

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

Budi Yulianto^{1)*}, Setiono²⁾, Benedictus Alfian K.F³⁾

^{1), 2)} Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

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

Email : budi_yulianto@hotmail.com

Abstract

Gemblegan and Sraten intersections are located in the crowded center of Surakarta City, and surrounded by different kinds of shops, two elementary schools, and one famous market in this city. This bustling condition of Gemblegan Market causes risks of traffic jams and accidents. These two intersections require optimization in order to get the best results to decrease the risks that are apparent in those two intersections. The analysis of these two intersections were conducted with PTV Vistro software using Highway Capacity Method (HCM)2010, with Degree of Saturation (DS) and Delay (D) as parameters. Validation process was conducted in order to get representative results with queue length (m) using SPSS software. Three scenarios were used in this intersection analysis, which are eksisting, single optimization, and coordinated optimization. The scenario which gave the best results for both intersection is single optimization with objective function Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time), and coordinated optimization with objective function Split and Cycle Time.

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

Abstrak

Simpang Gemblegan dan Sraten terletak di tengah keramaian Kota Surakarta dan dikelilingi oleh berbagai macam pertokoan, sekolah dasar, dan pasar yang cukup terkenal di Kota Surakarta. Keramaian di Pasar Gemblegan ini mengakibatkan risiko terjadinya kemacetan dan kecelakaan. Kedua Simpang ini memerlukan optimalisasi agar didapatkan kinerja simpang terbaik guna mengurangi risiko kemacetan dan kecelakaan yang ada. Analisis kedua simpang tersebut menggunakan perangkat lunak PTV Vistro metode *Highway Capacity Method* (HCM) 2010 dengan parameter derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Proses validasi dilakukan untuk memperoleh hasil yang representatif dengan parameter panjang antrian (m) dengan perangkat lunak SPSS. Analisis kinerja simpang dilakukan dalam tiga skenario yaitu eksisting, optimasi tunggal, dan optimasi terkoordinasi. Optimasi yang menghasilkan kinerja terbaik untuk kedua simpang adalah skenario optimasi tunggal dengan fungsi objektif *Minimize Critical Movement Delay (Split and Split Cycle Time)* dan skenario optimasi terkoordinasi dengan fungsi objektif *Split and Cycle Time*.

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

PENDAHULUAN

Kota Surakarta atau juga disebut dengan Solo adalah salah satu kota besar di Jawa Tengah, Indonesia. Salah satu masalah yang paling umum di Kota Surakarta adalah besarnya pertumbuhan kendaraan bermotor tidak sebanding pertumbuhan jalan raya. Masalah ini juga dipengaruhi oleh meningkatnya laju pertumbuhan penduduk Kota Surakarta setiap tahunnya. Permasalahan lalu lintas seperti kecelakaan, kemacetan, dan polusi akan timbul karena ketidakmampuan jalan dalam melayani pergerakan kendaraan bermotor secara optimal.

Simpang bersinyal yang akan dianalisis adalah simpang di Jalan Veteran Kota Surakarta, yaitu Simpang Gemblegan (persimpangan Jalan Tanjung Anom dengan Jalan Veteran) dan Simpang Sraten (persimpangan Jalan Veteran dengan Jalan Gatot Subroto). Simpang Gemblegan dan Sraten dipilih karena berdekatan dengan salah satu pasar terbesar di Kota Surakarta yaitu pasar Harjodaksino atau Gemblegan. Kedua simpang memiliki volume kendaraan berat yang tinggi sehingga memiliki risiko kemacetan dan konflik antar pengguna jalan (Yulianto, 2013). Lokasi Simpang Sraten berdekatan dengan Sekolah Dasar (SD) Kanisius yang sering menimbulkan kemacetan pada jam berangkat dan pulang sekolah.

