

Pemodelan Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan *Software* PTV Vissim (Studi Kasus : Simpang Empat Sentosa Baturaja)

Ferry Farhan¹, Lindawati², Ferry Desromi³

¹Mahasiswa S-1 Program Studi Teknik Sipil, Jln. Ratu Penghulu No. 2301 Karang Sari, Baturaja, OKU Sumsel 32115, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Jln. Ratu Penghulu No. 2301 Karang Sari, Baturaja, OKU Sumsel 32115, Indonesia

¹ferryfarhan@gmail.com, ²lindaunbara@gmail.com, ³fervdesromi71@gmail.com

ABSTRACT

With the increasing population growth from year to year, it will have an impact on the transportation sector, one of which is the conflict of traffic flow at road intersections. In Baturaja city, there are several intersections that have not been equipped with signaling (traffic lights), one of which is Simpang Empat Sentosa. At the intersection there are traffic lights but they have not been functioning for a long time, besides this intersection has quite busy traffic flow conditions, especially during peak hours. This research aims to analyze the intersection performance through unsignalized intersection modeling and signalized intersection modeling. The method in this study is to conduct a direct traffic survey in the field which is then followed by modeling with the help of PTV Vissim software. The results of modeling the existing condition intersection obtained level of service (LOS) C, average delay value of 15.07 seconds / vehicle, average queue length of 7.76 meters, and maximum queue length of 51.69 meters. The second modeling is the intersection modeling of signalized conditions obtained level of service (LOS) C, average delay value of 28.67 seconds / vehicle, average queue length of 12.30 meters, and maximum queue length of 62.07 meters. From the two intersection modeling that has been made, it can be seen that the condition of the intersection without a signal is better than when given signaling (traffic lights).

Keywords: Intersection, Modeling, PTV Vissim, Unsignalized Intersection, Performance

ABSTRAK

Dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun akan berdampak pada bidang transportasi, salah satunya adalah konflik arus lalu lintas pada persimpangan jalan. Di kota Baturaja, ada beberapa simpang yang belum dilengkapi dengan persinyalan (APILL), salah satunya yaitu Simpang Empat Sentosa. Pada persimpangan tersebut terdapat *traffic lights* namun sudah cukup lama tidak berfungsi, selain itu persimpangan ini memiliki kondisi arus lalu lintas yang cukup ramai, terutama saat jam puncak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang melalui pemodelan simpang tak bersinyal dan pemodelan simpang bersinyal. Metode pada penelitian ini yakni melakukan survei lalu lintas secara langsung di lapangan yang kemudian dilanjutkan dengan pemodelan dengan bantuan *software* PTV Vissim. Hasil pemodelan simpang kondisi eksisting didapat tingkat pelayanan (LOS) C, nilai tundaan rerata 15,07 detik/kendaraan, panjang antrean rerata 7,76 meter, dan panjang antrean maksimum 51,69 meter. Pemodelan yang kedua yakni pemodelan simpang kondisi bersinyal didapat tingkat pelayanan (LOS) C, nilai tundaan rerata 28,67 detik/kendaraan, panjang antrean rerata 12,30 meter, dan panjang antrean maksimum 62,07 meter. Dari dua pemodelan simpang yang telah dibuat dapat diketahui bahwa kondisi simpang tanpa APILL kerjanya lebih baik dibandingkan ketika diberikan persinyalan (APILL).

Kata Kunci : Simpang, Pemodelan, PTV Vissim, Simpang Tak Bersinyal, Kinerja

1. PENDAHULUAN

Transportasi menjadi salah satu prasarana yang sangat penting yang perannya sangat dibutuhkan oleh setiap manusia sebagai makhluk sosial ataupun masyarakat agar dapat membantu untuk menjalankan kegiatan maupun rutinitasnya. Permasalahan transportasi yang sering terjadi biasanya didominasi oleh moda transportasi darat, hal ini dapat disebabkan oleh peningkatan jumlah pengguna transportasi yang tidak diiringi dengan sistem perencanaan lalu lintas yang baik sehingga mengakibatkan munculnya permasalahan dalam ketertiban berlalu lintas. Selain itu kesalahan dalam perencanaan dan penerapan sistem transportasi juga menjadi salah satu penyebab permasalahan transportasi terjadi. Salah satu permasalahan pada moda transportasi darat ialah adanya konflik arus lalu lintas pada persimpangan jalan.

