

# OPTIMASI WAKTU HIJAU PERSIMPANGAN BERSINYAL DI WILAYAH PERKOTAAN (Studi Kasus Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda–Siliwangi)

*(Optimization of Green Time Signalized Intersection in Urban Area)*

**Andreas Maulana<sup>1</sup>, Ki Agus Aldriansyah<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung

E-mail: [andreasmaulana@itenas.ac.id](mailto:andreasmaulana@itenas.ac.id)

Diterima 7 Maret 2020, Disetujui 9 April 2020

## **ABSTRAK**

Bandung merupakan kota metropolitan terbesar di Provinsi Jawa Barat yang kepadatan penduduknya terus meningkat setiap tahun. Kondisi ini berakibat terhadap peningkatan pergerakan masyarakat dan kemacetan lalu lintas pada jaringan jalan. Salah satu persimpangan jalan di kota Bandung yang sering mengalami kemacetan adalah persimpangan jalan Ir. H. Juanda – Siliwangi. Permasalahan yang terjadi yaitu besarnya volume lalu lintas sehingga menyebabkan panjang antrian dan tundaan yang besar. Usaha untuk menurunkan panjang antrian dan tundaan salah satunya dengan optimasi waktu hijau persimpangan bersinyal. Penilaian kinerja simpang dilakukan dengan alat bantu model mikrosimulasi. Hasil penelitian ini adalah terdapat perubahan panjang antrian dan tundaan setelah dilakukan optimasi waktu hijau yaitu terdapat penurunan panjang antrian dan tundaan pada jalan Ir. H. Juanda (utara) dan peningkatan panjang antrian dan tundaan pada jalan Ir. H. Juanda (selatan). Proses optimasi waktu hijau menunjukkan dari empat lengan pendekat yang dilihat, dua pendekat, yaitu dari arah Utara dan Timur mengalami penurunan antrian;tundaan, secara berturut-turut adalah 28%;71% dan 30%;36%..

**Kata Kunci:** antrian, tundaan, mikrosimulasi, optimasi, waktu hijau

## **ABSTRACT**

*Bandung is the largest metropolitan city in West Java Province whose population density continues to increase every year. This condition results in increased movements and traffic congestion on the road network. One of the intersection in the Bandung city which often traffic congestion is the signalized intersection of Ir. H. Juanda - Siliwangi. The problem that occurs is the large volume of traffic, causing long queues and large delays. One of the efforts to reduce the length of queues and delays is by optimizing the green time of signal intersections. The intersection performance assessment was carried out with microsimulation model. The results of this study are there are changes in the length of the queue and the delay after optimization of the green time ie there is a decrease in the length of the queue and the delay on the Ir. H. Juanda (north) and increasing queue length and delays on Ir. H. Juanda (south). The green time optimization process shows that of the four approach, two approaches, namely from the North and East directions, have decreased queues; 28% delay each; 71% and 30%; 36% .*

**Keywords:** queue, delay, microsimulation, optimization, main subject

**PENDAHULUAN**

Bandung merupakan kota metropolitan terbesar di Provinsi Jawa Barat (Statistik, 2018), kepadatan penduduk di Kota Bandung terus meningkat setiap tahunnya. Menurut data yang bersumber dari Badan Pusat Statistika Kota Bandung, kepadatan penduduk di Kota Bandung tahun 2011 tercatat 2.429.176 jiwa, sedangkan pada tahun 2019 jumlah penduduk di Kota Bandung mencapai 2.490.622 jiwa. Adanya Perkembangan penduduk yang terus berkembang pada suatu wilayah akan berbanding lurus dengan peningkatan pergerakan masyarakat.

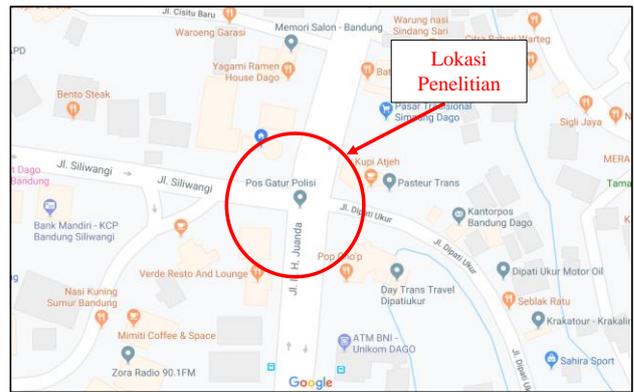
Akibat peningkatan pergerakan masyarakat maka muncul kemacetan lalu lintas pada jaringan jalan. Persimpangan merupakan bagian dari jaringan jalan yang sering mengami konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya sehingga sering terjadi kecelakaan dan kemacetan pada persimpangan. Salah satu persimpangan jalan di Kota Bandung yang sering mengalami kemacetan adalah persimpangan jalan Ir. H. Juanda – Siliwangi.