Di era modern ini, pekerjaan analisis kinerja simpang bersinyal dapat dilakukan menggunakan aplikasi PTV Vistro. Aplikasi ini dipilih karena kelengkapan fiturnya dan hasil analisis yang representatif dengan keadaan lalu lintas di Indonesia, khususnya di Kota Surakarta. Parameter kinerja yang digunakan untuk analisis kedua simpang bersinyal adalah derajat kejenuhan dan tundaan (Rahayu, 2009; Rifai, 2014; Sauri, 2014; Sulistyono, 2015; Sulistyono, 2016; Budi, 2017; Yulianto, 2018). Sementara itu, parameter validasi dalam penelitian ini adalah panjang antrean (m). Analisis kinerja simpang bersinyal dilakukan dalam tiga kondisi, yaitu kondisi eksisting, optimasi dalam skenario tunggal, dan optimasi dalam skenario terkoordinasi. Untuk skenario tunggal dan koordinasi, terdapat beberapa fungsi objektif dan optimasi yang dapat dipilih. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hasil optimasi terbaik yang dapat diterapkan di kedua simpang guna mengurangi risiko kemacetan dan kecelakaan lalu lintas.

METODE

Penelitian dilakukan pada Simpang Empat Gemblegan (7°34'55"S ; 110°49'13"E) dan Simpang Empat Sraten (7°34'53"S ; 110°49'04"E), Kota Surakarta. Waktu penelitian direncanakan dilakukan pada hari kerja saat jam-jam sibuk di pagi hari dan sore hari, dimana jam sibuk di pagi hari pada pukul 06.30-08.30 WIB dan jam sibuk di sore hari pada pukul 15.30-17.30 WIB. Hal ini dilakukan untuk mengefektifkan waktu dan mengefisiensikan tenaga surveyor yang dibutuhkan dalam pelaksanaan survei (Hayati, 2016).

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak PTV Vistro. Dalam perangkat lunak PTV Vistro memiliki beberapa metode seperti HCM 2010, HCM 2000, ICU 1, ICU 2, dan *Circular*. Penelitian ini menggunakan metode HCM 2010. Parameter kinerja simpang adalah derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Hasil analisis yang didapatkan pada PTV Vistro adalah data tundaan (*delay*), derajat kejenuhan (*volume/capacity*), panjang antrean, dan tingkat pelayanan (LoS). *T-Test* digunakan untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikatnya. Dalam penelitian ini, hal ini ditujukan untuk mengetahui signifikansi hasil analisis skenario eksisting dengan data di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Jam Puncak Pagi dan Sore

Data yang digunakan dalam analisis kinerja simpang bersinyal adalah data dengan rentang waktu satu jam (60 menit). Data arus lalu lintas pada jam puncak pagi dan sore dianalisis terlebih dahulu menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan diubah dalam satuan mobil penumpang (smp)/jam. Hasil konversi jumlah kendaraan terdapat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Konversi Jumlah Kendaraan dan Penentuan Jam Puncak

SIMPANG		GEMBLEGAN (smp/jam)	SRATEN (smp/jam)	Total (smp/jam)
PAGI	06.30 - 07.30	2969,7	1831,6	5457,0
	06.45 - 07.45	3307,4	2059,9	5976,6
	07.00 - 08.00	3448,0	2142,2	6046,4
	07.15 - 08.15	3395,3	2085,8	5639,4
	07.30 - 08.30	3373	1894,2	5131,9
SORE	15.30 - 16.30	3443,5	2310,3	5495,1
	15.45 - 16.45	3565,3	2330,3	5550,7
	16.00 - 17.00	3619,1	2275,4	5506,7
	16.15 - 17.15	3560,4	2260,4	5400,5
	16.30 - 17.30	3731,9	2361,4	5241,0

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa jam puncak pagi dan sore terjadi pada pukul 07.00-08.00 dan 15.45-16.45 WIB. Hasil jumlah kendaraan pada jam puncak pagi untuk kedua simpang sebesar 6046,4 (smp/jam) dan 5550,7 (smp/jam) untuk jam puncak sore.