Di kota Baturaja, ada beberapa simpang yang tidak dilengkapi dengan persinyalan (APILL). Salah satunya pada Simpang Empat Sentosa kota Baturaja. Pada persimpangan tersebut terdapat sebuah traffic light yang sudah cukup lama tidak berfungsi,

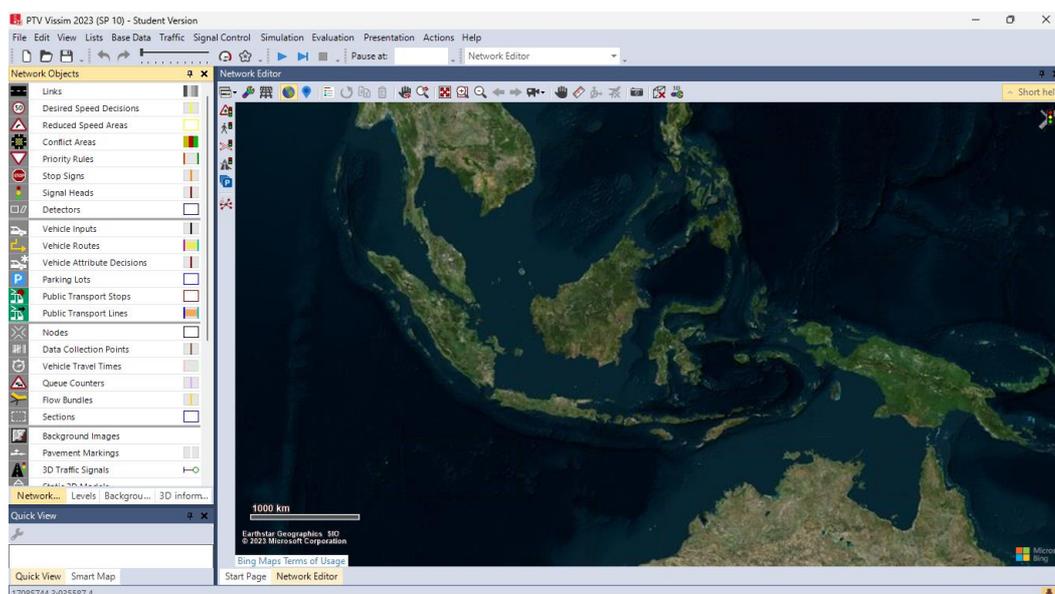
hal ini menjadi sebuah pertanyaan apakah karena sudah lama rusak atau karena memang tidak efektifnya jika diberikan traffic light pada persimpangan tersebut. Selain itu persimpangan ini memiliki kondisi arus lalu lintas yang cukup ramai setiap harinya, terutama saat jam puncak. Penumpukan kendaraan ini terjadi disebabkan banyaknya masyarakat yang melintas pada simpang tersebut serta dikarenakan adanya sekolah di area tersebut. Persimpangan tersebut menjadi salah satu jalan utama bagi masyarakat menuju ke pusat kota Baturaja untuk melakukan aktivitasnya dan akses para siswa untuk menuju ke Sekolah, sehingga persimpangan tersebut cukup padat setiap harinya

Untuk menjawab persoalan pada persimpangan tersebut, perlu dilakukan evaluasi, analisis, dan pemodelan lalu lintas menggunakan bantuan *software* PTV Vissim. Pemodelan lalu lintas telah memegang peranan penting dalam semua bidang transportasi dalam beberapa dekade terakhir dan berdampak pada semua pihak terkait. Dengan bantuan desain model simulasi transportasi lalu lintas kota, akan lebih efisien untuk menerapkan solusi transportasi yang baru pada suatu persimpangan jalan dibandingkan dengan metode tradisional (Kučera & Chocholáč, 2021). Simulasi lalu lintas sangat berguna untuk memeriksa dan mengevaluasi model lalu lintas yang berbeda. Selain itu, perangkat lunak simulasi komputer hemat biaya karena tidak ada sistem yang diperlukan untuk pengujian (Al-Msari et al., 2024). *Software* PTV VISSIM telah dikembangkan untuk simulasi dan pemodelan lalu lintas dalam beberapa tahun terakhir dan telah digunakan di seluruh dunia. PTV VISSIM menciptakan simulasi virtual berdasarkan input yang diberikan oleh pengguna, yang membantu dalam pengambilan keputusan (Gazder et al., 2020). Pemodelan dengan menggunakan bantuan *software* PTV Vissim memberikan kemudahan dalam menganalisa simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal sehingga dapat menjadi jawaban dari permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PTV VISSIM