Pada persimpangan Jalan Ir. H. Juanda–Siliwangi faktor yang menyebabkan terjadinya kemacetan adalah volume lalu lintas yang besar dan pengaturan waktu siklus lampu lalu lintas yang kurang sesuai. Dalam mengatasi masalah kemacetan tersebut diperlukan manajemen lalu lintas. Salah satu metode dalam manajemen lalu lintas adalah dengan mengoptimasi waktu hijau untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pergerakan kendaraan di simpang.

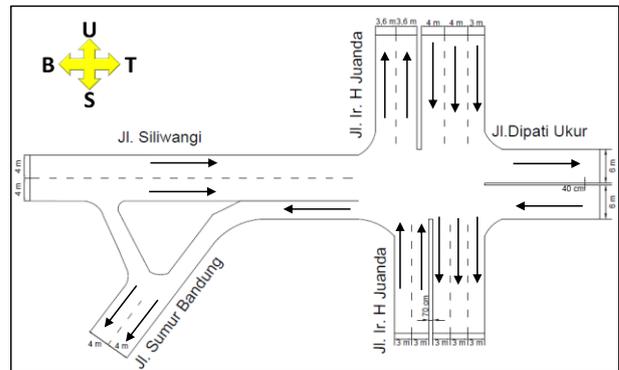
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu hijau optimum pada total waktu siklus yang ada dan melakukan penilaian kinerja Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda–Siliwangi.

**METODE**

Persimpangan jalan yang diamati adalah Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda-Siliwangi di Kota Bandung yang memiliki empat pendekatan, yang mana bersebelahan dengan simpang lain, seperti yang tersaji pada gambar berikut ini. Pendekat utara dan selatan adalah Jalan Ir. H. Juanda (tipe jalan 4/2 Terbagi) dengan lebar pendekatan 14 m. Pendekat barat adalah Jalan Silwangi (tipe jalan 2/2 Terbagi) dengan lebar pendekatan 8 m. Pendekat timur adalah Jalan Dipati Ukur (tipe jalan 4/2) dengan lebar pendekatan 12 m. Gambar 1 dan 2 menunjukkan lokasi dan data geometrik simpang yang diamati.



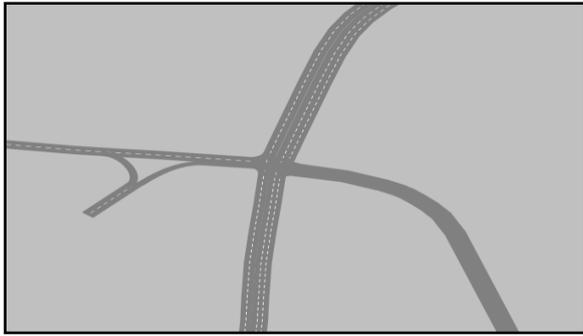
Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Data Geometrik Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda-Siliwangi

Konflik yang terjadi di Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda-Siliwangi dan adanya keterkaitan dengan simpang terdekat, maka perlu dilakukan analisis secara jaringan dengan menggunakan model transportasi. Pemodelan mikroskopik sering digunakan untuk menilai kinerja jaringan jalan secara mikro, seperti yang dilakukan oleh Aryandi (2014), Maulana (2017), Kumaravel (2020), Irawan (2017), Shadha (2015), Susilo (2018) dan Halim (2019). Yang (2016) juga melakukan optimasi sinyal terhadap empat aspek, yaitu waktu hijau dan merah, pengaturan konflik dan pergerakan arus lalu lintas, yang dapat mengurangi kemacetan di persimpangan bersinyal. Begitu juga Vuong (2018), yang melakukan penelitian tentang kinerja simpang bersinyal.

