



## Penerapan koordinasi simpang bersinyal pada kawasan Jl. Kalimantan – Jl. Belitung – Jl. Bali – Jl. Sumbawa di Kota Bandung

Mohamad Fikri Zihansyah<sup>1</sup>, Dwi Prasetyanto<sup>2</sup>, Andrean Maulana<sup>3</sup>

Institut Teknologi Nasional, Bandung

[fikrizihan98@gmail.com](mailto:fikrizihan98@gmail.com)

### Info Artikel :

Diterima :

5 November 2022

Disetujui :

20 November 2022

Dipublikasikan :

25 November 2022

### ABSTRAK

Perkembangan lalu lintas di perkotaan menyebabkan permasalahan pada jaringan jalan. Permasalahan pada area simpang dapat diminimalisir dengan berbagai upaya pengoptimalan. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kondisi simpang maupun jaringan jalan sehingga memiliki tingkat pelayanan yang lebih baik. Ruas Jl. Belitung di Kota Bandung memiliki area simpang yang saling berdekatan dengan kondisi kurang maksimal. Proses pengoptimalan kinerja simpang & jaringan jalan dilakukan dengan manajemen lalu lintas koordinasi simpang bersinyal, dimana metode yang digunakan untuk proses analisis yaitu dengan bantuan aplikasi vissim. Penyelesaian permasalahan yang terjadi dilakukan dengan melakukan perubahan dan penyesuaian fase serta waktu siklus kedua simpang bersinyal secara terkoordinasi. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat kenaikan tingkat pelayanan pada simpang Jl. Kalimantan sebesar 61,1% dan Jl. Belitung – Jl. Sumbawa sebesar 5,7% serta peningkatan terhadap kinerja jaringan jalan sebesar 25,32%, dimana nilai tingkat pelayanan berdasarkan angka kecepatan rata-rata kendaraan.

**Kata kunci:** lalu lintas, simpang, optimalisasi, jalan, antrian, tundaan

### ABSTRACT

*The development of traffic in urban areas causes problems in the road network. Problems in the intersection area can be minimized with various optimization efforts. This study aims to optimize the condition of intersections and road networks so that they have a better level of service. The Section of Jl. Belitung in the city of Bandung has an interchange area that is close to each other with less than optimal conditions. The process of optimizing the performance of intersections & road networks is carried out with traffic management coordination of intersections, where the method used for the analysis process is with the help of the vissim application. The resolution of the problems that occur is carried out by making changes and adjustments to the phases and the time of the second cycle of the intersection in a coordinated manner. The result of this study is that there is an increase in the level of service at the intersection of Jl. Kalimantan by 61.1% and Jl. Belitung - Jl. Sumbawa by 5.7% as well as an increase in the performance of the road network by 25.32%, where the value of the service level is based on the average speed figure of the vehicle.*

**Keywords:** traffic, interchange, optimization, road, level of service



©2022 Penulis. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## PENDAHULUAN

Permasalahan lalu lintas biasanya sering terjadi pada area persimpangan, dimana pada area tersebut setiap kendaraan dari masing-masing pendekat yang melewati saling berinteraksi antara satu dengan yang lainnya sehingga dapat mengakibatkan kemacetan/kepadatan pada arus lalu lintas, hingga terjadinya kecelakaan lalu lintas. Salah satu kota di Indonesia yaitu Kota Bandung, mempunyai luas wilayah 16. 729 Ha dan jumlah penduduk sebanyak 2,5 juta jiwa, serta memiliki panjang total jalan 1. 172 Km yang dimana sering mengalami permasalahan lalu lintas, salah satunya adalah pada kawasan Jl. Kalimantan - Jl. Belitung - Jl. Bali - Jl. Sumbawa. Pada area tersebut terdapat tiga simpang yang saling berhubungan serta memiliki jalur transportasi dengan tingkat volume lalu lintas yang cukup besar sehingga sering terjadi permasalahan lalu lintas seperti antrian yang panjang, tundaan kendaraan, arus lalu lintas jenuh, kemacetan sampai kecelakaan pengguna jalan terutama pada jam puncak yaitu pada pagi dan sore hari. Permasalahan yang kemungkinan timbul pada area tersebut dapat dicegah ataupun