Simulasi mikro lalu lintas merupakan analisa lalu lintas yang berguna untuk menyelesaikan masalah di bidang transportasi. Model simulasi menyiapkan variabel lalu lintas yang telah dianalisa di berbagai keadaan serta biaya yang digunakan terjangkau. VISSIM (Verkehr in Städten-SIMulationsmodell dikelola oleh perusahaan asal Jerman yakni Planung Transport Verkehr, PTV) merupakan *software* mikrosimulasi lalu lintas yang terkenal melalui pemodelannya yang didasarkan pada kendaraan, interaksi pejalan kaki, dan jenis transportasi lainnya, yang mampu menganalisa dan mengoptimumkan arus lalu lintas dengan detail (Espejel-Garcia et al., 2017). Model ini awalnya dikembangkan pada awal tahun 1970-an oleh Rainer Wiedemann di Universitas Karlsruhe, Jerman. Kemudian pada tahun 1993, perusahaan PTV Transworld AG meluncurkan distribusi komersial paket perangkat lunak tersebut. PTV Vissim adalah program model simulasi berbasis perilaku dan langkah waktu. Perangkat lunak ini memiliki tiga komponen dasar, yaitu model arus lalu lintas, model pengendalian lalu lintas, dan paket analisis data. PTV Vissim dapat digunakan untuk menganalisis berbagai masalah transportasi, seperti interaksi moda transportasi yang berbeda, penentuan prioritas dan pengoptimalan sinyal, operasi jalan bebas hambatan, strategi manajemen lalu lintas, penugasan lalu lintas yang dinamis, arus pejalan kaki, dll. Keuntungan menggunakan PTV Vissim dibandingkan perangkat lunak kontemporer lainnya adalah bahwa model ini memungkinkan kalibrasi beberapa parameter yang mencakup perilaku pengemudi untuk mereplikasi kondisi lalu lintas lokal secara realistis (Al-Ahmadi et al., 2019).



Gambar 1. Tampilan User Interface *Software* PTV Vissim

VALIDASI

Menurut (Romadhona & Chasanah, 2021), Validasi dalam PTV Vissim adalah proses menguji kebenaran kalibrasi dengan membandingkan volume yang diamati dan volume yang disimulasikan. Rumus Geoffrey E. Havers (GEH) diperlukan guna

memvalidasi volume observasi dan simulasi, GEH adalah persamaan statistik yang telah dimodifikasi dari rumus Chi - squared. Statistik GEH yang dihitung merupakan pendekatan empiris untuk membandingkan nilai aktual dan nilai prediksi dalam simulasi (Bandi & George, 2020).

$$GEH = \sqrt{\frac{(Q \text{ simulated} - Q \text{ observed})^2}{0,5 \times (Q \text{ simulated} + Q \text{ observed})}} \quad (1)$$

Keterangan :

$Q \text{ simulated}$ = jumlah volume (kend/jam) berdasarkan evaluasi pada PTV Vissim

$Q \text{ observed}$ = jumlah volume (kend/jam) berdasarkan observasi

Hasil dari validasi menggunakan rumus GEH mempunyai ketentuan penilaian berikut (Romadhona & Chasanah, 2021).

1. Nilai GEH < 5, permodelan valid.
2. Nilai GEH 5 – 10, permodelan meragukan (kemungkinan error).
3. Nilai GEH > 10, permodelan tidak valid.

TINGKAT PELAYANAN

Tingkat pelayanan dapat digambarkan sebagai indikator seberapa baik persimpangan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan bagaimana kondisi kendaraan yang melintas. Parameter ini terutama membantu dalam mengidentifikasi kondisi persimpangan tertentu dalam hal penanganan lalu lintas dan kinerja persimpangan tersebut (B. Vinayaka, 2016). Penilaian tingkat pelayanan didasarkan pada atribut hasil tundaan kendaraan (rata-rata). Kisaran nilai tundaan kendaraan saat ini tergantung pada tipe skema *Level of service* dari Simpang Bersinyal atau Simpang Tak Bersinyal. *Level of service* (LOS) pada PTV Vissim mengacu kepada LOS yang dikategorikan oleh *American Highway Capacity Manual* tahun 2010 (PTV Group, 2023).

Tabel 1. Penilaian Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal

LOS	Tundaan (detik)
A	<10 detik atau tidak ada volume, karena tidak ada kendaraan yang bergerak, juga karena tidak kemacetan lalu lintas
B	10 hingga 20
C	20 hingga 35
D	35 hingga 55
E	55 hingga 80
F	> 80

Sumber : (PTV Group, 2023)

Tabel 2. Penilaian Tingkat Pelayanan Simpang Tak Bersinyal

LOS	Tundaan (detik)
A	<10 detik atau tidak ada volume, karena tidak ada kendaraan yang bergerak, juga karena tidak kemacetan lalu lintas
B	10 hingga 15
C	15 hingga 25
D	25 hingga 35
E	35 hingga 50
F	> 50

Sumber : (PTV Group, 2023)

Adapun menurut Per. Menteri Nomor 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan di persimpangan bisa dikategorikan sebagai berikut.

