



Modeling of Three-Signal Intersection Mt Haryono - Jenderal Sudirman Street Balikpapan City Using PTV VISSIM Software.

Siti Qottimah¹, Mohamad Isram M.Ain² , Masrul Huda³

^{1,2,3} Civil Engineering Department, State Polytechnic of Balikpapan

 mohamad.isram@poltekba.ac.id (Penulis Korespondensi)

Received 12-08-2023; 19-02-2024, accepted 25-02-2024

Abstract

The increase of population volume to welcome IKN Nusantara is in line with the increase of private vehicles in Balikpapan City. This causes problems in the transportation sector, namely traffic jams at several points. One of them occurs at the intersection of Jalan MT Haryono - Jalan Jenderal Sudirman (Beruang Madu Intersection). This problem occurs because the road area is one of the main intersections in Balikpapan City which during work departure and work return hours many motorists pass through the road so that it makes a long queue of vehicles. This study aims to evaluate the performance of the intersection in the existing condition, identify what factors affect the performance of the intersection and provide solutions related to the existing problems at the intersection. This research used PTV VISSIM (Student Version) software in modeling the intersection. Based on the results of research using PTV VISSIM software at the Jl. MT Haryono - Jl. Jenderal Sudirman Intersection it can be concluded that alternative 3 (Restriction of Passing Vehicles) is the most appropriate with the value of the Volume of vehicles allowed to pass on Jl. MT Haryono (U) = 1165 smp, Jl. General Sudirman (T) = 1531, Jl. Jenderal Sudirman (B) = 2094 m, Queue length (QL): Jl. MT Haryono (U) = 28.08 m, Jl. General Sudirman (T) = 46.22 m, Jl. General Sudirman (B) = 49.36 m and the Intersection Level of Service (LOS) value is C. The average delay of the intersection decreased by 33.94 sec/smp.

Keywords: *Intersection, MKJI 1997, PTV VISSIM*

Pemodelan Simpang Tiga Bersinyal Jalan Mt Haryono - Jalan Jenderal Sudirman Kota Balikpapan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM

Abstrak

Bertambahnya volume penduduk untuk menyongsong IKN Nusantara selaras dengan bertambahnya kendaraan pribadi di Kota Balikpapan. Hal ini menyebabkan masalah pada bidang transportasi yaitu kemacetan di beberapa titik. Salah satunya terjadi pada simpang Jalan MT Haryono - Jalan Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu). Masalah ini terjadi dikarenakan area jalan tersebut termasuk simpang utama di Kota Balikpapan yang pada jam berangkat kerja dan jam pulang kerja banyak pengendara yang melewati jalan tersebut sehingga membuat antrian kendaraan yang mengular. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang pada kondisi eksisting, mengidentifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja pada simpang dan memberikan solusi terkait permasalahan yang ada pada simpang tersebut. Penelitian ini menggunakan *software PTV VISSIM (Student Version)* dalam pemodelan simpangnya. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan *software PTV VISSIM* pada Simpang Jl. MT Haryono - Jl. Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu) dapat ditarik kesimpulan bahwa alternatif 3 (Pembatasan Kendaraan Yang Melintas) adalah yang paling sesuai dengan nilai Volume kendaraan yang diperbolehkan melintas pada Jl. MT

Haryono (U) = 1165 smp, Jl. Jenderal Sudirman (T) = 1531, Jl. Jenderal Sudirman (B) = 2094 m, panjang Antrian (QL) : Jl. MT Haryono (U) = 28,08 m, Jl. Jenderal Sudirman (T) = 46,22 m, Jl. Jenderal Sudirman (B) = 49,36 m dan nilai Tingkat Pelayanan Simpang (LOS) adalah C. Tundaan rata-rata simpang menurun sebesar 33,94 det/smp.