Data Panjang Antrean

Data panjang antrean yang diperoleh dari analisis menggunakan perangkat lunak PTV Vistro dengan metode HCM 2010 berbentuk panjang antrean tiap lajur pendekat simpang dalam satuan meter. Hasil analisis menggunakan PTV Vistro sendiri ditampilkan dalam bentuk persentil ke-95 yang berarti berarti kemungkinan hasil perhitungan panjang antrean akan terlampaui sebesar 5%. Pada penelitian ini, hanya digunakan data panjang antrean pada saat jam puncak pagi dan sore, yaitu pukul 07.00-08.00 WIB dan 16.45-17.45 WIB. Data panjang antrean pada jam puncak dalam bentuk persentil ke-95 disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Panjang Antrean pada Jam Puncak

Waktu (WIB)	Simpang	Pendekat	Panjang Antrean dalam Persentil ke-95 (meter)
07.00 – 08.00	Gemblegan	Barat	75,4
		Timur	44,4
	Sraten	Utara	29,3
		Barat	67,9
16.45 – 17.45	Gemblegan	Barat	129
		Timur	71,5
	Sraten	Utara	58,0
		Barat	77,4

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa pendekat barat Gemblegan dan pendekat barat Sraten baik jam sibuk pagi maupun sore menghasilkan panjang antrean paling besar.

Analisis Kinerja Simping Bersinyal pada Kondisi Eksisting

Analisis kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting menggunakan data arus lalu lintas dan waktu sinyal yang diperoleh dari hasil survei di lapangan. Menurut metode HCM 2010, nilai arus jenuh (S_0) yang digunakan dalam analisis adalah 1900 kendaraan per jam hijau (Barker, 2010). Satuan volume yang digunakan dalam perangkat lunak PTV Vistro adalah satuan mobil penumpang (smp) (PTV AG, 2017). Menyesuaikan hal tersebut, maka arus lalu lintas harus dikonversi dalam satuan mobil penumpang (smp). Hasil analisis kedua simpang pada kondisi eksisting dapat diketahui dalam Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Hasil Analisis PTV Vistro Kondisi Eksisting di Simping Empat Gemblegan

Waktu (WIB)	Pendekat	Parameter Kinerja Simping Bersinyal		
		Derajat Kejenuhan (DS)	Panjang Antrean (QL)	Tundaan (D)
07.00 – 08.00	Selatan	0,8	191,6	199,4
	Utara	0,9	95,9	94,9
	Barat	0,5	66,3	38,5
	Timur	0,6	57,1	54,7
	Simpang	0,6	-	100,2
15.45 – 16.45	Selatan	0,6	89,3	44,7
	Utara	0,8	105,2	66,1
	Barat	0,7	96,5	59,6
	Timur	0,8	81,9	80,3
	Simpang	0,5	-	60,4

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa simpang Gemblegan menghasilkan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,6 dan tundaan (D) sebesar 100,2 det/smp pada jam sibuk pagi. Sementara itu, pada jam sibuk sore simpang Gemblegan menghasilkan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,5 dan tundaan (D) sebesar 60,4 det/smp.

Tabel 4. Hasil Analisis PTV Vistro Kondisi Eksisting di Simping Empat Sraten

Waktu (WIB)	Pendekat	Parameter Kinerja Simpang Bersinyal		
		Derajat Kejenuhan (DS)	Panjang Antrean (QL)	Tundaan (D)
07.00 – 08.00	Selatan	0,6	40,8	36,2
	Utara	0,1	22,0	18,3
	Barat	0,4	65,3	36,7
	Timur	0,4	59,5	34,5
	Simpang	0,4		37,4
15.45 – 16.45	Selatan	0,3	43,5	43,7
	Utara	0,4	46,3	48,0
	Barat	0,4	100,5	43,3
	Timur	0,2	35,3	29,0
	Simpang	0,3		41,0

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa simpang Sragen menghasilkan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,4 dan tundaan (D) sebesar 37,4 det/smp pada jam sibuk pagi. Sementara itu, pada jam sibuk sore simpang Sragen menghasilkan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,3 dan tundaan (D) sebesar 41,0 det/smp.

Validasi Pemodelan PTV Vistro Kondisi Eksisting

Proses validasi dilakukan dengan Uji T metode *Paired-Samples T-Test* menggunakan perangkat lunak SPSS. *Paired Sample T-Test* merupakan suatu uji statistika untuk membandingkan rata-rata dua komponen yang saling berpasangan. Sampel berpasangan diartikan sebagai sampel dengan subjek yang sama tapi mengalami dua perlakuan yang berbeda. Validasi dilakukan untuk menghasilkan pemodelan yang representatif dengan kondisi aktual di lapangan. Data panjang antrean pemodelan kondisi eksisting dan hasil Uji T dapat dilihat dalam Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Panjang Antrean Pemodelan PTV Vistro (Eksisting) dengan Data Lapangan