Tabel 3. Penilaian Tingkat Pelayanan di Persimpangan

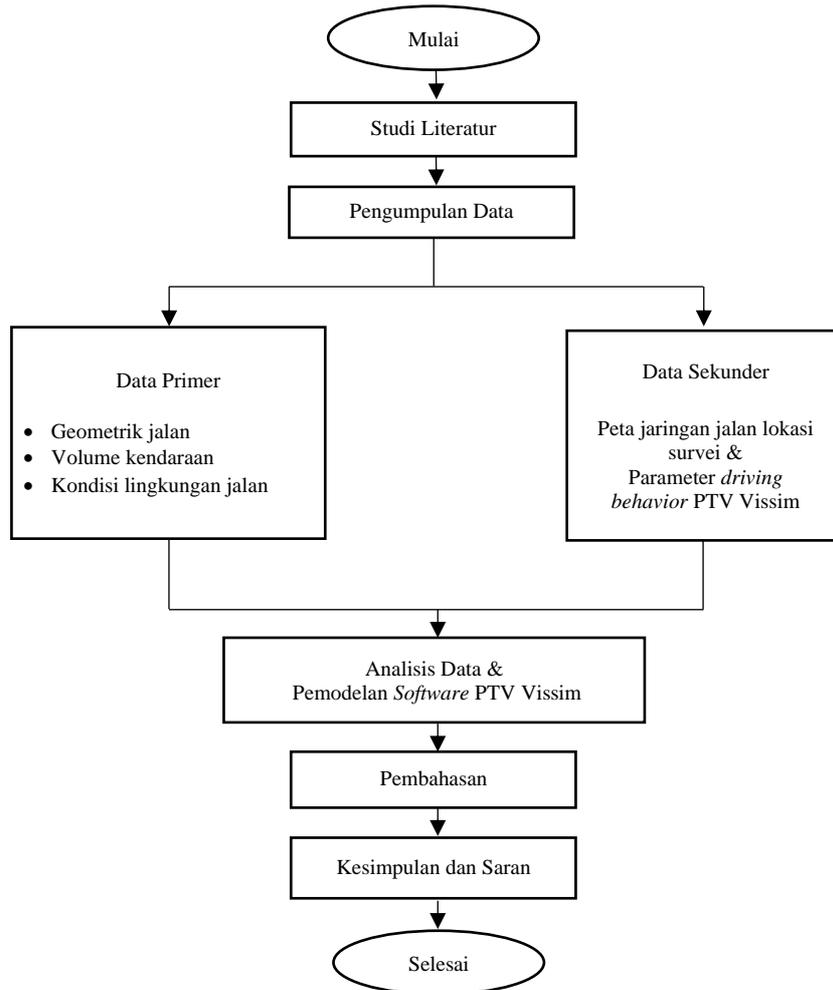
LOS	Tundaan (detik)
A	< 15
B	5 hingga 15

C	15 hingga 25
D	25 hingga 40
E	40 hingga 60
F	> 60

Sumber : (Per. Menteri Nomor 96, 2015)

3. METODE PENELITIAN

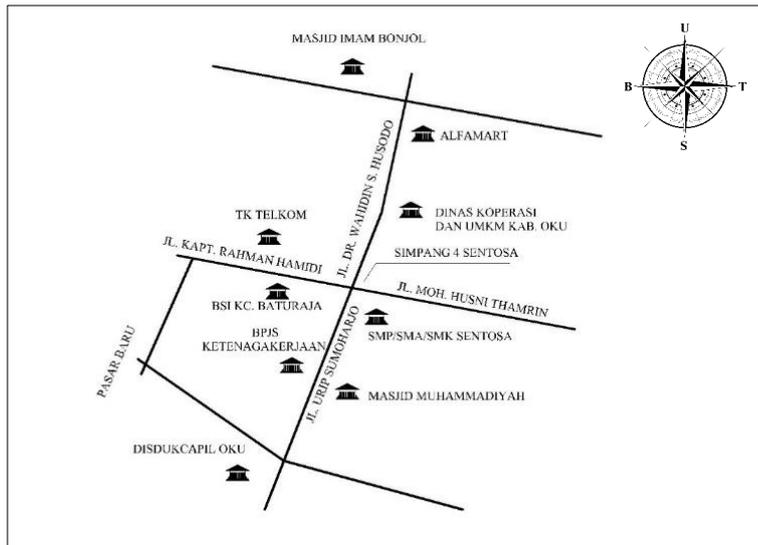
Metode pada penelitian ini yakni melakukan survei lalu lintas secara langsung di lapangan yang kemudian dilanjutkan dengan pemodelan dengan bantuan *software* PTV Vissim. Bagan alur dibawah ini menerangkan metode penelitian ini.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Persimpangan Simpang Empat Sentosa Kota Baturaja. Detail lokasi penelitian terlihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 3. Denah Lokasi Penelitian