diminimalisir dengan melakukan analisa dan evaluasi, serta melakukan alternatif pengoptimalan kinerja lalu lintas pada masing-masing simpang yang saling berdekatan (*isolated*) dengan menerapkan pengaturan koordinasi simpang bersinyal diharapkan dapat menjadi solusi sehingga lalu lintas di sekitar area persimpangan tersebut dapat bergerak dengan lancar, mempunyai tingkat pelayanan yang baik, dan dapat memberikan keamanan serta kenyamanan bagi para pengguna jalan.

## METODE PENELITIAN

Langkah awal proses penelitian dilakukan dengan identifikasi masalah dan penentuan topik sehingga timbul latar belakang dan tujuan penelitian, selanjutnya tinjauan pustaka yaitu diawali mengumpulkan studi pustaka sebagai bahan referensi seperti penelitian terdahulu, jurnal, artikel, buku dan sumber lainnya yang terdapat pada internet untuk mengetahui metode yang akan digunakan. Langkah selanjutnya melakukan survey pendahuluan untuk menentukan titik lokasi penelitian, titik pengamatan, dan waktu pengamatan yang sesuai. Tahap selanjutnya melakukan pengumpulan data di lokasi penelitian seperti volume lalu lintas jam puncak, geometrik simpang, waktu siklus, dan kecepatan kendaraan untuk kebutuhan proses analisis. Tahap selanjutnya melakukan analisis kinerja simpang maupun jaringan jalan terhadap dua kondisi yaitu kondisi eksisting dan kondisi alternatif menggunakan *software vissim*. Adapun alternatif yang digunakan yaitu dengan menerapkan optimalisasi koordinasi kedua simpang bersinyal, dilanjutkan dengan pembahasan hasil analisis sehingga menghasilkan kesimpulan dan saran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengolahan Data

Data survey pada masing-masing simpang kawasan Jl. Kalimantan – Jl. Belitung – Jl. Bali – Jl. Sumbawa Kota Bandung pada kondisi eksisting digunakan untuk proses analisis penelitian ini, dimana data tersebut meliputi data volume lalu lintas pada jam puncak, data geometrik, rekap fase sinyal dan waktu siklus, yang didapat dari hasil pengamatan langsung di lapangan pada hari senin, 18 Juli 2022 seperti pada **Tabel 1**, **Tabel 2**, **Tabel 3**.

**Tabel 1 Total Volume Lalu Lintas Jam Puncak**

Simpang	Interval Waktu (Jam)	Jumlah Kendaraan				Total
		Jl. Sumbawa	Jl. Sumbawa	Jl. Belitung	Jl. Belitung	
		Utara	Selatan	Timur	Barat	
Jl. Belitung – Jl. Kalimantan	06.15 - 07.15	2668	295	1491	-	4454
Jl. Belitung – Jl. Bali	06.15 - 07.15	-	267	1484	512	2263
Jl. Belitung – Jl. Sumbawa	06.15 - 07.15	370	2095	1240	557	4262

**Tabel 2 Data Geometrik Simpang**

Simpang	Data/Pendekat	Utara	Selatan	Timur	Barat
Jl. Belitung – Jl. Kalimantan	Nama Jalan	Jl. Kalimantan	Jl. Kalimantan	Jl. Belitung	Jl. Belitung
	Jumlah Jalur	1	2	2	1
	Jumlah Lajur	2	2	2	2
	Median	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	Lebar Pendekat	8 m	3 m	4,5 m	-
	Lebar Masuk	8 m	3 m	4,5 m	-
	Lebar LTOR	-	-	-	-
	Lebar Keluar	3 m	0	9 m	-
Jl. Belitung – Jl. Bali	Nama Jalan	-	Jl. Bali	Jl. Belitung	Jl. Belitung
	Jumlah Jalur	-	2	2	2