Simpang	Pendekat	Jam Sibuk Pagi		Jam Sibuk Sore	
		Eksisting	Lapangan	Eksisting	Lapangan
Gemblegan	Barat	85,2	75,4	107,8	129
	Timur	103,5	44,4	71,7	71,5
Sragen	Utara	53,6	29,3	92,8	58,0
	Barat	29,4	67,9	42,0	77,4

Tabel 6. Hasil Uji T Antara Pemodelan PTV Vistro (Eksisting) dengan Data Lapangan Menggunakan SPSS

Parameter	Simpang Empat Gemblegan		Simpang Empat Sragen	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore
T_{hitung}	0,165	0,512	0,725	0,322
Nilai P	0,896	0,699	0,601	0,802
T_{tabel}	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa pada jam sibuk pagi maupun sore didapatkan nilai $P > 0,05$ dan $T_{hitung} < T_{tabel}$. Hasil analisis dalam kondisi eksisting dan data lapangan memiliki perbedaan yang tidak signifikan, maka pemodelan dapat dilanjutkan dalam skenario optimasi tunggal dan terkoordinasi.

Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal dalam Skenario Tunggal

Optimasi kinerja simpang bersinyal dalam skenario tunggal dilakukan untuk mendapatkan waktu siklus terbaik pada masing-masing simpang bersinyal tanpa memperhatikan koordinasi keduanya. Parameter yang digunakan pada optimasi ini adalah derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Pada optimasi ini, terdapat dua fungsi objektif, yaitu *V/C Balancing* dan *Minimize Critical Movement Delay*. Pada kedua fungsi objektif tersebut, terdapat pilihan *Split* dan *Split and Cycle Time* sebagai tipe optimasi pilihan. Hasil analisis kinerja simpang Gemblegan dan Sragen skenario tunggal dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7. Hasil Analisis Skenario Optimasi Tunggal di Simpang Empat Gemblegan

Pendekat	Derajat Kejenuhan		Tundaan

Waktu (WIB)		(DS)				(D)			
		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay	
		Split	Split and Cycle Time	Split	Split and Cycle Time	Split	Split and Cycle Time	Split	Split and Cycle Time
07.00 – 08.00	Selatan	0,7	0,7	0,7	0,7	51,5	51,9	55,5	54,8
	Utara	0,5	0,5	0,5	0,5	44,7	31	55,7	52
	Barat	0,7	0,7	0,7	0,7	60,5	58,1	55,6	51,5
	Timur	0,7	0,7	0,6	0,6	74,8	64,8	54,7	57,9
	Simpang	0,6	0,6	0,6	0,6	55,5	53,9	55,5	53,7
15.45 – 16.45	Selatan	0,7	0,7	0,7	0,7	53,8	55,3	57,3	55,3
	Utara	0,7	0,7	0,7	0,7	56,4	54,2	56,4	54,3
	Barat	0,7	0,7	0,7	0,7	59,6	54,0	59,6	59,8
	Timur	0,7	0,7	0,6	0,6	64,3	63,7	59,7	57
	Simpang	0,5	0,5	0,5	0,5	58	56,1	58,1	56,5

Tabel 8. Hasil Analisis Skenario Optimasi Tunggal di Simpang Empat Sragen

Waktu (WIB)	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)				Tundaan (D)			
		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay		V/C Balancing		Min. Critical Movement Delay	
		Split	Split and Cycle Time	Split	Split and Cycle Time	Split	Split and Cycle Time	Split	Split and Cycle Time
07.00 – 08.00	Selatan	0,4	0,4	0,4	0,4	39,2	42,4	41,6	42,3
	Utara	0,2	0,2	0,2	0,2	26,2	42,9	21,1	42,9
	Barat	0,5	0,3	0,3	0,4	56,3	30	26,0	30
	Timur	0,5	0,5	0,5	0,5	21,5	39,7	37,8	39,7
	Simpang	0,4	0,4	0,4	0,4	27,5	36,5	35,3	36,5
15.45 – 16.45	Selatan	0,3	0,3	0,2	0,4	33,8	42,3	38,2	35,7
	Utara	0,4	0,4	0,3	0,4	35,4	45,9	41,8	37,9
	Barat	0,4	0,4	0,6	0,6	46,1	27,1	24,6	38,8
	Timur	0,3	0,4	0,3	0,4	31,8	44	39,9	38,2
	Simpang	0,3	0,3	0,3	0,3	34,6	35,2	31,9	38,1

