

Evaluasi Apill Pada Simpang Bersinyal Dibandingkan Dengan Software PTV Vissim 9 (Studi Kasus: Simpang Soekarno Hatta - Ibrahim Adjie Kota Bandung)

M. AFDAEL FOTRAMANAG¹, ELKHASNET²

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi nasional, Bandung

Email : afdael1607@gmail.com

ABSTRAK

Simpang jalan Soekarno Hatta – Ibrahim Adjie di Kota Bandung merupakan salah satu contoh prasarana penghubung transportasi darat yang sering mengalami masalah kemacetan. Dengan adanya hal tersebut, salah satu solusi untuk mengurangi kemacetan di simpang adalah dengan cara mengatur ulang waktu siklusnya. Tujuan penelitian ini dilakukan dengan cara mengatur ulang waktu siklus simpang jalan Ibrahim Adjie - Soekarno Hatta kota Bandung dengan menggunakan metode MKJI 1997 yang mendapatkan hasil sebesar 116 detik. Setelah mendapatkan hasil waktu siklus, tahap selanjutnya adalah mengetahui kinerja simpang dengan parameter panjang antrian dan waktu tundaan yang mana hasil panjang antrian terbesar adalah simpang jalan Ibrahim Adjie (Utara) sebesar 125 meter dan waktu tundaan sebesar 45 detik, dan hasil panjang antrian terkecil adalah lengan simpang jalan Soekarno Hatta (Barat) sebesar 76 meter dan waktu tundaan sebesar 53 detik. Sedangkan hasil menggunakan software PTV Vissim 9 panjang antrian terbesar adalah lengan simpang jalan Soekarno Hatta (Timur) sebesar 270 meter dan waktu tundaan sebesar 130 detik, dan panjang antrian terkecil adalah lengan simpang jalan Ibrahim Adjie (Selatan) sebesar 115 meter dan waktu tundaan sebesar 56 detik. Dari hasil perhitungan menggunakan metode MKJI 1997 dan pemodelan menggunakan Software PTV Vissim 9 didapatkan perubahan panjang antrian dan waktu tundaan yang lebih baik dari kondisi eksisting.

Kata kunci: Simpang, Kemacetan, Waktu Siklus, MKJI 1997, Software Vissim.