Simpang	Data/Pendekat	Utara	Selatan	Timur	Barat
	Jumlah Lajur	-	2	2	2
	Median	-	Tidak	Tidak	Tidak
	Lebar Masuk	-	4 m	4,5 m	4,5 m
	Lebar LTOR	-	-	-	-
	Lebar Keluar	-	-	4,5 m	4,5 m
	Nama Jalan	Jl. Sumbawa	Jl. Sumbawa	Jl. Belitung	Jl. Belitung
	Jumlah Jalur	2	2	2	2
	Jumlah Lajur	2	1	2	2
	Median	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Jl. Belitung – Jl. Sumbawa	Lebar Pendekat	4 m	8 m	4,5 m	4,5 m
	Lebar Masuk	4 m	8 m	4,5 m	4,5 m
	Lebar LTOR	-	-	-	-
	Lebar Keluar	-	4 m	4,5 m	4,5 m

**Tabel 3 Waktu Siklus Eksisting**

Simpang Jl. Belitung – Jl. Kalimantan						
Lengan Simpang	Fase	Waktu Nyala (detik)				
		Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Jl. Kalimantan (U)	1	32	2	54	2	90
Jl. Belitung (T)	2	32	2	54	2	90
Jl. Kalimantan (S)	3	14	2	72	2	90
Simpang Jl. Belitung – Jl. Sumbawa						
Lengan Simpang	Fase	Waktu Nyala (detik)				
		Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Jl. Belitung (B/T)	1	24	2	32	2	60
Jl. Sumbawa (U/S)	2	28	2	28	2	60

### Kalibrasi dan Validasi Pemodelan

Proses kalibrasi vissim bertujuan untuk mengubah perilaku pengendara didalam pemodelan, sehingga hasil dari *output* pemodelan seperti jumlah volume kendaraan, nilai panjang antrian, tundaan, dan tingkat pelayanan dapat mendekati seperti kondisi sebenarnya. Adapun beberapa parameter kalibrasi yang dirubah pada pemodelan seperti pada **Tabel 4**, dimana parameter tersebut didapatkan dengan cara *trial and error*. Sedangkan proses validasi hasil pemodelan kondisi eksisting yaitu dengan cara membandingkan nilai volume eksisting dengan hasil pemodelan pada masing – masing lengan ketiga simpang menggunakan persamaan *Geoffrey E Havers (GEH)* seperti pada **Tabel 5**.

**Tabel 4 Parameter Kalibrasi Vissim**

Tria l ke-	Parameter yang Diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
1.	1. <i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
	2. <i>Overtake on same lane: on left &amp; on right</i>		
		<i>off</i>	<i>on</i>
(lanjut dari <i>trial</i> ke-1)			
2.	1. <i>Distance standing (at 0 km/h) (m)</i>	1	0,2
	2. <i>Distance driving (at 50 km/h) (m)</i>	1	0,4
(lanjut dari <i>trial</i> ke-2)			
3.	1. <i>Average standstill distance</i>	2	1
	2. <i>Additive part of safety distance</i>	2	1
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i>	3	2

Tria l ke-	Parameter yang Diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
(lanjut dari trial ke-3)			
4.	1. <i>Average standstill distance</i>	1	0,5
	2. <i>Additive part of safety distance</i>	1	0,5
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i>	2	1
(lanjut dari trial ke-4)			
5.	1. <i>Average standstill distance</i>	0,5	0,55
	2. <i>Additive part of safety distance</i>	0,5	0,55
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i>	1	1
(lanjut dari trial ke-5)			
6.	1. <i>Average standstill distance</i>	0,55	0,6
	2. <i>Additive part of safety distance</i>	0,55	0,6
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i>	1	1

(Sumber: Putri, Nurjannah Haryanti, dan Irawan, Muhammad Zudhy. 2015)

Perbandingan visualisasi pemodelan antara kondisi sebelum dan sesudah melakukan kalibrasi pada salah satu lengan simpang ditunjukkan seperti pada **Gambar 2**. Dari gambar (a) dan (b) dapat dilihat bahwa proses pada kalibrasi mempengaruhi nilai panjang antrian, jumlah keluarannya kendaraan, dan volume kendaraan yang melewati area simpang.