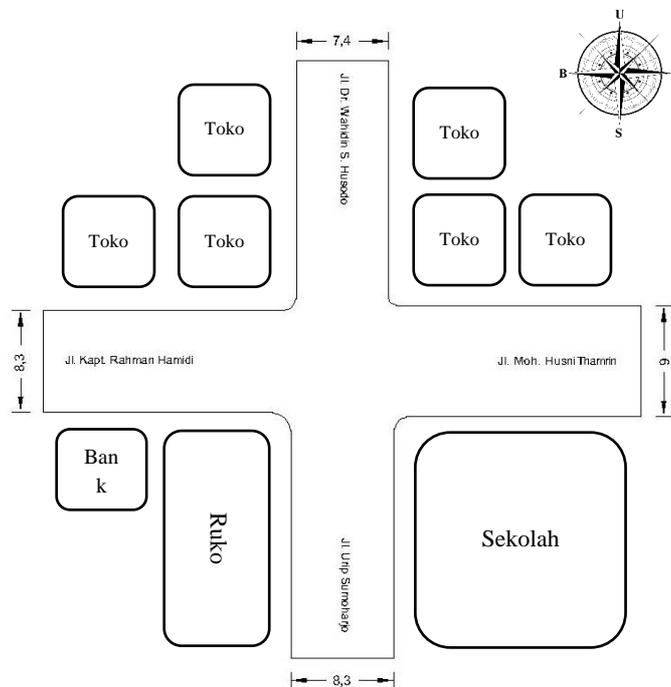
PENGUMPULAN DATA

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data dilapangan antara lain geometrik jalan, volume kendaraan dan kondisi lingkungan jalan. Perhitungan volume kendaraan dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan, seperti MC, LV, HV dan UM. Setelah didapat data dilapangan selanjutnya diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Setelah itu data tersebut diinput dengan data-data lainnya untuk dianalisa menggunakan *software* PTV Vissim.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geometrik Simpang

Dari hasil survei secara langsung di lapangan, telah dilakukan pengukuran dengan alat ukur dan pengamatan didapati keadaan geometrik simpang seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Geometrik Simpang

- a. Lebar lengan Selatan (Jl. Urip Sumoharjo) = 8,3 m
- b. Lebar lengan Timur (Jl. Moh. Husni Thamrin) = 9 m
- c. Lebar lengan Utara (Jl. Dr. Wahidin S. Husodo) = 7,4 m
- d. Lebar lengan Barat (Jl. Kapt. Rahman Hamidi) = 8,3 m

Data Geometrik Simpang

Tabel 4. Data Geometrik Simpang

Jalan	Pendekat (meter)			
	Lebar	Lebar		Lebar LTOR
		Masuk	Keluar	
Jln. Urip Sumoharjo	8,30	4,15	4,15	-
Jln. Moh. Husni Thamrin	9	4,5	4,5	-
Jln. Dr. Wahidin S. Husodo	7,40	3,70	3,70	-
Jln. Kapt. Rahman Hamidi	8,30	4,15	4,15	-