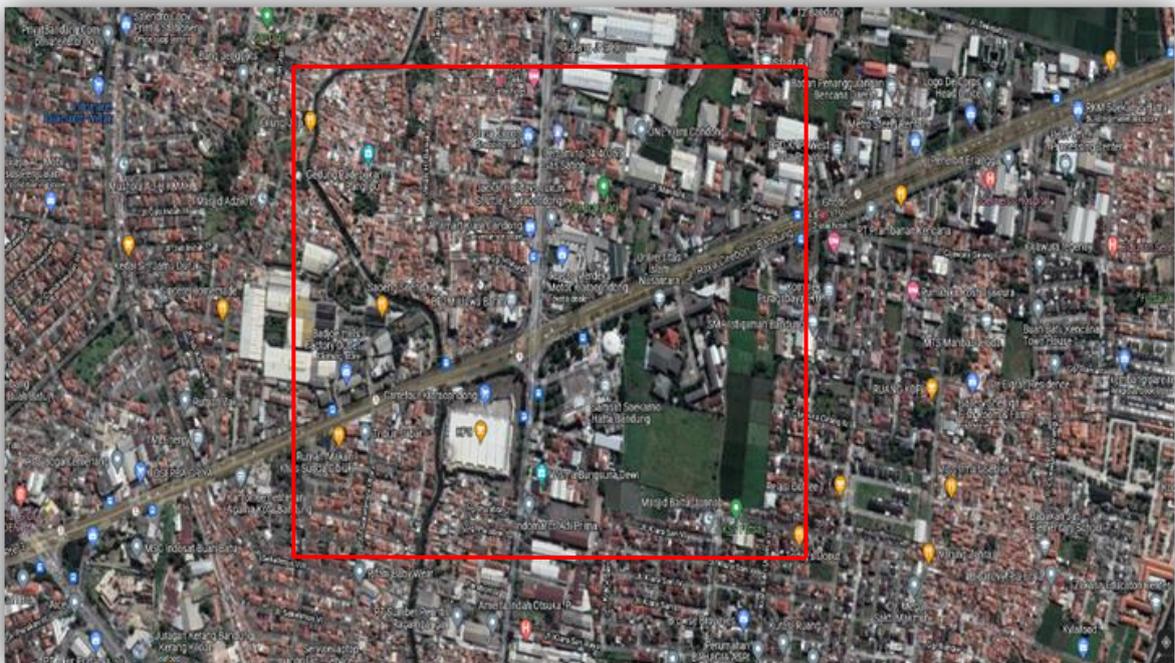
ABSTRACT

The Soekarno Hatta – Ibrahim Adjie intersection in the city of Bandung is one example of land transportation connecting infrastructure that often experiences congestion problems. With this, one solution to reduce congestion at the intersection is to reset the cycle time. The purpose of this study was to reset the cycle time of the Ibrahim Adjie - Soekarno Hatta intersection in Bandung city using the 1997 MKJI method which got a result of 116 seconds. After getting the results of the cycle time, the next step is to determine the performance of the intersection with the parameters of queue length and delay time where the result of the largest queue length is the Ibrahim Adjie intersection (North) of 125 meters and a delay time of 45 seconds, and the smallest queue length results are arms. Soekarno Hatta (West) intersection is 76 meters and the delay time is 53 seconds. While the results using the PTV Vissim 9 software, the largest queue length is the Soekarno Hatta intersection arm (East) of 270 meters and the delay time of 130 seconds, and the smallest queue length is the Ibrahim Adjie intersection arm (South) of 115 meters and the delay time of 56 second. From the results of calculations using the 1997 MKJI method and modeling using Vissim 9 PTV Software, it was found that changes in queue length and delay time were better than the existing conditions.

Keywords: Intersection, Congestion, Cycle Time, MKJI 1997, Vissim Software.

I. PENDAHULUAN

Simpang jalan Ibrahim Adjie – Soekarno Hatta di Kota Bandung adalah salah satu contoh prasarana penghubung transportasi darat yang mengalami masalah kemacetan. Hal ini terjadi karena waktu siklus yang sangat lama di simpang jalan tersebut. Dengan adanya hal tersebut, salah satu solusi untuk mengurai kemacetan di simpang jalan Ibrahim Adjie – Soekarno Hatta adalah dengan cara mengatur ulang waktu siklusnya. Untuk mengetahui gambaran kondisi simpang jalan Ibrahim Adjie – Soekarno Hatta di Kota Bandung, dalam penelitian Tugas Akhir ini menggunakan metode MKJI 1997 untuk mengatur ulang waktu siklus dan *software* PTV Vissim 9 untuk mengetahui kinerja simpang jalan Ibrahim Adjie – Soekarno Hatta setelah diatur ulang waktu siklusnya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpang

Persimpangan adalah suatu daerah dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan. Persimpangan merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan, lancar tidaknya pergerakan dalam suatu jaringan jalan sangat ditentukan oleh pengaturan pergerakan di persimpangan, secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan arus lalu lintas dalam sistem jaringan jalan tersebut.

2.2 Jenis-Jenis Simpang

Diketahui bahwa jenis-jenis persimpangan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu: persimpangan sebidang (*intersection*), persimpangan tak sebidang (*interchange*), dan persilangan (*overpass*).

1. Persimpangan sebidang (*intersection*), dimana ruas jalan bertemu pada 1 bidang.
2. Persimpangan tidak sebidang (*interchange*), dimana ruas jalan bersilangan pada bidang yang berbeda dengan menggunakan rambu-rambu untuk masuk dan keluar dari jalan yang satu ke jalan yang lain.
3. Persilangan (*overpass*), dimana ruas jalan yang satu bersilangan dengan yang lainnya tanpa adanya fasilitas untuk masuk atau keluar ke jalan lain.

2.3 Pergerakan Dan Konflik Pada Simpang

Pada persimpangan sebidang terdapat 4 jenis pergerakan arus lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik yaitu pemisah (*diverging*), penggabungan (*merging*), persilangan (*crossing*), dan jalinan (*weaving*).