Pemodelan mikrosimulasi dilakukan dengan penggambaran jaringan jalan, pengaturan perilaku kendaraan dan perkiraan pergerakan lalu lintas di jaringan jalan. Jaringan jalan dibuat sesuai dengan sketsa yang tersaji pada Gambar 2. Hasil pemodelan jaringan jalan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pemodelan Jaringan Jalan Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda-Siliwangi

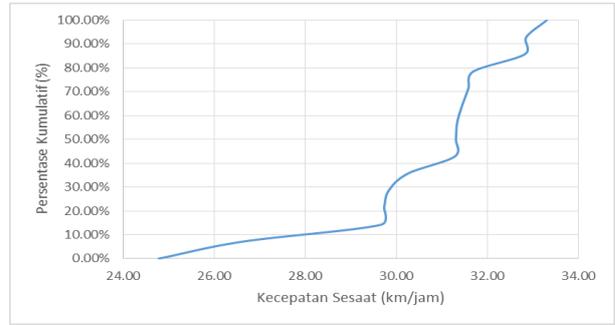
Data masukan model mikrosimulasi didapatkan dari data volume pergerakan lalu lintas di Persimpangan Jalan Ir.H. Juanda-Siliwangi. Data volume lalu lintas dibedakan menjadi tiga, yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), dan sepeda motor (MC). Sepeda motor menjadi moda mayoritas yang melintas (55%), kendaraan ringan (LV) menjadi moda terbanyak selanjutnya (43,8%). Data yang disajikan merupakan total dari pergerakan, dengan rata-rata proporsi belok kiri (27%), kanan (29%) dan lurus (44%). Selengkapnya data volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Lalu Lintas pada Jam Puncak Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda-Siliwangi

Pendekat	Jenis Kendaraan	Volume (kend/jam)		
		Kiri	Lurus	Kanan
Ir. H. Juanda (utara)	LV	206	635	182
	MC	728	1.335	623
	HGV	7	10	7
Ir. H. Juanda (selatan)	LV	46	690	15
	MC	83	1.270	61
	HGV	2	6	7
Dipati ukur (timur)	LV	33	110	185
	MC	123	383	508
	HGV	1	2	5
Siliwangi (barat)	LV	448	127	87
	MC	1.545	788	169
	HGV	12	4	3

Dalam Vuong (2018), proporsi sepeda motor (MC) tinggi (lebih dari 50%). VISSIM digunakan oleh Vuong menjadi alat bantu optimasi sinyal lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang, dengan parameter perilaku kendaraan yang diteliti oleh Minh (2005). Begitupun dengan data distribusi kecepatan yang diperoleh dari Minh (2005) dengan rata-rata kecepatan pengendara jalan tak terbagi kondisi *mixed traffic* untuk sepeda motor (MC) adalah 21,1 km/jam.

Kasus yang diteliti akan menggunakan distribusi kecepatan yang didapatkan dari survey spot speed pada Jalan Ir. Juanda. Rata-rata kecepatan kendaraan ringan (LV) yang diperoleh adalah 30,56 km/jam. Distribusi hasil survey kecepatan yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Distribusi Kecepatan Kendaraan Ringan

Parameter perilaku kendaraan yang digunakan pada penelitian ini mengacu kepada Irawan (2017). Dilakukan beberapa percobaan terhadap parameter utama perilaku kendaraan yaitu *standstill distance*. Oregon (2011) menjelaskan bahwa *standstill distance* (CC0) adalah jarak bumper-belakang yang diinginkan dengan bumper-depan antara mobil yang berhenti. Parameter ini memiliki dampak yang lebih besar pada jarak aman yang diinginkan (laju aliran maksimum) ketika lalu lintas dalam kondisi macet (kecepatan sama dengan nol). Ilustrasi *standstill distance* dapat dilihat pada Gambar 5 (Oregon, 2011).