(a) Sebelum Kalibrasi

(b) Sesudah Kalibrasi

**Gambar 2. Visualisasi hasil Kalibrasi**

**Tabel 5 Validasi Pemodelan Kondisi Eksisting**

Simpang	Lengan Simpang	Eksisting	Model	GEH	Keterangan
		Volume	Volume		
Jl. Belitung	Jl. Kalimantan (Selatan)	295	252	2,60	Diterima
– Jl. Kalimantan	Jl. Kalimantan (Utara)	2668	2562	2,07	Diterima
	Jl. Belitung (Timur)	1491	1434	1,49	Diterima
Jl. Belitung	Jl. Bali (Selatan)	267	228	2,48	Diterima
– Jl. Bali	Jl. Belitung (Barat)	512	588	3,24	Diterima
	Jl. Belitung (Timur)	1484	1488	0,10	Diterima
Jl. Belitung	Jl. Belitung (Timur)	1240	1116	3,61	Diterima
– Jl. Sumbawa	Jl. Sumbawa (Selatan)	2095	1938	3,50	Diterima
	Jl. Sumbawa (Utara)	370	330	2,14	Diterima
	Jl. Belitung (Barat)	557	576	0,80	Diterima

\*Syarat:  $GEH < 5$  : Diterima;  $5 \leq GEH \leq 10$  : Tidak valid;  $GEH > 10$  : Ditolak

Seperti ditunjukkan pada tabel 7, hasil uji validasi pada masing-masing lengan setiap simpang menghasilkan nilai uji GEH < 5 yang berarti pemodelan dapat diterima atau dengan kata lain simulasi pada kondisi eksisting mendekati kondisi sebenarnya.

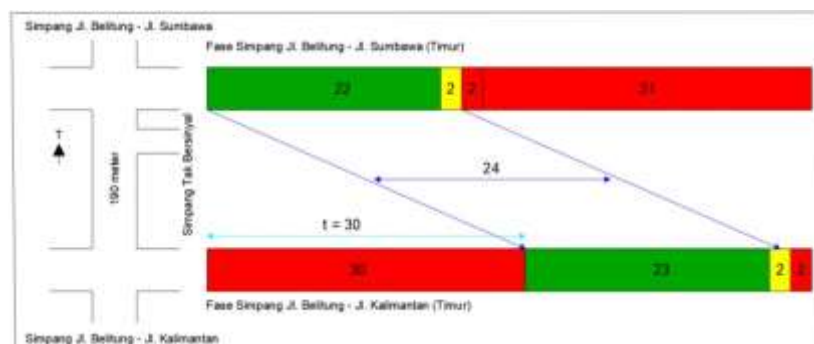
**Rencana Alternatif Koordinasi Simpang Bersinyal**

Alternatif perencanaan yang dilakukan yaitu dengan mengkoordinasi ulang waktu hijau antar simpang bersinyal, dimana yang pertama melakukan perubahan fase sinyal dan penyesuaian waktu siklus apill pada simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Kalimantan. Kemudian waktu siklus pada simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Sumbawa disesuaikan dengan waktu siklus simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Kalimantan agar kedua simpang memiliki waktu siklus yang sama seperti pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**. Perubahan dan penyesuaian fase sinyal serta waktu siklus berdasarkan acuan pada MKJI 1997.

**Tabel 8. Waktu Siklus Perencanaan**

Simpang Jl. Belitung – Jl. Kalimantan						
Lengan Simpang	Fase	Waktu Nyala (detik)				
		Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Jl. Kalimantan (U/S)	1	26	2	27	2	57
Jl. Belitung (T)	2	23	2	30	2	57
Simpang Jl. Belitung – Jl. Sumbawa						
Lengan Simpang	Fase	Waktu Nyala (detik)				
		Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Jl. Belitung (B/T)	1	22	2	31	2	57
Jl. Sumbawa (U/S)	2	27	2	26	2	57