1. Pemisah (*diverging*), pergerakan arus lalu lintas dimana kendaraan bergerak berpisah kebeberapa arah.
2. Penggabungan (*merging*), pergerakan arus lalu lintas dimana kendaraan bergerak berkumpul menjadi satu dari beberapa arah.
3. Persilangan (*crossing*), pergerakan arus lalu lintas dimana kendaraan bergerak dengan arah berpotongan atau menyilang.
4. Jalinan (*weaving*), pergerakan arus lalu lintas dimana adanya kombinasi pergerakan bergabung dan berpisah kendaraan.

2.4 Titik Konflik Pada Simpang

Didalam daerah persimpangan lintasan kendaraan dan pejalan kaki akan berpotongan sehingga membentuk titik-titik konflik, konflik ini akan menghambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensial untuk terjadinya tabrakan (kecelakaan).

2.5 Pengaturan Simpang

Pengaturan simpang merupakan sebuah upaya yang dilakukan untuk mengatur kendaraan yang berada dalam persimpangan, sehingga persimpangan tersebut terhindar dari risiko terjadinya kecelakaan, selain itu pengaturan persimpangan diterapkan untuk menjaga aktivitas lalu lintas pada persimpangan tersebut agar kinerjanya tetap optimal.

2.6 Pengaturan Simpang Tanpa Lampu Lalu Lintas

Persimpangan tanpa lalu lintas merupakan persimpangan yang tidak memiliki lampu lalu lintas untuk membantu mengatur kendaraan pada persimpangan tersebut, namun ada beberapa metode pengendalian persimpangan yang harus disadari dan dilakukan oleh pengguna jalan agar aktivitas lalu lintas yang terjadi pada persimpangan dilalui menjadi lebih tertib dan aman.

2.7 Tujuan Pengendalian Simpang

Tujuan utama dari pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk meningkatkan keselamatan arus lalu lintas dengan memberikan petunjuk-petunjuk yang jelas dan terarah serta tidak menimbulkan keraguan. Pengendalian arus lalu lintas di persimpangan berupa pengaturan dengan

menggunakan lampu lalu lintas, marka, dan rambu serta median/pulau lalu lintas yang mengatur, mengarahkan, dan memperingatkan pengguna jalan.

2.8 Kapasitas

Kapasitas adalah maksimum laju aliran berkelanjutan dimana kendaraan atau orang cukup dapat diharapkan untuk melintasi titik atau segmen seragam jalur atau jalan selama jangka waktu yang di tentukan berdasarkan geometrik jalan, lalu lintas, lingkungan, dan kontrol kondisi.

2.9 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang (MKJI, 1997). Berikut tundaan terbagi menjadi dua yaitu: 1. Tundaan lalu lintas (DT) adalah tundaan yang disebabkan oleh pengaruh adanya interaksi lalu lintas terhadap kendaraan lain, 2. Tundaan Geometrik adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan untuk melewati fasilitas jalan atau lengkung horizontal pada simpang.

2.10 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan yang berhenti di suatu ruas jalan. Terjadinya antrian kendaraan tersebut diakibatkan kurang lancarnya lalu lintas atau biasa disebut kemacetan. Hal ini terjadi karena volume lalu lintas melebihi kapasitas jalan.

2.11 Penentuan Waktu Siklus

Dalam penentuan waktu sinyal ada beberapa faktor yang harus ditentukan. Menurut MKJI (1997), beberapa faktor tersebut adalah: 1. Arus lalu lintas, 2. Arus jenuh, 3. Waktu siklus sebelum penyesuaian, 4. Waktu hijau, 5. Waktu siklus yang disesuaikan, 6. Kapasitas, 7. Derajat kejenuhan.

