rasio volume dan kapasitas sedangkan metode *Minimize Critical Movement Delay* memiliki fungsi untuk mengurangi tundaan kritis pada simpang. Selain itu, terdapat dua tipe pengaturan optimasi yaitu dengan mengefektifkan waktu hijau dan waktu siklus (*Split and Cycle Time*) dan mengefektifkan waktu hijau saja (*Split*). Sehingga optimasi PTV Vistro memiliki empat percobaan, yaitu *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)*.

Tabel 4. Hasil analisis kkenario optimasi PTV Vistro pada simpang Empat Tugu Wisnu

Waktu	Pendekat	DS				QL				D				LOS			
		V/C Balancing		Minimize Delay		V/C Balancing		Minimize Delay		V/C Balancing		Minimize Delay		V/C Balancing		Minimize 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
06.45	Utara	1,0	1,0	1,0	0,9	168,9	168,0	168,9	105,2	135,6	128,2	135,6	66,4	F	F	F	E
	Timur	0,4	0,4	0,4	0,6	51,5	54,7	51,5	50,4	22,7	23,8	22,7	29,6	C	C	C	C
07.45	Selatan	1,0	0,9	1,0	0,9	132,2	125,4	132,1	93,3	120,2	103,7	120,2	73,4	F	F	F	E
	Barat	0,6	0,6	0,6	0,7	101,1	106,3	101,1	85,2	37,7	38,7	37,7	33,9	D	D	D	C
15.30	Sim-pang	0,8	0,8	0,8	0,7	-	-	-	-	74,7	70,3	74,7	48,7	E	E	E	D
	Utara	0,7	0,7	0,8	0,9	116,9	114,9	128,8	96,0	49,5	48,9	61,6	52,1	D	D	E	D
17.30	Timur	0,5	0,5	0,4	0,5	65,7	65,1	63,0	45,5	33,8	33,9	31,0	25,4	C	C	C	C
	Selatan	0,7	0,7	0,7	0,8	87,0	84,1	84,8	67,6	60,2	57,2	57,1	52,3	E	E	E	D
WIB	Barat	0,6	0,6	0,6	0,7	79,4	79,2	75,2	56,5	42,3	42,9	37,7	32,9	D	D	D	C
	Sim-pang	0,7	0,7	0,7	0,8	-	-	-	-	46,0	45,4	47,2	40,8	D	D	D	D

Tabel 5. Hasil analisis skenario optimasi PTV Vistro pada simpang Empat Girimulyo

Waktu	Pendekat	DS				QL				D				LOS			
		V/C Balancing		Minimize Delay		V/C Balancing		Minimize Delay		V/C Balancing		Minimize Delay		V/C Balancing		Minimize 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
06.45 – 07.45 WIB	Utara	0,7	0,7	0,7	0,7	94,4	100,3	98,4	77,5	43,6	46,5	47,7	39,3	D	D	D	D
	Timur	0,6	0,6	0,7	0,7	91,4	93,9	97,0	80,7	22,2	21,9	26,9	25,2	C	C	C	C
	Selatan	0,3	0,3	0,2	0,2	10,5	11,4	9,4	6,9	61,1	66,9	54,2	39,9	E	E	D	D
	Barat	0,6	0,7	0,4	0,5	91,0	96,4	70,1	59,5	45,4	48,1	25,8	25,0	D	D	C	C
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	37,2	39,0	33,9	30,1	D	D	C	C
15.30 – 17.30 WIB	Utara	0,7	0,6	0,5	0,7	69,5	78,9	61,9	60,7	48,0	52,4	37,8	42,5	D	D	D	D
	Timur	0,7	0,6	0,8	0,8	87,3	96,4	114,5	89,9	17,9	18,0	31,9	23,6	B	B	C	C
	Selatan	0,4	0,5	0,3	0,4	15,6	20,3	13,4	12,4	58,4	78,9	48,0	45,4	E	E	D	D
	Barat	0,6	0,7	0,6	0,5	84,3	99,7	79,1	62,7	37,7	45,1	32,9	23,8	D	D	C	C
	Simpang	0,6	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	32,5	36,4	33,9	28,5	C	D	C	C

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5 didapatkan hasil bahwa parameter kinerja simpang terbaik berdasarkan optimasi tunggal adalah pada metode *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* berdasarkan nilai derajat kejenuhan dan tundaan. Pada Simpang Empat Tugu Wisnu dihasilkan parameter derajat kejenuhan (DS) 0,7 (pagi) dan 0,8 (sore) dan tundaan (D) sebesar 48,7 det/smp (pagi) dan 40,8 det/smp (sore) sedangkan pada Simpang Empat Girimulyo dihasilkan parameter derajat kejenuhan (DS) 0,5 (pagi) dan 0,5 (sore) serta tundaan (D) sebesar 30,1 det/smp (pagi) dan 28,5 det/smp (sore).