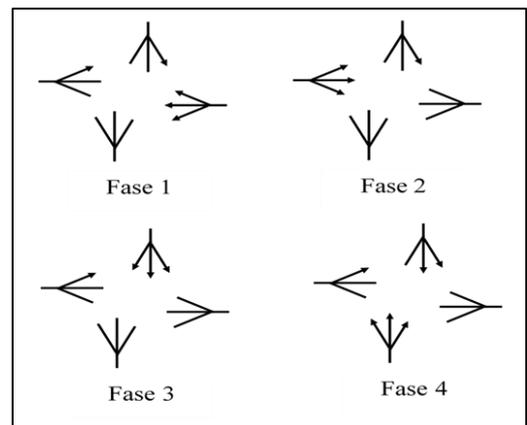


**Gambar 5.** Ilustrasi Nilai *Standstill Distance*

Waktu siklus yang digunakan berdasarkan hasil pengamatan pada jam sibuk. Terdapat empat dengan total waktu siklus 243 detik, waktu kuning 2 detik dan waktu *all red* 2 detik. Masukan waktu dan fase siklus dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Pendekat	Waktu Sinyal (detik)										
	2	53	2	2	2	48	2	2	38	2	2
Dipati Ukur (timur)	2	53	2	2	2	48	2	2	38	2	2
Siliwangi (barat)	2	53	2	2	2	48	2	2	38	2	2
Ir. H Juanda (utara)	2	53	2	2	2	48	2	2	38	2	2
Ir. H Juanda (selatan)	2	53	2	2	2	48	2	2	38	2	2

**Gambar 6.** Data Waktu Siklus Eksisting



**Gambar 7.** Data Fase Siklus Eksisting

Usulan peningkatan kinerja lalu lintas dilakukan dengan menggunakan optimasi waktu hijau pada total waktu

siklus yang sama. Hasil yang sama didapatkan oleh Maulana (2019) yang menemukan bahwa peningkatan kinerja simpang setelah adanya perubahan waktu siklus, dapat menurunkan nilai tundaan rata-rata 29,84 detik dan antrian 24,24 meter Ini juga dilakukan oleh Vuong (2018) dengan optimasi waktu yang meminimumkan waktu tundaan. Didapatkan hasil antara hasil eksisting dan hasil optimasi dengan penurunan nilai tundaan rata-rata sebesar 23,9%.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Validasi dilakukan untuk menguji kebenaran hasil kalibrasi yang telah diterapkan pada pemodelan. Proses validasi yang dilakukan yaitu dengan membandingkan hasil keluaran volume lalu lintas pemodelan dengan volume lalu lintas survei. Metode yang digunakan adalah rumus statistik Geoffrey E. Havers (GEH), yang dapat dilihat pada persamaan 1.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulasi} - q_{pengamatan})^2}{0,5 \times (q_{simulasi} + q_{pengamatan})}} \dots(1)$$

keterangan :  
q = arus lalu lintas

Tabel 2 menjelaskan nilai GEH yang diperoleh. Model mikrosimulasi yang baik memiliki nilai GEH < 5, dengan penjelasan deviasi antara hasil model dan lapangan tidak banyak berbeda. Ketika didapatkan nilai GEH ≥ 5, perlu dilakukan kalibrasi data lalu lintas, jaringan jalan atau perilaku kendaraan pada model mikrosimulasi.

**Tabel 2.** Deskripsi Nilai GEH

Nilai GEH	Keterangan
< 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	Peringatan: kemungkinan model error atau data buruk
GEH > 10	Ditolak

Dari hasil validasi yang ditunjukkan dari Tabel 3, pendekat timur memiliki nilai GEH terkecil dengan nilai 0,24 dan pendekat utara memiliki nilai GEH terbesar dengan nilai 4,74. Hasil model yang dikeluarkan harus lebih dicermati untuk nilai GEH yang besar, yaitu di pendekat utara. Penilaian GEH dilakukan secara keseluruhan. Dengan indikator nilai GEH pada setiap pendekat kurang dari 5 memenuhi persyaratan, artinya pemodelan dapat dikatakan sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan.

**Tabel 3.** Hasil Validasi Anatara Model dan Survey

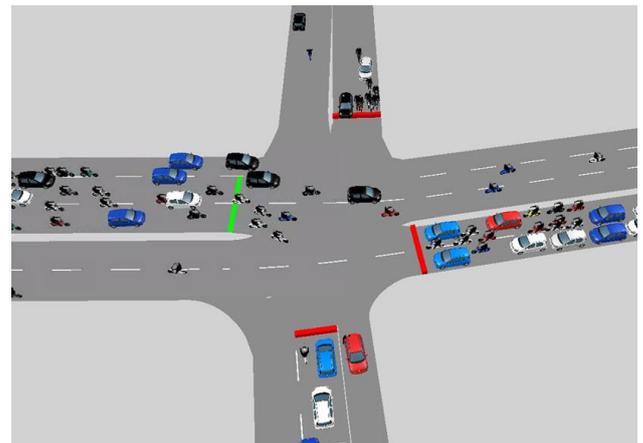
Pendekat Simpang	Volume Lalu Lintas (kend/jam)		Uji GEH
	Hasil Survei	Hasil Pemodelan	
Ir. H. Juanda (Utara)	3.449	3.733	4,74
Ir. H. Juanda (Selatan)	2.307	2.180	2,68
Dipati ukur (Timur)	1.359	1.350	0,24
Siliwangi (Barat)	3.000	3.183	3,29