2.12 *Software* PTV Vissim 9

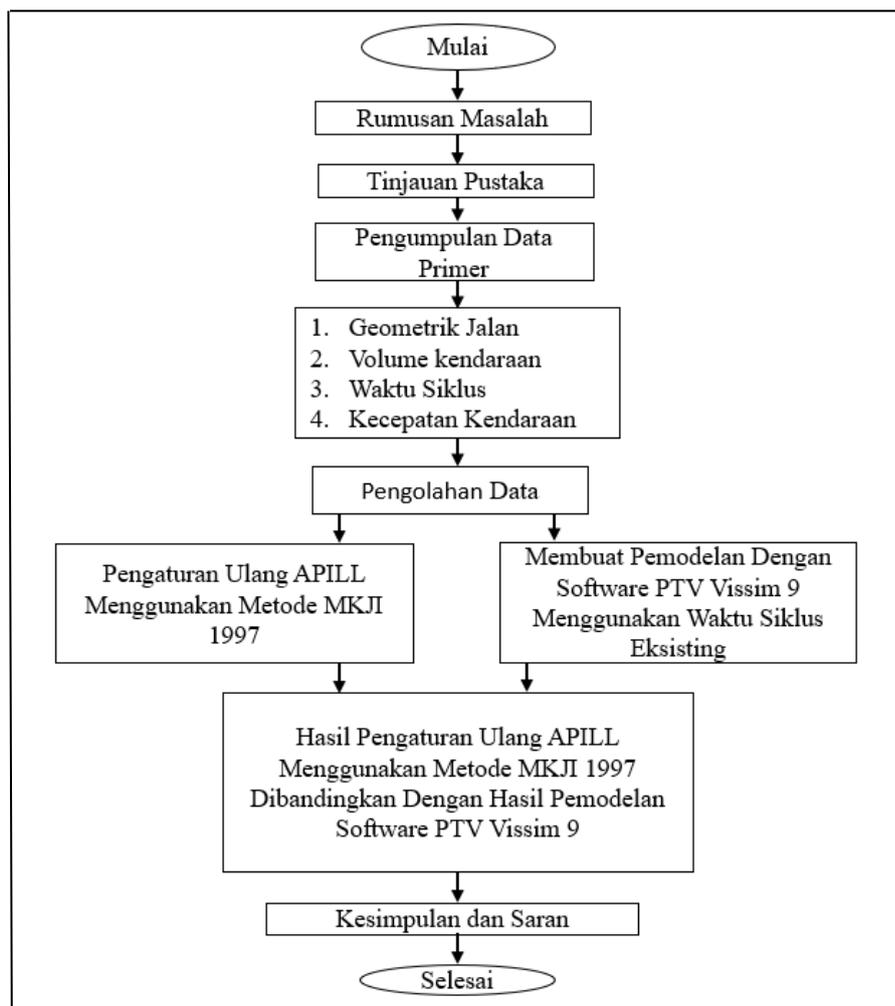
Software PTV Vissim 9 adalah simulasi mikroskopis, berdasarkan waktu dan perilaku yang dikembangkan untuk model lalu lintas perkotaan. *Software* PTV Vissim 9 mampu menampilkan sebuah simulasi dengan berbagai jenis dan karakteristik kendaraan yang digunakan. *Software* ini akan sangat bermanfaat untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang paling efektif yang akan sangat membantu dalam perencanaan simpang kordinasi.

2.13 Kalibrasi dan Validasi *Software* PYV Vissim 9

Kalibrasi yang terdapat di *Software* PTV Vissim 9 merupakan proses mengubah nilai-nilai parameter untuk mendekati model dengan kondisi yang sebenarnya. Sedangkan validasi adalah suatu proses penentuan seberapa akurat model mewakili kondisi yang sebenarnya. Validasi bisa dilakukan setelah mendapatkan nilai dari kalibrasi. Rumus statistik yang digunakan yaitu GEH. Rumus statistik GEH digunakan dengan tujuan untuk mengambil perbandingan dari data input dan juga output yang terdapat pada simulasi.

III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian Tugas Akhir ini diperlukan sebuah kerangka kerja (*framework*) yang disusun dari awal sampai akhir yang terdapat pada bagan alir (*flowchart*) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan yang menunjang untuk memperoleh data yang akan dianalisis pada penelitian Tugas Akhir ini. Data yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan data primer meliputi:

1. Data lokasi penelitian, merupakan data yang di ambil dari
2. Data volume kendaraan adalah data yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi dari satu titik ke tempat yang lain selama periode waktu tertentu.
3. Data geometrik jalan adalah data yang digunakan untuk mengetahui bentuk fisik, ukuran (panjang, lebar, tinggi, luas), dan tipe jalan yang digunakan.
4. Data kecepatan kendaraan adalah data yang diperlukan oleh kendaraan untuk melintasi satu titik tempat ke tempat yang lainnya.