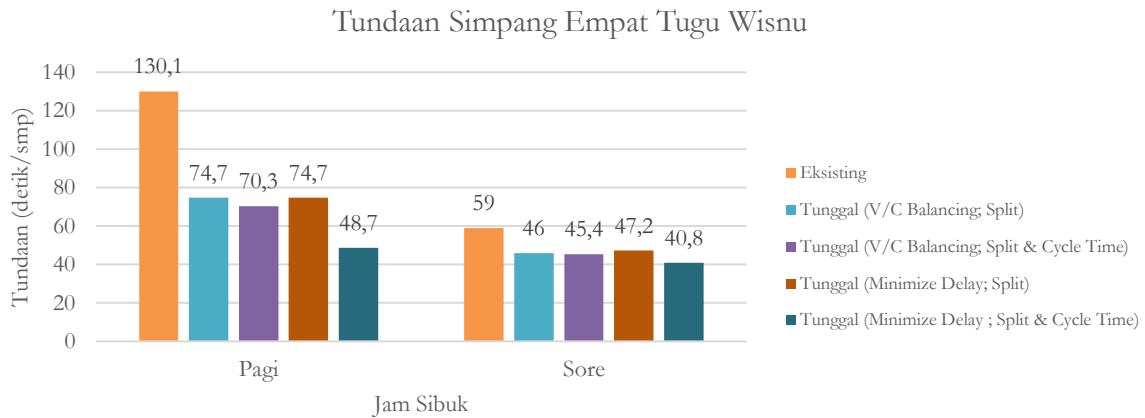
### Perbandingan Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan Skenario Kondisi Eksisting dan Skenario Optimasi PTV Vistro

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal berdasarkan skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi perangkat lunak PTV Vistro akan dibandingkan dengan parameter derajat kejenuhan dan tundaan. Perbandingan hasil analisis skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi PTV Vistro ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7 serta Gambar 4 dan Gambar 5. Pada umumnya, hasil analisis perangkat lunak PTV Vistro menunjukkan hasil optimasi yang lebih baik bila dibandingkan kondisi eksisting.

Tabel 6. Perbandingan hasil derajat kejenuhan di simpang Empat Tugu Wisnu

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 WIB	Utara	0,7	1,0	1,0	1,0	0,9
	Timur	1,1	0,4	0,4	0,4	0,6
	Selatan	0,6	1,0	0,9	0,9	0,9
	Barat	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7
	Simpang	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
15.30-16.30 WIB	Utara	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
	Timur	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5
	Selatan	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8
	Barat	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7
	Simpang	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8

Berdasarkan Tabel 6, didapatkan hasil bahwa pada skenario optimasi memiliki nilai derajat kejenuhan yang lebih baik daripada pada skenario kondisi eksisting. Pada Simpang Empat Tugu Wisnu memiliki nilai derajat kejenuhan terbaik yakni sebesar 0,7. Pada setiap lengan simpang, nilai derajat kejenuhan akan menurun secara signifikan pada pendekat barat dan pendekat timur Simpang Empat Tugu Wisnu, sementara pada pendekat utara dan pendekat timur nilai derajat kejenuhan akan sedikit naik. Sementara pada keseluruhan hasil derajat kejenuhan pada Simpang Empat Tugu Wisnu pada skenario optimasi menunjukkan hasil berada dalam kondisi stabil dengan nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,8.



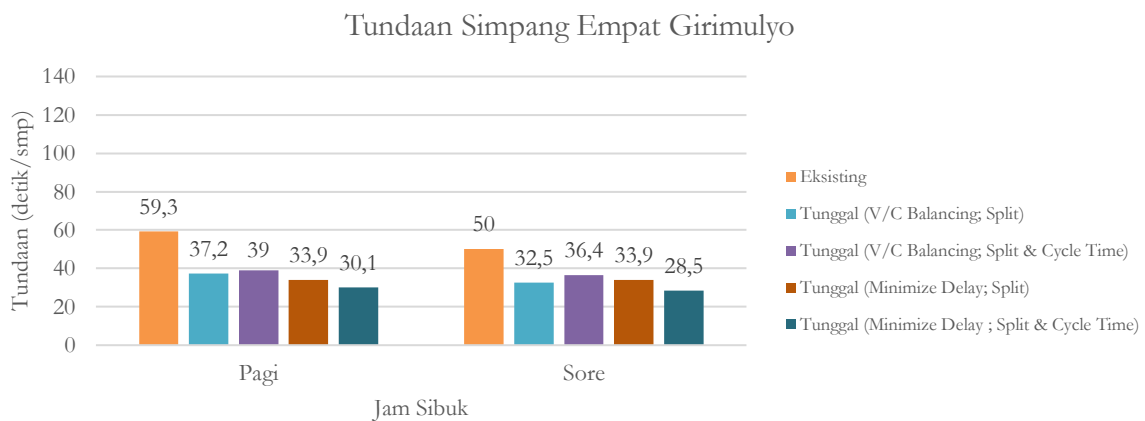
Gambar 4. Grafik perbandingan tundaan (D) simpang Empat Tugu Wisnu

Berdasarkan Gambar 4 dari grafik tersebut didapatkan nilai tundaan terendah adalah pada opsi *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* dengan tundaan pada Simpang Empat Tugu Wisnu yakni sebesar 48,7 detik/smp (pagi hari) dan 40,8 detik/smp (sore hari).