Kata Kunci: MKJI 1997;PTV VISSIM;Simpang

1. Pendahuluan

Volume mobil penumpang di Kota Balikpapan pada tahun 2021 mencapai 84.243 kendaraan (Setyawan et al., 2022) dan Volume mobil penumpang di Kota Balikpapan pada tahun 2022 mencapai 382.219 kendaraan (Ramadhani et al., 2023). Bertambahnya volume penduduk untuk menyongsong IKN Nusantara selaras dengan bertambahnya kendaraan pribadi di Kota Balikpapan hal ini menyebabkan masalah baru pada bidang transportasi seperti kemacetan di beberapa titik. Salah satunya yaitu terjadi pada simpang Jalan MT Haryono – Jalan Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu). Pada penelitian (Ertamy, 2020) mendapatkan hasil Simpang tiga Beruang Madu memiliki derajat kejenuhan ≥ 0.5 dan tundaan simpang 300.68 det/smp tingkat pelayanan F. Masalah ini dapat terjadi dikarenakan area jalan tersebut termasuk simpang utama di Kota Balikpapan yang pada jam-jam tertentu seperti jam berangkat kerja dan jam pulang kerja banyak pengendara yang melewati jalan tersebut sehingga membuat antrian kendaraan yang mengular.

Peningkatan pelayanan pada simpang tersebut perlu dilakukan untuk mengembalikan kenyamanan pengguna jalan, hal ini dilakukan dengan cara melakukan analisis kinerja simpang dengan Metode MKJI 1997 dan pemodelan menggunakan *Software PTV Vissim* sebagai bentuk evaluasi simpang tersebut. Pemodelan menggunakan *software PTV Vissim* akan menyajikan hasil keseluruhan sistem kinerja lalu lintas pada simpang Jalan MT Haryono – Jalan Jenderal Sudirman dalam bentuk simulasi 2D dan 3D yang dapat memberikan gambaran mengenai kondisi eksisting di lapangan.

Berdasarkan kondisi diatas berikut rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah Bagaimana kinerja simpang pada kondisi eksisting?; Apakah solusi alternatif untuk mengatasi kemacetan?; dan faktor faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja simpang?

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja simpang pada kondisi eksisting, memberikan solusi terkait permasalahan yang ada pada simpang, dan mengidentifikasi faktor faktor yang mempengaruhi kinerja simpang.

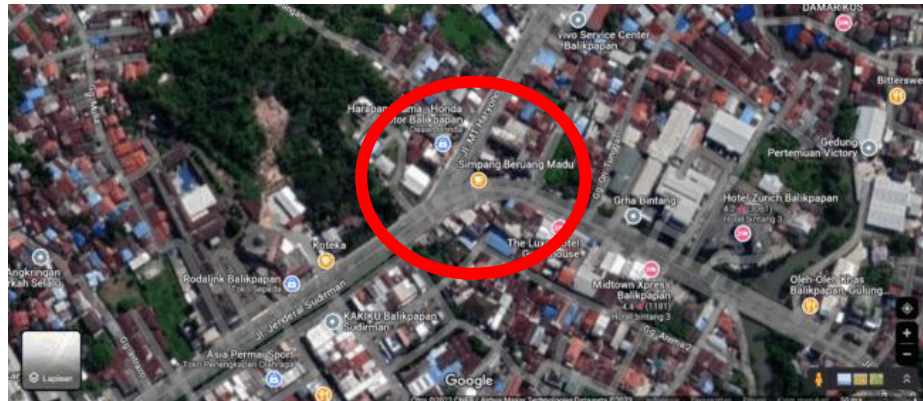
Pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah data yang mampu memberikan pertimbangan bagi pemerintah dalam mengatasi permasalahan kemacetan terkhusus pada simpang Jalan MT Haryono – Jalan Jenderal Sudirman.

Pendahuluan ditulis pada subjudul ini ditulis dengan font Book Antiqua Size 11 dan Spasi 1.0 (Skeivalas & Dargis, 2006).