Bedasarkan hasil pemodelan software Vissim panjang antrian terpanjang terjadi pada jalan siliwangi yaitu

sebesar 221,32 m dan tundaan tertingi terjadi pada jalan Dipati ukur yaitu sebesar 178,44 detik, sedangkan panjang antrian dan tundaan terkecil terjadi pada jalan Ir. H. Juanda (selatan) yaitu sebesar 188,44 m dan 69,39 detik. Hasil kinerja simpang eksisting selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4. Ilustrasi pada model mikrosimulasi dapat dilihat pada Gambar 7.

**Tabel 4.** Analisis Kinerja Persimpangan Kondisi Eksisting

Jalan	Panjang Antrian Maksimum (m)	Tundaan (detik)
Ir. H. Juanda (Utara)	207,45	138,82
Ir. H. Juanda (Selatan)	188,44	69,39
Dipati ukur (Timur)	209,47	178,44
Siliwangi (Barat)	221,32	117,99



**Gambar 7.** Visualisasi Hasil Pemodelan Jaringan Jalan Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda-Siliwangi Pada Kondisi Eksisting

Optimasi dilakukan dengan mencari nilai waktu hijau terbaik tanpa mengubah waktu siklus dan jumlah fase. Iterasi dilakukan dengan menggunakan alat bantu PTV VISSIM. Waktu hijau hasil optimasi dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 5.

Pendekat	Waktu Sinyal kondisi optimasi (detik)			
	2	54	2	2
Dipati Ukur (timur)	2	54	2	2
Siliwangi (barat)	2	44	2	2
Ir. H Juanda (utara)	2	70	2	2
Ir. H Juanda (selatan)	2	124	2	2
	2	51	2	2

**Gambar 8.** Data Waktu Siklus Hasil Optimasi

**Tabel 5.** Hasil Optimasi Waktu Hijau

Jalan	Waktu Hijau (detik)	Waktu Hijau Hasil Optimasi (detik)
Ir. H. Juanda (Utara)	53	54
Ir. H. Juanda (Selatan)	48	44
Dipati ukur (Timur)	38	70

Jalan	Waktu Hijau (detik)	Waktu Hijau Hasil Optimasi (detik)
Siliwangi (Barat)	80	51

Berdasarkan hasil pemodelan kondisi optimasi waktu hijau panjang antrian terpanjang terjadi pada jalan siliwangi yaitu sebesar 227,78 m dan tundaan tertinggi terjadi pada jalan Ir. H. Juanda (selatan) yaitu sebesar 158,07 detik, sedangkan panjang antrian dan tundaan terkecil terjadi pada jalan Ir. H. Juanda (utara) yaitu sebesar 127,74 m dan 40,89 detik.

Terdapat perubahan panjang antrian dan tundaan pada setiap lengan simpang setelah dilakukan optimasi waktu. Pada jalan Ir. H. Juanda (utara) terjadi penurunan panjang antrian 79,71 m dan waktu tundaan 97,93 detik, Pada jalan Ir. H. Juanda (selatan) terjadi kenaikan panjang antrian 38,79 m dan waktu tundaan 88,68 detik, Pada jalan Dipati Ukur (timur) terjadi penurunan panjang antrian 61,84 m dan waktu tundaan 63,73 detik, dan pada Jalan Siliwangi (barat) terjadi kenaikan panjang antrian 5,96 m dan waktu tundaan 1,21 detik. Kinerja persimpangan setelah optimasi waktu hijau dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Analisis Kinerja Persimpangan Kondisi Skenario

Jalan	Panjang Antrian Maksimum (m)	Tundaan (detik)
Ir. H. Juanda (Utara)	127,74	40,89
Ir. H. Juanda (Selatan)	227,23	158,07
Dipati ukur (Timur)	147,63	114,71
Siliwangi (Barat)	227,78	119,29

Rekapitulasi perubahan kinerja simpang ditunjukkan pada Tabel 7. Proses optimasi waktu hijau menunjukkan dari empat lengan pendekat yang dilihat, dua pendekat, yaitu dari arah Utara dan Timur mengalami penurunan antrian;tundaan, secara berturut-turut adalah 28%;71% dan 30%;36%.. Satu pendekat dari arah selatan mengalami peningkatan antrian dan tundaan , dengan nilai 21% dan 128%.. Satu pendekat lagi cenderung tetap nilai antrian dan tundaannya. Dengan hasil ini, maka.dinilai optimasi waktu hijau meningkatkan kinerja simpang karena lebih banyak pendekat yang mengalami penurunan panjang antrian maksimum dan tundaan.