Berdasarkan Tabel 7 dan 8, optimasi tunggal *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* menghasilkan kinerja terbaik untuk kedua simpang. Simpang Gemblegan menghasilkan nilai DS = 0,6 dan D = 53,7 det/smp pada jam sibuk pagi serta nilai DS = 0,5 dan D 56,5 det/smp pada jam sibuk sore. Simpang Sragen menghasilkan nilai DS = 0,4 dan D = 36,5 det/smp pada jam sibuk pagi serta nilai DS = 0,3 dan D = 38,1 det/smp pada jam sibuk sore.

Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal dalam Skenario Terkoordinasi

Dua simpang bersinyal dapat dikatakan terkoordinasi apabila terdapat kesamaan waktu siklus dan saling mempengaruhi (Yulianto, 2013). Optimasi terkoordinasi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kedua simpang dalam melayani pergerakan pengendara kendaraan bermotor. Parameter yang digunakan pada optimasi ini sama seperti pada kondisi tunggal yaitu derajat kejenuhan (DS) dan tundaan (D). Berbeda dengan skenario tunggal, skenario terkoordinasi hanya terdapat dua pilihan optimasi, yaitu *Split* dan *Split and Cycle Time*. Hasil optimasi kinerja simpang bersinyal dalam skenario terkoordinasi dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut.

Tabel 9. Hasil Analisis Skenario Optimasi Terkoordinasi di Simpang Empat Gemblegan

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)		Tundaan (D)	
		<i>Split</i>	<i>Split and Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split and Cycle Time</i>
07.00 – 08.00	Utara	0,7	0,7	52,6	52,6
	Timur	0,5	0,7	43,6	48,1
	Selatan	0,7	0,7	56,3	56,2
	Barat	0,7	0,7	70,8	70,8
	Simpang	0,6	0,6	53,8	53,8
15.45 – 16.45	Utara	0,9	0,7	107,7	55,3
	Timur	0,9	0,7	98,9	54,2
	Selatan	0,8	0,7	69,9	54,0
	Barat	0,8	0,7	72,1	63,7
	Simpang	0,5	0,5	88,9	56,1

Tabel 10. Hasil Analisis Skenario Optimasi Terkoordinasi di Simpang Empat Sragen

Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan (DS)		Tundaan (D)	
		<i>Split</i>	<i>Split and Cycle Time</i>	<i>Split</i>	<i>Split and Cycle Time</i>
07.00 – 08.00	Selatan	0,4	0,4	35,7	35,5
	Utara	0,2	0,2	35,8	17,9
	Barat	0,3	0,3	28,6	26
	Timur	0,5	0,5	36,3	36,2
	Simpang	0,4	0,4	33,1	33
15.45 – 16.45	Selatan	0,3	0,3	27,5	38,2
	Utara	0,5	0,4	30,4	41,8
	Barat	0,5	0,4	23,1	24,6
	Timur	0,6	0,4	30,9	39,9
	Simpang	0,3	0,3	26,3	31,9

Berdasarkan Tabel 9 dan 10, optimasi terkoordinasi *Split and Cycle Time* menghasilkan kinerja terbaik untuk kedua simpang. Simpang Gemblegan menghasilkan nilai DS = 0,6 dan D = 53,8 det/smp pada jam sibuk pagi serta nilai DS = 0,5 dan D 56,1 det/smp pada jam sibuk sore. Simpang Sragen menghasilkan nilai DS = 0,4 dan D = 33 det/smp pada jam sibuk pagi serta nilai DS = 0,3 dan D = 31,9 det/smp pada jam sibuk sore.