Sumber : Survei lapangan

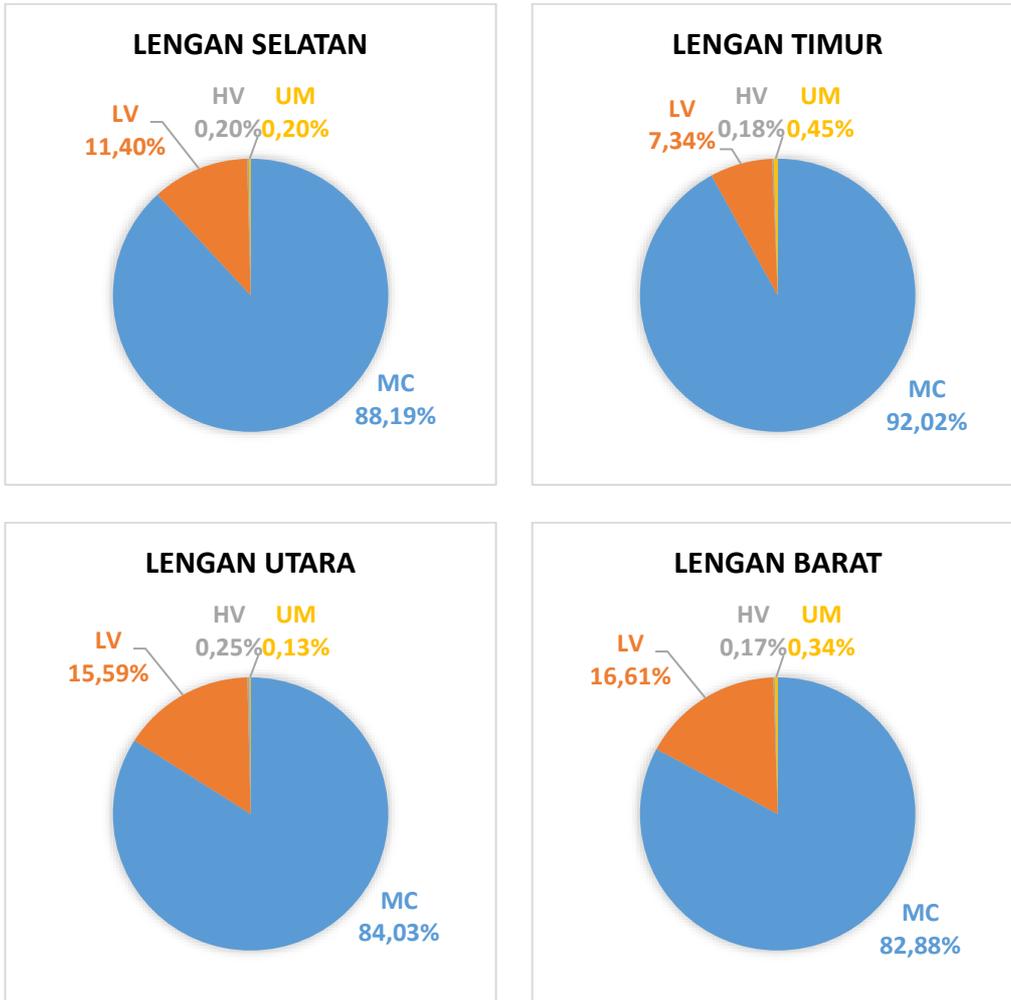
Volume Jam Puncak

Pengumpulan data atau survei volume kendaraan dilaksanakan selama tujuh hari dengan rentang waktu dari jam 07.00 – 17.00 WIB, dilaksanakan pada hari Senin tanggal 4 Desember 2023 sampai hari Minggu tanggal 10 Desember 2023. Dari hasil survei diketahui volume jam puncak terjadi pada hari Jum’at, 8 Desember 2023 jam 11.00–12.00 WIB yang mana jam tersebut merupakan waktu pulang sekolah, kerja atau istirahat dari pekerjaan untuk menunaikan sholat Jum’at, dengan volume kendaraan sebesar 3941 kendaraan/jam.

Tabel 5. Data volume kendaraan saat jam puncak

Waktu Jam Puncak	Lengan	Jenis Kendaraan				Total	Total / Lengan
		MC	LV	HV	UM		
11.00 – 12.00	U – T	221	31	0	0	252	789
	U – S	407	88	2	0	497	
	U – B	35	4	0	1	40	
	T – S	422	43	1	2	468	1103
	T – B	274	11	1	3	289	
	T – U	319	27	0	0	346	
	S – B	116	7	0	0	123	1465
	S – U	539	97	3	3	642	
	S – T	637	63	0	0	700	
	B – U	96	13	1	1	111	584
	B – T	259	32	0	0	291	
	B – S	129	52	0	1	182	
Total Volume pada Jam Puncak							3941

Perbandingan jenis kendaraan pada setiap lengan di persimpangan tersebut dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Jenis Kendaraan pada Simpang

Dari grafik diatas, dapat diketahui bahwa pada persimpangan tersebut di dominasi kendaraan sepeda motor / Motorcycle (MC) persentase sekitar 86,78 %.

Validasi Geoffery E.Hearves (GEH)

Tabel 6. Validasi GEH

Lengan	Q Observed (kend/jam)	Q Simulated (kend/jam)	Persentase GEH (%)	Keterangan Hasil
Selatan	1465	1422	1,13	Diterima
Timur	1103	1062	1,25	Diterima
Utara	789	768	0,75	Diterima
Barat	584	510	3,16	Diterima

Nilai GEH pada perhitungan validasi didapat pada angka dibawah 5% sehingga pemodelan yang telah dibuat dapat digunakan untuk analisis.

Hasil Analisa Menggunakan Software PTV Vissim

Kondisi Eksisting

Pemodelan kondisi eksisting adalah pemodelan dengan menginputkan data-data simpang yang serupa seperti di lapangan. Setelah seluruh data diinput ke program dan dijalankan, didapatkan hasil pemodelan simpang kondisi eksisting yakni tingkat pelayanan (LOS) C, nilai tundaan rerata 15,07 detik/kend, panjang antrean rerata 7,76 meter, panjang antrean maksimum 51,69 meter, emisi karbon monoksida atau CO 2975,952 gram, emisi nitrogen oksida atau NOx 579,012 gram, emisi volatile organic compounds (VOC) 689,706 gram dan penggunaan bahan bakar 42,576 US Galon = 161,15 Liter.