2. Metode

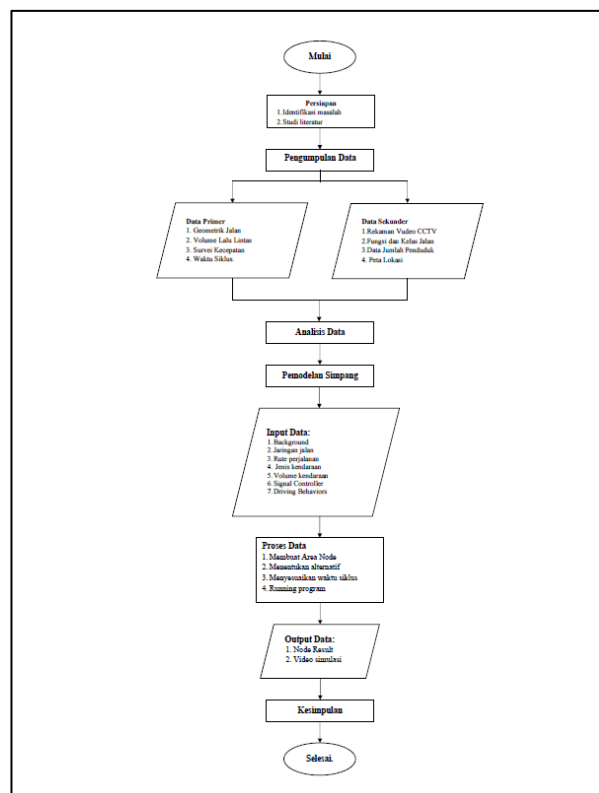
Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang dan mengidentifikasi faktor faktor yang mempengaruhi kinerja simpang tersebut. Aplikasi yang digunakan untuk melakukan pemodelan pada penelitian ini yakni *Software PTV Vissim*. Penelitian dilakukan

pada simpang Jalan MT Haryono – Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu) dapat dilihat pada Gambar 2.1 Lokasi Penelitian.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Waktu survei lapangan dilakukan pada hari Senin, Rabu, Sabtu, Minggu pada Pagi hari pukul 06.00 WITA-08.00 WITA, Siang hari pada pukul 11.00 WITA-13.00 WITA, Sore hari pada pukul 16.00 WITA-18.00 WITA. Metode Penelitian dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 2.2 Bagan Alir Penelitian.

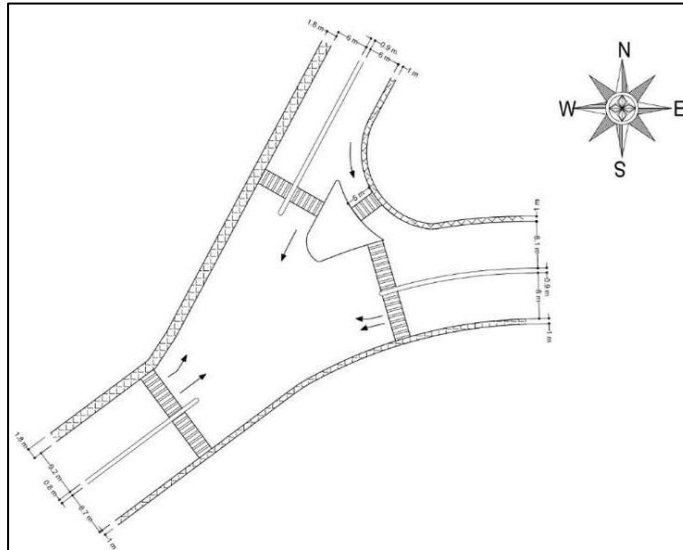


Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Geometrik Jalan

Geometrik pada Simpang Bersinyal Jl. MT Haryono - Jl. Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu) dengan 3 pendekat yaitu Jl. MT Haryono (Utara), Jl. Jenderal Sudirman (Timur), dan Jl. Jenderal Sudirman (Barat).



Gambar 3 Geometrik Jalan

Tabel 1 Data Geometrik

No	Nama Jalan	Pendekat (m)		
		Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar
1	Jl. MT Haryono (Utara)	12	6	6
2	Jl. Jenderal Sudirman (Timur)	16,1	8	8,1
3	Jl. Jenderal Sudirman (Barat)	17,9	9,2	8,7

3.2. Volume Arus Lalu Lintas

Data hasil survei volume lalu lintas di lapangan pada hari Senin, Rabu, Sabtu, dan Minggu (29 dan 31 Mei, 3 dan 4 Juni 2023). Survei arus lalu lintas pada simpang tiga bersinyal ini dilakukan dengan mencatat secara langsung di lapangan dengan durasi 2 jam yaitu pada pukul 06.00-08.00 WITA, pukul 12.00-14.00 WITA dan pada pukul 16.00-18.00 WITA. Didapatkan hasil Volume Jam Puncak (VJP) dari keseluruhan yaitu pada hari Senin, 29 Mei 2023 pada pukul 16.00-18.00 WITA sebanyak 5407 kend/jam.