KESIMPULAN

1. Pada kondisi eksisting, Simpang Empat Gemblegan memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) 0,6 dan tundaan (D) 100,2 det/smp untuk jam sibuk pagi serta nilai derajat kejenuhan (DS) 0,5 dan tundaan (D) 60,4 det/smp untuk jam sibuk sore. Simpang Sragen memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) 0,4 dan tundaan (D) 37,4 det/smp untuk jam sibuk pagi serta nilai derajat kejenuhan (DS) 0,3 dan tundaan (D) 41 det/smp untuk jam sibuk sore.
2. Pada skenario optimasi tunggal, fungsi objektif terbaik untuk kedua simpang adalah *Minimize Critical Movement Delay (Split and Cycle Time)* karena nilai D dan DS lebih kecil dibandingkan dengan fungsi objektif yang lain
3. Pada skenario optimasi terkoordinasi, fungsi objektif terbaik untuk kedua simpang adalah *Split and Cycle Time*.
4. Skenario optimasi tunggal dengan fungsi objektif *Minimize Critical Movement Delay (Split and Split Cycle Time)* dan skenario optimasi terkoordinasi dengan fungsi objektif *Split and Cycle Time* dapat menjadi solusi permasalahan lalu lintas yang kerap terjadi di Simpang Empat Gemblegan dan Simpang Empat Sragen. Optimasi ini memberikan prioritas kepada jalan mayor di kedua simpang yaitu Jalan Veteran.

REFERENSI

- Barker, J. B., Biehler, A. D., & Brown, L. L., 2010, "HCM2010 Highway Capacity Manual," in Transportation Research Board of The National Academies, Vol. 1.
- Budi, S., Sihite, G., Indriastuti, A. K., & Priyono, Y., 2017, "Perbandingan Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan PKJI 2014 dan Pengamatan Langsung." Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 6, No. 2, Universitas Diponegoro.
- 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, 8(6), pp. 1196–1205.
- PTV AG, 2017, "PTV Vistro User Manual," Jerman: PTV Group.
- Rahayu, G., Atmaja, S., & Munawar, A., 2009, "Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal:

- Studi Kasus di Jalan Dr. Sutomo-Suryopranoto Yogyakarta,” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 12, No.1, pp. 99-108.
- Rifai, A., Sulistyono, S., & Soetjipto, J.W., 2014, “Simulasi Analisis Dampak Lalu Lintas Menggunakan PTV Vistro (Studi Kasus: Komplek Ruko Berjaya Batam),” *Prosiding FSTPT, Simposium Internasional FSTPT ke-17 di Universitas Jember*, 24 Agustus 2014, Vol. 2 No. 1, pp. 1508-1518, ISSN: 2356-0509, Jember: FSTPT Indonesia dan Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
- Robertson, D. I., 1969, “TRANSYT: a traffic network study tool,” Road Research Laboratory, Ministry of Transport, Crowthorne, Berkshire. Report LR253.
- Sauri, S., Sulistyono, S., & Hasanuddin, A., 2014, “Analisis Kinerja Simpang Menggunakan Perangkat Lunak KAJI dan PTV Vistro (Studi Kasus: Simpang Bersinyal dan Tak Bersinyal Perkotaan Jember),” *Prosiding FSTPT, Simposium Internasional FSTPT ke-17 di Universitas Jember*, 24 Agustus 2014, Vol. 2 No. 1, pp. 1498-1507, ISSN: 2356-0509, Jember: FSTPT Indonesia dan Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
- Sulistyono, S., Iawan, J. F., & Septiawan, D., 2015, “Traffic Impact Analysis on The Development of Jember Icon Using PTV Vistro,” *Prosiding FSTPT, The 18th FSTPT International Symposium di Universitas Lampung*, 28 Agustus 2016, pp. 876-885, Lampung: FSTPT Indonesia dan Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- The Institution of Highways and Transportation, 1997, “Transport in The Urban Environment.”
- Yulianto, B., Geladi, E. G., & Purwanto, E., 2018, “Perhitungan Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997 dan Perangkat Lunak PTV Vistro,” *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*.
- Yulianto, Budi, 2018, "Analysis of Signalized Intersection Performance Using IHCM 1997 Method and PTV Vistro Software," *Proceedings of the MATEC Web of Conferences*, Vol. 195.
- Yulianto, B. dan Setiono, 2013, "Kalibrasi dan Validasi Mixed Traffic VISSIM Model," *Media Teknik Sipil*.