**Tabel 7.** Perubahan Kinerja Simpang Setelah Optimasi Waktu Hijau

Jalan	Panjang Antrian Maksimum (m)	Tundaan (detik)
Ir. H. Juanda (Utara)	38%	71%
Ir. H. Juanda (Selatan)	-21%	-128%
Dipati ukur (Timur)	30%	36%

Jalan	Panjang Antrian Maksimum (m)	Tundaan (detik)
Siliwangi (Barat)	-3%	-1%

**KESIMPULAN**

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa waktu hijau optimum terjadi dengan rincian, pada pendekat Jalan Ir. H. Juanda (utara) waktu hijau 70 detik dan 124 detik (tanpa belok kanan), Jalan Ir. H. Juanda (selatan) waktu hijau 51 detik, Jalan Dipati ukur (timur) waktu hijau 54 detik dan Jalan Siliwangi waktu hijau 44 detik, yang dapat meningkatkan kinerja simpang dengan indikasi penurunan maksimum pada panjang antrian maksimum sebesar 44%.

**REFERENSI**

Aryandi, R. D., & Munawar, A. (2014, August). Penggunaan Software Vissim untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). In *Prosiding The 17th FSTPT International Symposium* (pp. 22-24).

Halim, H., Mustari, I., & Zakariah, A. (2019). Analisis Kinerja Operasional Ruas Jalan Satu Arah dengan Menggunakan Mikrosimulasi Vissim (Studi Kasus: Jalan Masjid Raya di Kota Makassar). *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(2).

Irawan, M. Z., & Putri, N. H. (2017). Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). *Jurnal Transportasi Multimoda*, 13(3), 97-106.

Kumaravel, S. D., & Ayyagari, R. (2020). A Decentralized Signal Control for Non-Lane-Based Heterogeneous Traffic Under V2I Communication. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.

Maulana, A. (2017). Pengaruh Kebijakan “4 in 1” terhadap Kinerja Persimpangan Jl Dr. Djunjunan–Tol Pasteur dengan Menggunakan Simulasi Mikro. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 1(1).

Maulana, A. (2017). Analisis Kinerja Bundaran dengan Menggunakan Simulasi mikro. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 2(1), 31-39.

Maulana, A., & Nugraha, F. A. (2019). Studi Mikrosimulasi Penilaian Kinerja Persimpangan Bersinyal Jalan Ir. H Juanda-Cikapayang. *Journal of Civil Engineering*, 26(2), 183-188.

Minh, C. C., Sano, K., & Matsumoto, S. (2005). The speed, flow and headway analyses of motorcycle traffic. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1496-1508.

- Oregon, D. O. T.** (2011). Protocol for VISSIM simulation. Oregon Department of Transportation. Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., & Wang, Y.(2003). Review of road traffic control strategies. Proceedings of the IEEE, 91(12), 2043-2067.
- Shahdah, U., Saccomanno, F., & Persaud, B.** (2015). Application of traffic microsimulation for evaluating safety performance of urban signalized intersections. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 60, 96-104.
- Statistik, B. P.** (2018). Provinsi Jawa Barat dalam Angka. Bandung: Badan Pusat Statistik.
- Susilo, B. H., & Imanuel, I.** (2018). Analisis Lalu Lintas Penerapan Sistem Satu Arah di Kawasan Dukuh Atas, Jakarta. Jurnal Teknik Sipil, 14(2), 105-114.
- Yang, Y., & Yang, G.** (2016). Study of Intersection Optimization Near Transportation Hub Based on VISSIM. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 9(6), 323-332.
- Vuong, X. C., Mou, R. F., Nguyen, H. S., & Vu, T. T.** (2018, October). Signal Timing Optimization of Isolated Intersection for Mixed Traffic Flow in Hanoi City of Vietnam Using VISSIM. In *International Conference on Smart Vehicular Technology, Transportation, Communication and Applications* (pp. 133-139). Springer, Cham.