Gambar 4 Grafik Volume Jam Puncak

3.3. Kecepatan Kendaraan

Survei *Spot Speed* ini diambil dengan jarak 100 meter dari garis henti kendaraan di setiap lengan pendekat. Data hasil survei kecepatan kendaraan di lapangan menggunakan alat *Speed Gun*.

Tabel 2 Data Kecepatan

Lengan	LV	HV	MC	Lengan	LV	HV	MC	Lengan	LV	HV	MC
DAM (UTARA)	37	16	24	BSB (TIMUR)	31	19	27	BP (BARAT)	39	19	24
	19	21	39		26	27	31		48	39	35
	31	21	35		40	31	37		24	23	21
	39	23	34		34	39	29		35	23	37
	21	32	29		35	35	35		34	18	53
	27	29	32		32	31	37		29	19	42
	26	31	29		35	23	42		39	19	50
	19	27	32		39	21	43		43	23	39
	29	34	29		32	21	39		42	24	35
	27	24	42		40	19	31		45	19	45
Rata rata	27	26	33	Rata rata	36	26	37	Rata rata	37	23	35

3.4. Data Lampu Lalu Lintas

Data lampu lalu lintas pada simpang Jl. MT Haryono- Jl. Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu) yaitu akan digunakan sebagai data input pada aplikasi *PTV VISSIM*.

Tabel 3 Data Lampu Lalu Lintas

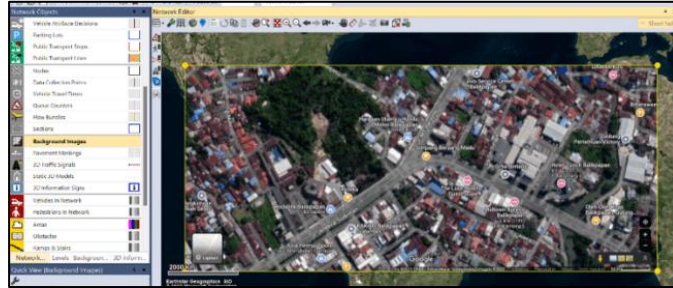
Fase	Pendekat	Waktu Nyala Lampu (dtk)				Siklus Waktu
		Merah	Kuning	Hijau	All Red	
1	Utara	80	2	40	3	125
2	Timur	90	2	30	3	
3	Selatan	80	2	40	3	

3.5. Software PTV VISSIM

Pemodelan simulasi yang dilakukan melalui *software VISSIM student version* membutuhkan data-data input seperti data geometrik, data arus lalu lintas jam puncak, kecepatan kendaraan dan peta satelit lokasi penelitian. Hasil output yang dihasilkan berupa suatu kinerja atau operasional simpang. Berikut beberapa tahapan-tahapan pokok yang diringkas dalam pemodelan *VISSIM* yaitu:

A. Peta Simbang

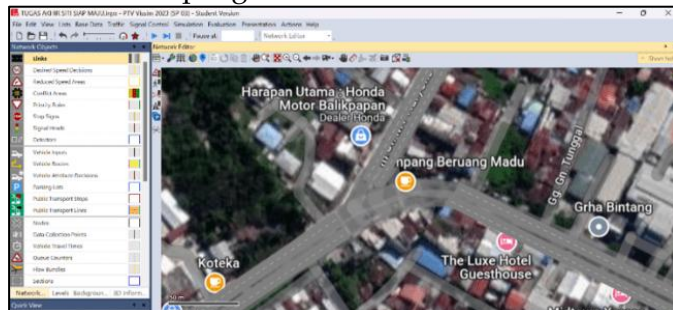
Peta jaringan jalan (*Input Background*) memasukan *Background image* sesuai dengan lokasi penelitian pada pemodelan yaitu simpang bersinyal Jl. MT Haryono- Jl. Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu)



Gambar 5 Peta jaringan jalan

B. Jaringan Jalan

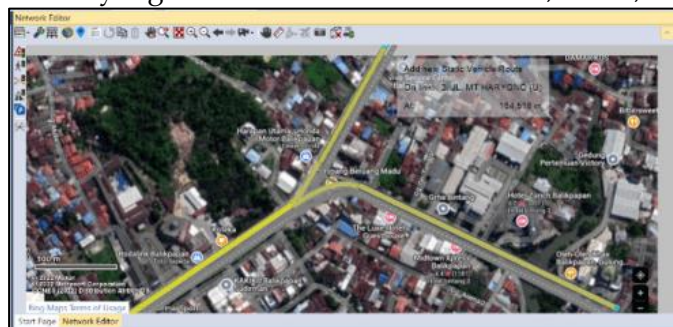
Jaringan Jalan (*Link and Connector*) membuat jaringan jalan yaitu link dan connector jalan sesuai dengan keadaan dilapangan.