3.2 Pemodelan *Software* PTV Vissim 9

Pemodelan *software* PTV Vissim 9 merupakan simulasi pergerakan kendaraan yang melalui persimpangan dengan geometrik jalan, volume kendaraan, kecepatan kendaraan dan perilaku pengemudi. Pemodelan ini dibuat dilokasi persimpangan Jalan Ahmad Yani – Jalan Supratman – Jalan Jakarta di kota Bandung dengan pemodelan Vissim (dengan *Fly Over*) untuk menganalisis kinerja persimpangan, kawasan jaringan jalan serta geometrik jalan disekitar persimpangan, dan membuat alternatif pergerakan arus lalu lintas disekitar persimpangan lalu dibandingkan dengan kinerja persimpangan setelah ada *Fly Over*. Ukuran kinerja pada pemodelan *software* PTV Vissim 9 meliputi waktu tundaan kendaraan, panjang antrian kendaraan, dan derajat kejenuhan. Untuk selanjutnya adalah tahapan membuat pemodelan dengan menggunakan *software* PTV Vissim 9.

1. *Input background* kawasan yang diamati.
2. Membuat jaringan jalan, setelah melakukan *input background* kawasan yang diamati.
3. Memasukan volume lalu lintas kendaraan sesuai dengan data yang didapat dengan cara menggunakan *tab command vehicle inputs/vehicle volumes*.
4. Menentukan rute pergerakan kendaraan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya dengan cara menggunakan *tab command vehicle routes*.
5. Menentukan kecepatan kendaraan dengan cara menggunakan *tab command desired speed distributions* menyesuaikan dengan data yang didapat.
6. Menentukan jenis kendaraan pada *software* PTV Vissim 9 dengan cara menggunakan *tab command list* lalu pilih *private transport* kemudian *inputs*.
7. Melakukan tahap kalibrasi pemodelan yang terdapat pada *software* PTV Vissim 9 dengan mengubah nilai parameter perilaku pengemudi disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya.
8. Validasi, data dari hasil pemodelan pada *software* PTV Vissim 9 dibandingkan dengan data kondisi yang sebenarnya menggunakan rumus statik Geoffrey E. Havers (GEH) yang dimana hasilnya nilai GEH < 5.

IV. PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kondisi Eksisting

Sebelum melakukan pemodelan menggunakan *software* PTV Vissim 9, langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengatur ulang waktu siklus menggunakan metode MKJI 1997.

Data yang dimasukkan pada *software* PTV Vissim 9 untuk kondisi eksisting adalah sebagai berikut:

1. Data geometrik kondisi eksisting.
2. Data volume kendaraan.

Data volume lalu lintas yang menuju simpang dan melewati tiap lengan simpang di klasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan meliputi kendaraan

ringan (*Light Vehicle: LV*), kendaraan berat (*Heavy Vehicle: HV*), sepeda motor (*Motorcycle: MC*) dan pergerakan kendaraan belok kiri, lurus, dan belok kanan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Volume dan Persentase Belok Lalu Lintas

Jalan Ibrahim Adjie (Utara)					
Pergerakan	HV	LV	MC	Jumlah (kendaraan/jam)	Persentase (%)
LT	17	62	242	321	14
ST	32	347	774	1153	50
RT	30	151	654	835	36
Total	79	560	1670	2309	100
Jalan Ibrahim Adjie (Selatan)					
Pergerakan	HV	LV	MC	Jumlah (kendaraan/jam)	Persentase (%)
LT	15	59	97	171	12
ST	22	201	489	712	54
RT	19	67	372	458	34
Total	56	327	958	1341	100
Jalan Soekarno Hatta (Timur)					
Pergerakan	HV	LV	MC	Jumlah (kendaraan/jam)	Persentase (%)
LT	42	342	257	641	19
ST	158	783	788	1729	50
RT	97	437	546	1080	31
Total	297	1562	1591	3450	100
Jalan Soekarno Hatta (Barat)					
Pergerakan	HV	LV	MC	Jumlah (kendaraan/jam)	Persentase (%)
LT	21	87	288	396	18
ST	41	397	598	1036	48
RT	20	197	529	746	34
Total	82	681	1415	2178	100

3. Data persentase pergerakan kendaraan

Persentase pergerakan kendaraan adalah perbandingan rute arah tujuan kendaraan yang melewati simpang, yang di dapatkan dengan membagi jumlah kendaraan di setiap rute tujuannya dengan total kendaraan pada ruas jalan tersebut.