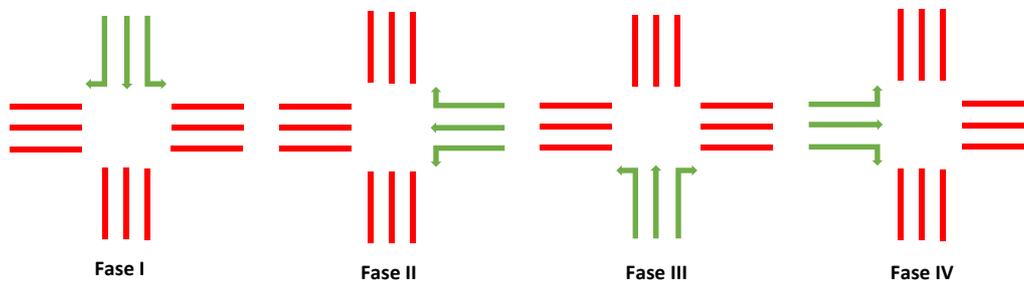
Kondisi Bersinyal

Setelah dilakukan pemodelan simpang dengan kondisi eksisting, maka selanjutnya dimodelkan simpang tersebut dengan menggunakan sinyal APILL. Dengan memberikan sinyal APILL maka persimpangan tersebut membutuhkan waktu siklus yang sesuai. Dalam pembuatan waktu hijau tiap lengannya digunakan perbandingan berdasarkan proporsi volume seperti pada Tabel 7. Penentuan waktu siklus pada pemodelan ini menggunakan metode trial and error, sehingga didapatkan waktu siklus 4 fase yang optimal adalah 80 detik. Fase APILL yang direncanakan bisa dilihat pada Gambar 6.

Tabel 7. Perencanaan Waktu Siklus

Arah Lengan	Volume	Proporsi	Green Time	Amber	Red All	Intergreen
Utara	789	0,20	12	3	2	5
Timur	1103	0,28	17	3	2	5
Selatan	1465	0,37	22	3	2	5
Barat	584	0,15	9	3	2	5
Jumlah	3941	1	60			20

Sumber : (Hasil Analisa, 2024)



Gambar 6. Sinyal dengan 4 Fase

Tabel 8. Waktu siklus untuk simpang bersinyal

	Waktu Siklus 80							
Fase 1 (Utara)	2	12	3					
Fase 2 (Timur)				2	17	3		
Fase 3 (Selatan)					2	22	3	
Fase 4 (Barat)						2	9	3

Sumber : (Hasil Analisa, 2024)

Hasil pemodelan simpang dalam kondisi bersinyal yakni tingkat pelayanan (LOS) C, nilai tundaan rerata 28,67 detik/kend, panjang antrean rerata 12,30 meter, panjang antrean maksimum 62,07 meter, emisi karbon monoksida atau CO 3365,982 gram,

emisi nitrogen oksida atau NO_x 654,9 gram, emisi volatile organic compounds (VOC) 780,096 gram dan penggunaan bahan bakar 48,156 US Galon = 182,27 Liter.

Perbandingan Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting dan Kondisi Bersinyal

Tabel 8. Perbandingan Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting dan Kondisi Bersinyal

Variabel	Eksisting	Bersinyal
Tundaan kendaraan rerata (detik/kendaraan)	15,07	28,67
Panjang antrean rerata (m)	7,76	12,30
Antrean maksimum (m)	51,69	62,07
Level of Service (LOS)	C	C

Pada tabel perbandingan hasil pemodelan menggunakan Software PTV Vissim menunjukkan bahwa kondisi eksisting simpang tanpa sinyal APILL kinerja nya lebih baik dari pada ketika menggunakan sinyal APILL.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

- Hasil pemodelan simpang pada kondisi eksisting dengan menggunakan *software* PTV Vissim didapatkan beberapa data berikut :
 - Panjang antrean rerata : 7,76 meter
 - Panjang antrean maksimum : 51,69 meter
 - Tingkat Pelayanan : LOS C
 - Tundaan kendaraan rerata : 15,07 detik
 - Emissions CO : 2975,952 gram
 - Emissions NO_x : 579,012 gram
 - Emissions VOC : 689,706 gram
 - Jumlah penggunaan bahan bakar : 42,576 US Galon = 161,15 Liter
- Hasil pemodelan simpang pada kondisi bersinyal dengan menggunakan *software* PTV Vissim didapatkan beberapa data berikut :
 - Panjang antrean rerata : 12,30 meter
 - Panjang antrean maksimum : 62,07 meter
 - Tingkat Pelayanan : LOS C
 - Tundaan kendaraan rerata : 28,67 detik
 - Emissions CO : 3365,982 gram
 - Emissions NO_x : 654,9 gram
 - Emissions VOC : 780,096 gram
 - Jumlah penggunaan bahan bakar : 48,156 US Galon = 182,27 Liter
- Dari dua pemodelan simpang yang telah dibuat diketahui bahwa kondisi simpang tanpa APILL kinerja nya lebih baik dibandingkan ketika menggunakan APILL, selain itu pemodelan yang dilakukan pada simpang ini menggunakan volume kendaraan jam puncak yang mana pada jam tersebut merupakan waktu pulang sekolah atau kerja, adapun pada jam-jam lain volume kendaraan terpantau normal (tidak sebanyak jam puncak), sehingga dapat disimpulkan bahwa pada persimpangan tersebut tidak memerlukan pemasangan *traffic lights* atau APILL.