Proses mengkoordinasikan waktu siklus antara kedua simpang dilakukan dengan membuat diagram ruang dan waktu, yaitu melakukan penyesuaian sinyal hijau pada kedua simpang bersinyal terkoordinasi seperti **Gambar 3**. Adapun dalam perencanaan ini menggunakan *output* kecepatan rata-rata kendaraan hasil simulasi vissim, dimana kecepatan rata-rata yang digunakan yaitu dari arah simpang Jl. Belitung – Jl. Sumbawa menuju simpang Jl. Belitung – Jl. Kalimantan didapat sebesar 23 km/jam. Dari data kecepatan tersebut dapat mengetahui perbedaan waktu sinyal hijau antar simpang (*offset*) dengan menghitung waktu tempuh yang didapat dari perbandingan antara jarak (kedua simpang bersinyal) dengan kecepatan rata-rata kendaraan, sehingga didapat waktu tempuh (t) sebesar 30 detik. Adapun penyesuaian *bandwidth* yaitu menghubungkan waktu sinyal hijau pada simpang pertama dengan hijau pada simpang setelahnya. Tujuan mengkoordinasikan yaitu agar kendaraan terakhir dari simpang Jl. Belitung – Jl. Sumbawa masih memiliki kesempatan untuk mendapat sinyal hijau tanpa harus menunggu waktu sinyal merah pada satu siklus di simpang Jl. Belitung – Jl. Kalimantan.



Keterangan:  
 = Bandwidth  
 = Offset

**Gambar 3. Diagram Sinyal Terkoordinasi Kondisi Rencana**

## Pembahasan

Hasil kinerja setiap ruas jalan pada masing-masing lengan simpang maupun secara jaringan yang akan dibandingkan merupakan *output* dari hasil pemodelan pada *software Vissim* pada kondisi eksisting dan kondisi rencana. Nilai kinerja yang dibandingkan diantaranya tingkat pelayanan yang terdiri dari nilai panjang antrian dan nilai tundaan baik secara jaringan maupun masing-masing simpang seperti pada **Tabel 9**. Hasil *output* pemodelan antara kondisi eksisting maupun perencanaan menunjukkan bahwa tingkat pelayanan pada masing-masing simpang maupun secara jaringan rata-rata mengalami penurunan nilai panjang antrian dan tundaan kendaraan. Simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Kalimantan terjadi peningkatan kinerja simpang sebesar 61%. Simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Sumbawa mengalami peningkatan kinerja simpang sebesar 5,7%. Adapun kinerja secara jaringan yang terhubung dengan ketiga simpang diantaranya terdapat simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Kalimantan, simpang 4 bersinyal Jl. Belitung – Jl. Sumbawa, simpang 3 tak bersinyal Jl. Belitung – Jl. Bali mengalami peningkatan kinerja sebesar 25,32%.

**Tabel 9. Perbandingan Tingkat Pelayanan Kondisi Eksisting dan Perencanaan**

Simpang	Pendekat	Panjang Antrian (m)		Tundaan (detik)		LOS		Perubahan (%)
		E	R	E	R	E	R	
Simpang Jl. Belitung - Jl. Kalimantan	Jl. Kalimantan (selatan)	7,84	1,87	39,91	10,14	D	B	-75,4
	Jl. Kalimantan (utara)	33,81	13,11	39,40	16,56	D	B	-59,6
	Jl. Belitung (timur)	79,29	32,70	71,32	31,02	F	D	-57,6
Simpang Jl. Belitung - Jl. Sumbawa	Jl. Belitung (timur)	8,54	8,68	17,51	15,96	C	C	-3,6
	Jl. Belitung (barat)	3,85	5,10	11,76	14,75	B	B	28,8
	Jl. Sumbawa (utara)	2,48	2,12	9,66	8,80	B	B	-11,7
	Jl. Sumbawa (selatan)	19,34	15,16	17,37	15,52	C	C	-16,1
Simpang Jl. Belitung - Jl. Kalimantan		40,31	15,89	50,21	19,24	E	C	-61,1
Simpang Jl. Belitung - Jl. Sumbawa		8,56	7,77	14,07	13,76	B	B	-5,7
Kinerja Jaringan Jalan	Kecepatan (km/jam)			11,83	15,84	E	E	-25,32