4. Data kecepatan kendaraan

Data kecepatan kendaraan adalah data yang menunjukkan besaran jarak yang ditempuh suatu kendaraan selama periode tertentu.

5. Pemodelan menggunakan *software* PTV Vissim 9

Langkah membuat pemodelan menggunakan *software* PTV Vissim 9 dimulai dari membuat geometrik persimpangan jalan, menentukan jenis kendaraan, dan memasukan data volume lalu lintas ke dalam *software* PTV Vissim 9. Kemudian untuk langkah selanjutnya pada pemodelan menggunakan *software* PTV Vissim ini dilakukan kalibrasi terhadap model yang sudah dibuat dengan mengganti nilai-nilai parameternya yang bisa dilihat pada Tabel 6.

6. Setelah langkah kalibrasi selesai dilakukan pada pemodelan menggunakan *software* PTV Vissim 9 dan mendapatkan hasil *output* pada *software* PTV Vissim 9 mendekati dengan kondisi sebenarnya, selanjutnya dilakukan langkah validasi dengan menggunakan rumus Geoffrey E. Havers (GEH).

Tabel 7. Hasil Kalibrasi

Lengan Simpang	Volume Kendaraan (Kend/Jam)		Nilai GEH
	Sesudah Kalibrasi	Eksisting	
Jl. Ibrahim Adjie (Utara)	2.482	2.309	3,53
Jl. Kiaracondong (Selatan)	1,426	1.341	2,28
Jl. Soekarno Hatta (Timur)	3,712	3.450	4,37
Jl. Soekarno Hatta (Barat)	2,317	2.178	2.93

7. Hasil pemodelan menggunakan PTV Vissim 9

Pemodelan yang dibuat menggunakan *software* PTV Vissim 9 mendapatkan hasil berupa kinerja simpang yang meliputi panjang antrian dan waktu tundaan kendaraan dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Perbandingan Panjang Antrian MKJI 1997 dan Pemodelan *Software* PTV Vissim 9

Lengan Simpang	Panjang Antrian		Perubahan
	MKJI	Vissim 9	
Jl. Ibrahim Adjie (Utara)	125 meter	138 meter	Berkurang 455 m
Jl. Ibrahim Adjie (Selatan)	93 meter	115 meter	Berkurang 217 m
Jl. Soekarno Hatta (Timur)	116 meter	270 meter	Berkurang 557 m
Jl. Soekarno Hatta (Barat)	76 mmeter	131 meter	Berkurang 177 m

Tabel 9. Perbandingan Waktu Tundaan MKJI 1997 dan Pemodelan *Software* PTV Vissim 9

Lengan Simpang	Tundaan		Perubahan
	MKJI	Vissim 9	
Jl. Ibrahim Adjie (Utara)	45 detik	52 detik	Berkurang 183 detik
Jl. Ibrahim Adjie (Selatan)	31 detik	56 detik	Berkurang 35 detik
Jl. Soekarno Hatta (Timur)	85 detik	130detik	Berkurang 133 detik
Jl. Soekarno Hatta (Barat)	53 detik	65 detik	Berkurang 62 detik

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menghitung kinerja simpang menggunakan metode MKJI 1997 menggunakan waktu siklus eksisting 450 detik, didapatkan didapatkan hasil kinerja simpang terbesar dilihat dari perhitungan panjang antrian jalan Soekarno Hatta (Timur) sebesar 673 meter dengan waktu tundaan 263 detik dan kinerja simpang terkecil dilihat dari panjang antrian jalan Soekarno Hatta (Barat) sebesar