Gambar 6 Jaringan Jalan

C. Rute Perjalanan

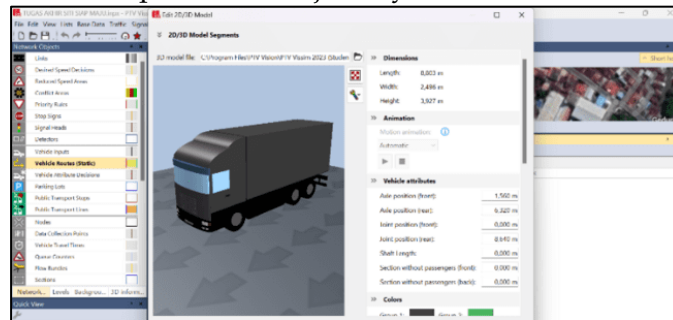
Rute perjalanan (*Vehicle Routes*) membuat rute perjalanan yaitu arus pergerakan kendaraan atau lalu lintas yang akan lewat berasal dari utara, timur, selatan dan barat.



Gambar 7 Rute perjalanan

D. Jenis Kendaraan

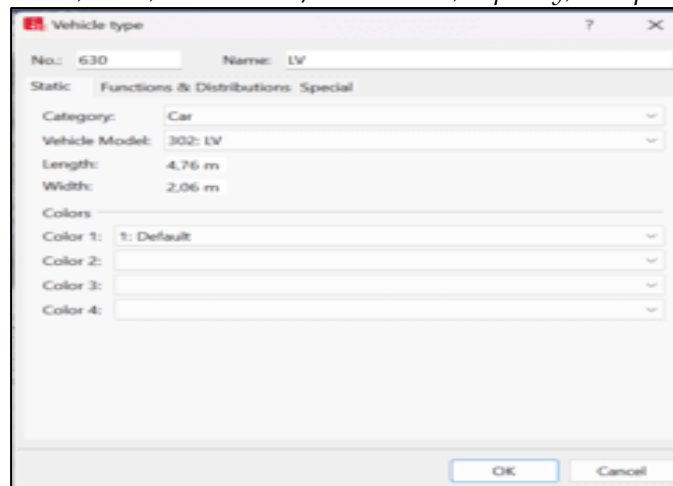
Jenis Kendaraan (2D/3D Models) memasukan kendaraan ke dalam program VISSIM di sesuaikan dengan jenisnya masing-masing berdasarkan hasil pengambilan data survei lapangan kemudian di kelompokkan sesuai jenisnya



Gambar 8 Jenis Kendaraan

E. Tipe Kendaraan

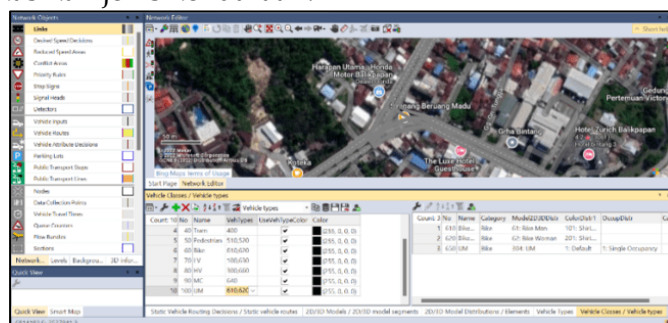
Tipe kendaraan (*Vehicle Types*) pada pengisian *Vehicle Types* disesuaikan dengan yang sudah ditentukan. Beberapa parameter yang terdapat pada menu ini yaitu: kategori kendaraan, *vehicle models*, *color*, *acceleration/deceleration*, *capacity*, *occupancy* dan lainnya.