Tabel 7. Perbandingan hasil derajat kejenuhan di simpang Empat Girimulyo

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 WIB	Utara	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Timur	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
	Selatan	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
	Barat	0,9	0,6	0,7	0,4	0,5
	Simpang	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
15.30-16.30 WIB	Utara	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7
	Timur	0,8	0,7	0,6	0,8	0,8
	Selatan	0,1	0,4	0,5	0,3	0,4
	Barat	0,9	0,6	0,7	0,6	0,5
	Simpang	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5

Berdasarkan Tabel 7, didapatkan hasil bahwa pada skenario optimasi memiliki nilai derajat kejenuhan yang lebih baik daripada pada skenario kondisi eksisting pada Simpang Empat Girimulyo dengan hasil terbaik berada pada nilai derajat kejenuhan sebesar 0,5 dan berada pada kondisi stabil dengan derajat kejenuhan kurang dari 0,8.



Gambar 5. Grafik perbandingan tundaan (D) simpang Empat Girimulyo

Berdasarkan Gambar 5 pada grafik perbandingan hasil analisis tundaan pada Simpang Empat Girimulyo memiliki nilai tundaan terendah pada opsi *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* dengan nilai tundaan sebesar 30,1 detik/smp (pagi hari) dan 28,5 detik/smp (sore hari). Hasil skenario optimasi menunjukkan bahwa metode *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* memiliki luaran optimasi terbaik bila dibandingkan dengan skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi dengan metode lain seperti *V/C Balancing*. Dengan metode *Minimize Critical Movement Delay*, tundaan kritis pada suatu pendekatan simpang akan diturunkan secara signifikan dengan algoritma iterasi PTV Vistro dalam mencari waktu hijau efektif dan waktu siklus efektif berdasarkan batas-batas dan interval yang telah ditentukan dengan opsi optimasi *Split and Cycle Time*.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil :

1. Kinerja simpang bersinyal dengan menggunakan perangkat lunak PTV Vistro ditinjau berdasarkan parameter derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Sedangkan parameter panjang antrean (QL) digunakan dalam uji validitas data lapangan dan data skenario kondisi eksisting PTV Vistro dengan perangkat lunak SPSS.
2. Kinerja Simpang Empat Tugu Wisnu berdasarkan kondisi eksisting PTV Vistro memiliki nilai DS sebesar 0,8 (pagi) dan 0,9 (sore) serta D sebesar 130,1 det/smp (pagi) dan 59,0 det/smp (sore) sedangkan pada Simpang Empat Girimulyo memiliki nilai DS sebesar 0,6 (pagi) dan 0,6 (sore) serta D sebesar 59,3 det/smp (pagi) dan 50,0 det/smp (sore).
3. Kinerja Simpang Empat Tugu Wisnu dan Simpang Empat Girimulyo pada skenario optimasi PTV Vistro dianalisis dengan empat tipe optimasi, yaitu *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)*.
4. Berdasarkan perbandingan hasil analisis kinerja simpang bersinyal pada skenario kondisi eksisting dan skenario optimasi didapatkan hasil terbaik dengan skenario optimasi dalam opsi *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)*. Berdasarkan opsi *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* pada Simpang Empat Tugu Wisnu dihasilkan parameter derajat kejenuhan (DS) 0,7 (pagi) dan 0,8 (sore) dan tundaan (D) sebesar 48,7 det/smp (pagi) dan 40,8 det/smp (sore) sedangkan pada Simpang Empat Girimulyo dihasilkan parameter derajat kejenuhan (DS) 0,5 (pagi) dan 0,5 (sore) serta tundaan (D) sebesar 30,1 det/smp (pagi) dan 28,5 det/smp (sore).

## REFERENSI

- Badan Pusat Statistik, 2022, "Kota Surakarta dalam Angka 2022", Surakarta.
- Barker, J. B., Biehler, A. D., & Larry, S., 2010, "HCM 2010 : Highway Capacity Manual", *Transportation Research Board of The National Academies*. Vol. .
- 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.
- Geladi, E. G., Yulianto, B., & Purwanto, E., 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)", *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 6, No.3.
- 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.
- 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).
- Morlok, E. K., 1991, "Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi", Erlangga. Jakarta.
- 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.
- Sudijono, A., 2010, "Pengantar Statistik Pendidikan", PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- 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.