253 meter dengan waktu tundaan 127 detik. Setelah dilakukan pengaturan ulang waktu siklus didapatkan waktu siklus keseluruhan simpang 116 detik dan kinerja simpang menggunakan metode MKJI 1997 didapatkan hasil kinerja simpang terbesar dilihat dari perhitungan panjang antrian jalan Ibrahim Adjie (Utara) sebesar 125 meter dengan waktu tundaan 45 detik dan kinerja simpang terkecil dilihat dari panjang antrian jalan Soekarno Hatta (Barat) sebesar 76 meter dengan waktu tundaan 53 detik. Setelah dilakukan pemodelan menggunakan *software* PTV Vissim 9 menggunakan waktu siklus eksisting didapatkan hasil terbesar dilihat dari panjang antrian jalan Ibrahim Adjie (Utara) sebesar 138 meter dengan waktu tundaan 53 detik dan hasil terkecil dilihat dari panjang antrian jalan Ibrahim Adjie (Selatan) sebesar 115 meter dengan waktu tundaan 56 detik. Dari hasil perhitungan menggunakan metode MKJI 1997 dan pemodelan menggunakan *Software* PTV Vissim 9 didapatkan perubahan panjang antrian dan waktu tundaan yang lebih pendek dari kondisi eksisting.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah Analisis kinerja simpang disarankan menggunakan metode MKJI 1997, karena sudah sesuai dengan standar di Indonesia. Perlu dilakukan survei dengan ketelitian yang jauh lebih tinggi sehingga mendapatkan hasil yang jauh lebih akurat, seperti melakukan selama satu minggu penuh sehingga data yang didapatkan lebih mempresentasikan kondisi lalu lintas yang sebenarnya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Athanagya Rashifaldy., (2020), "*Analisis Panjang Antrian Simpang Kopo Menggunakan Software Vissim di Kota Bandung*", Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- [2] D. Akin and V. P. Sisiopiku. 2007. "Pedestrian crossing compliance characteristics at-grade signalized crosswalks: Case study in a downtown-university campus.
- [3] Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, (1997), "Manual Kapasitas Jalan Indonesia: *Simpang Bersinyal dan Simpang Tidak Bersinyal*". Jakarta Direktorat Jendral Bina Marga.
- [4] Direktorat Jendral Bina Marga (2016), Modul 5, *Rekayasa Keselamatan Jalan Kementrian Pekerjaan Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga.
- [5] Environment," in 86th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C.,
- [6] Fransisca Aria Nindita., (2020), "*Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Nyaben Yogyakarta Menggunakan Software Vissim*", Yogyakarta: Universitas Atma Yogyakarta.
- [7] Galuh Pamusti (2017). "*Kinerja Simpang Jalan Jakarta – Jalan Supratman Kota Bandung dengan Metode MKJI 1997 dan Software PTV Vissim 9. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional.*
- [8] Kurnia Holo Ramba Deta, Atri. 2016, *Evaluasi Kinerja Simpang APILL (Studi Kasus: Simpang Tiga Jalan Radamata – Jalan Waikelo Kota Waitabula, NTT)*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- [9] Mubarak, H (2016). *Analisis Kapasitas dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Pasir Putih Jalan Kaharuddin Nasution Kota*

- Pekan Baru. Racic: Jurnal Teknik Sipil Universitas Abdurrah.*
- [10] Nurjannah Haryanti Putri & Muhammad Zudhy Irawan., (2015), " *Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)*", Yogyakarta: Universitas Yogyakarta.
 - [11] Oktianto Pratomo, Radityo., dan Adi Pratama, Rio. 2019, *Evaluasi Kinerja Simpang APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) Di Kota Semarang (Studi Kasusdi Jalan Dr. Cipto Semarang Sepanjang 2,8 KM Saat Jam Puncak)*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
 - [12] Octaviany Girsang, Marissa. 2019, *Evaluasi Kinerja Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dan Webster (Studi Kasu: APILL Simpang Pangeran Diponegoro dan Jalan Abdulrahman Saleh)*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
 - [13] Prasetyanto, Dwi. 2019, *Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
 - [14] Rendy Dwi Sunyata N., (2021), "*Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Saat Konstruksi Flyover Simpang Kopo*", Bandung: Institut Teknologi Nasional.
 - [15] Rama Dwi Aryandi & Ahmad Munawar., (2014), " *The 17th FSTPT International Symposium, Jember University. Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal Pada Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta, Jember: Universitas Jember.*
 - [16] Rakadithya Ilmansyah Suherman., (2018), "*Evaluasi Kinerja Persimpangan Jalan Soekarno Hatta - Jalan Buah Batu di Kota Bandung*", Bandung: Institut Teknologi Nasional.
 - [17] Rahayu, G., Rosyidi, S. A.P., & Munawar, A (2009), *Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian Pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus di Jalan Dr. Sutomo Suryopranoto, Yogyakarta. Semesta Teknik.*