Gambar 9 Tipe kendaraan

F. Kelas Kendaraan

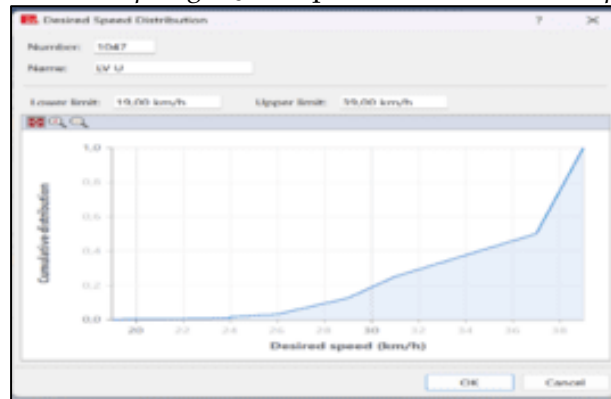
Kelas kendaraan (*Vehicle Classes*) setelah menggabungkan kendaraan berdasarkan karakteristik mengemudi teknis serupa berdasarkan jenis kendaraan (*vehicle types*), kemudian diklarifikasikan jenis kendaraan.



Gambar 10 Kelas kendaraan

G. Data Kecepatan

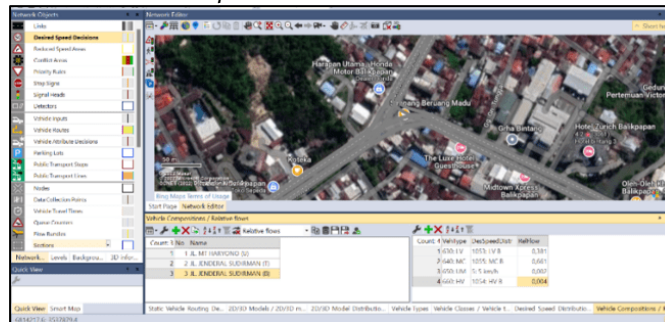
Data kecepatan kendaraan (*Desired Speed Distribution*) data hasil survei kecepatan kendaraan menggunakan alat *Speedgun*, di input ke dalam *Desired Speed Distribution*.



Gambar 10 Data Kecepatan Kendaraan

H. Komposisi Kendaraan

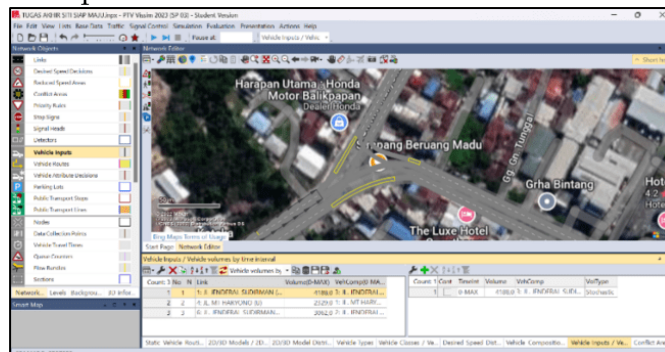
Komposisi kendaraan (*Vehicle Compositions*) Tipe kendaraan, data kecepatan dan rasio belok di input ke dalam *Vehicle Compositions*.



Gambar 11 Komposisi kendaraan

I. Volume Kendaraan

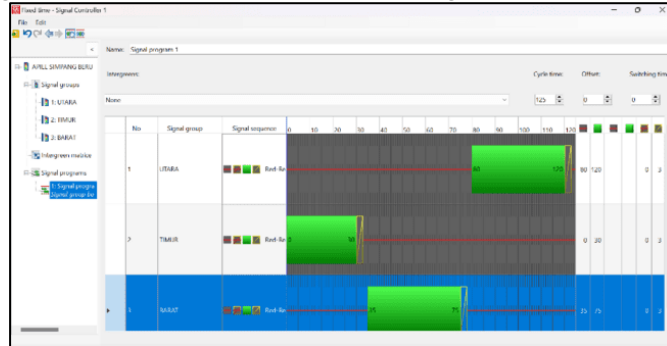
Memasukan volume lalu lintas (*Vehicle Input*) pada setiap lengan dari volume jam puncak yang sudah di dapatkan berdasarkan hasil survei.