SARAN

- Sebagai upaya untuk mengurangi potensi terjadinya konflik pada persimpangan tak bersinyal tersebut, maka sebaiknya dipasang *Warning Light* / lampu peringatan agar pengemudi mengurangi kecepatan dan lebih berhati-hati pada saat melewati persimpangan.
- Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* PTV Vissim 2023 dengan lisensi *student version* disarankan kepada peneliti selanjutnya agar menggunakan *software* PTV Vissim dengan lisensi *full version* agar hasil dari pemodelan yang didapatkan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ahmadi, H. M., Jamal, A., Reza, I., Assi, K. J., & Ahmed, S. A. (2019). Using microscopic simulation-based analysis to model driving behavior: A case study of Khobar-Dammam in Saudi Arabia. *Sustainability (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/su11113018>
- Al-Msari, H., Koting, S., Ahmed, A. N., & El-shafie, A. (2024). Review of driving-behaviour simulation: VISSIM and artificial intelligence approach. *Heliyon*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25936>
- Alfitri, K., & Widodo, W. (2017). *Pemodelan Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim*.
- B. Vinayaka, R. K. (2016). Saturation and Delay Model Microsimulation Using Vissim - A Case Study. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV5IS060790>
- Bandi, M. M., & George, V. (2020). Microsimulation Modelling in VISSIM on Short-term and Long-term Improvements for Mangalore City Road Network. *Transportation Research Procedia*, 48, 2725–2743. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.243>
- Budiman, A., I. D. E., dan M. D. (2016). Analisa Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Boru Kota Serang. *Jurnal Fondasi*, 5(2), 1–11.
- C. Jotin Khisty & B. Kent Lall. (2005). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*. Penerbit Erlangga.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*.
- Espejel-Garcia, D., Saniger-Alba, J. A., Wenglas-Lara, G., Espejel-Garcia, V. V., & Villalobos-Aragon, A. (2017). A Comparison among Manual and Automatic Calibration Methods in VISSIM in an Expressway (Chihuahua, Mexico). *Open Journal of Civil Engineering*, 07(04), 539–552. <https://doi.org/10.4236/ojce.2017.74036>
- Fauzy, M. A., Widodo, W., & Muchlisin. (2017). *Pemodelan Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Kebon Agung, Jalan Gajah Mada dan Jalan Purbaya, Pasar Cebongan, Sleman, Yogyakarta)*.
- Gazder, U., Alhalabi, K., & Alazzawi, O. (2020). Calibration of Autonomous Vehicles in PTV VISSIM. *3rd Smart Cities Symposium*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1049/icp.2021.0752>
- I. Tajudin and W. Widodo, "Optimization Model of Unsignalized Intersection to Signalized Intersection Using PTV. VISSIM: Study Case in Imogiri Barat and Tritunggal Intersection, Yogyakarta, Indonesia," *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED ENGINEERING*, vol. 11, no. 9, pp. 11–025, 2019, doi: 10.30880/ijie.2019.11.09.002.
- Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No : KM 62 Tahun 1993, Tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas*. (1993). Menteri Perhubungan.
- Kučera, T., & Chocholáč, J. (2021). Design of the city logistics simulation model using PTV VISSIM software. *Transportation Research Procedia*, 53, 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.033>
- Morlok, E. K. (1984). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga.
- Morlok, E. K. (1991). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. (2015).
- Pramono, E. (2021). *Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus : Persimpangan Jl. Williem Iskandar - Jl. Bhayangkara, Medan)*.
- PTV Group. (2023). *Manual PTV Vissim 2023*.
- Rahmandika, R., & Widodo, W. (2020). *Pemodelan Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus : Persimpangan Jalan Agro, Depok, Sleman)*.
- Romadhona, P. J., & Yuliansyah, A. (2018). *Perbandingan Kinerja Simpang dengan Pengaturan Petugas Tidak Resmi Perbandingan Kinerja Simpang dengan Pengaturan Petugas Tidak Resmi, Tanpa Pengaturan, dan Pengaturan Sinyal (Studi Kasus Simpang Kronggahan Sleman)*.
- Romadhona, P., & Chasanah, U. N. (2021). Pengaruh Petugas Tidak Resmi Terhadap Lalu Lintas Pada Simpang Tiga Bersinyal di Jl. Kaliurang KM.8 Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 91–100. <https://doi.org/10.29244/jsil.5.2.91-100>
- Tamin, O. Z. (2003). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Edisi Kedua*. Penerbit ITB.