\*Ket: E: Eksisting; R: Rencana; LOS: *Level of Service* (tingkat pelayanan)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Kinerja simpang dan jaringan jalan pada kondisi eksisting berdasarkan hasil analisis menggunakan *software Vissim* serta mengacu pada Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 dengan volume jam puncak yaitu pada pukul 06.15 – 07.15 WIB. Simpang Jl. Belitung – Jl. Kalimantan memiliki tingkat pelayanan E dengan nilai panjang antrian rata-rata sebesar 40,31 m dan tundaan kendaraan sebesar 50,21 detik. Simpang Jl. Belitung – Jl. Sumbawa memiliki tingkat pelayanan B dengan nilai panjang antrian rata-rata sebesar 8,56 m dan tundaan sebesar 14,07 detik. Adapun penilaian tingkat pelayanan secara jaringan yang berarti melibatkan ketiga simpang kondisi eksisting memiliki tingkat pelayanan E dengan nilai kecepatan rata-rata kendaraan sebesar 11,83 km/jam

2. Kondisi lalu lintas eksisting memiliki tingkat pelayanan kurang optimal dikarenakan kondisi kedua simpang bersinyal yang belum terkoordinasi. Maka dari itu, pengaturan alternatif yang diberikan yaitu berupa perencanaan koordinasi kedua simpang bersinyal dengan melakukan perubahan dan penyesuaian fase serta waktu siklus. Pengaturan alternatif simpang terkoordinasi ini dilakukan agar setiap kendaraan diposisi terakhir masih memiliki kesempatan untuk mendapat sinyal hijau pada simpang selanjutnya tanpa harus menunggu waktu sinyal merah pada satu siklus.
3. Hasil dari pemodelan vissim setelah melakukan alternatif rencana, didapatkan nilai tingkat pelayanan pada masing-masing simpang maupun jaringan jalan yaitu simpang Jl. Belitung – Jl. Kalimantan didapat nilai tingkat pelayanan kategori C dengan nilai panjang antrian sebesar 15,89 m dan tundaan sebesar 19,24 detik. Simpang Jl. Belitung – Jl. Sumbawa didapat nilai tingkat pelayanan kategori B dengan nilai panjang antrian sebesar 7,77 m dan tundaan sebesar 13,76 detik. Secara jaringan didapat tingkat pelayanan kategori D dengan nilai kecepatan rata-rata kendaraan sebesar 15,84 km/jam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, D. A. (2021). *Mikrosimulasi Penerapan Simpang Bersinyal Terkoordinasi Menggunakan Software Vissim di Kabupaten Boyolali*. Tidak diterbitkan Tegal: Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
- Board, T. R. (1985). *Highway Capacity Manual*. Washington DC: National Research Council.
- Darat, D. J. (2012). *Pedoman Teknis Rekayasa Keselamatan Jalan*. Jakarta.
- Hobbs, F. S. (1995). *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *PM No. 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1993). *"Peraturan Pemerintah" Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan No.43 Tahun 1993*.
- Juan Nicholas Aldo, B. Y. (2021). Analisis Simpang Bersinyal Pasar PON Menggunakan Program Simulasi PTV VISSIM. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 114 - 120.
- Marga, D. J. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Morlok, E. K. (1985). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Oglesby C.H, d. H. (1993). *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga.
- Prasetyanto, D. (2019). *Rekayasa Lalu lintas dan Keselamatan Jalan*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Prima J. Romadhona, T. N. (2019). *Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas PTV Vissim 9.0 (Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation)*. Yogyakarta.
- Roess, S. (1990). *Traffic Engineering*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Zainuri, A. (2017). *Koordinasi Sinyal Antar Simpang BPK dan Simpang Badran*. Tidak diterbitkan Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Putri, Nurjannah Haryanti, dan Irawan, Muhammad Zudhy. (2015). *Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak VISSIM (Studi Kasus Simpang Tugu, Yogyakarta)*. The 18th FSTPT International Symposium. Unila, Bandar Lampung, 28 August 2015.
- Aryandi, Rama Dwi, dan Munawar, Ahmad. (2014). *Penggunaan Software VISSIM Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)*.
- Munawar, A. (2004). *Manajemen Lalulintas Perkotaan*. Beta Offset: Yogyakarta.