Gambar 12 Volume kendaraan

J. Waktu Siklus

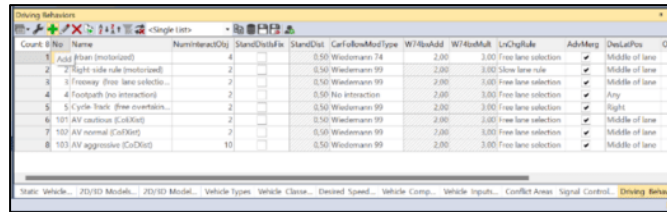
Pengaturan waktu siklus (*Signal Controllers*) memasukkan data waktu siklus seperti waktu hijau, kuning dan all red pada kondisi eksisting.



Gambar 13 Waktu Siklus

K. Perilaku Pengemudi

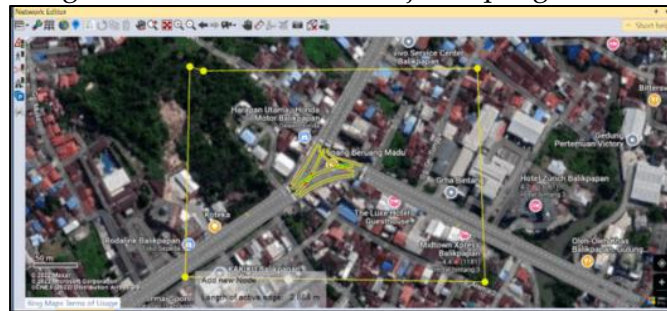
Perilaku pengemudi (*Vehicle Behavior*) mengatur perilaku pengendara di jalan dalam mengambil sebuah inisiatif



Gambar 14 Perilaku Pengemudi

L. Area Analisis

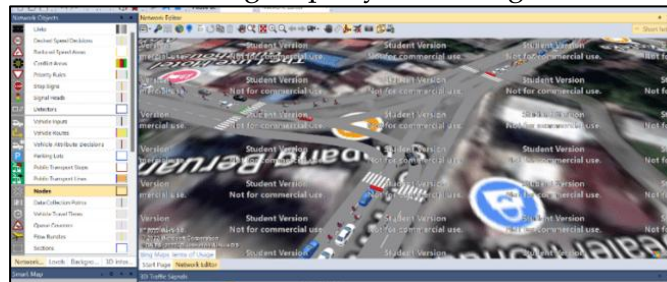
Menentukan area analisis (*Nodes*) membentuk secara polygon pada area simpang yang ditinjau guna mengetahui hasil analisis kinerja simpang.



Gambar 14 Area Analisis

M. Simulasi Percobaan

Menjalankan proses analisis (*Simulations*) setelah semua keperluan data untuk di input sudah selesai maka dijalankan proses simulasi. Didapatkan hasil simulasi berupa data panjang antrian, tundaan dan tingkat pelayanan sebagai berikut.



Gambar 15 Proses Simulasi

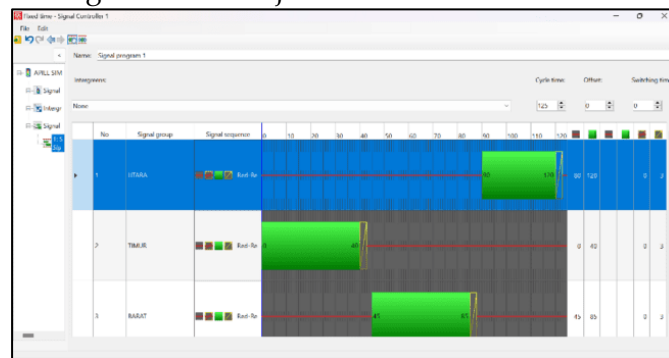
Count	Time	Movement	Qlen	QlenMax	VehDelay	PenDelay	LOS	LOS	VehDelay	PenDelay	StopDelay	StopDelay
1	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado - 1: J.L.	208,31	277,33	142	142,105, F	6	106,64	106,64	83,90	2,51
2	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado - 1: J.L.	208,31	277,33	165	165,105, F	6	123,73	123,73	98,17	2,76
3	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado - 4: J.L.	115,92	171,62	100	100,105, E	5	78,87	78,87	66,79	1,45
4	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado - 4: J.L.	115,92	171,62	94	94,105, F	6	81,97	81,97	62,51	1,70
5	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado - 6: J.L.	249,29	298,12	129	129,105, F	6	136,21	136,21	119,23	2,27
6	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado - 6: J.L.	249,29	298,12	121	121,105, F	6	145,34	145,34	128,24	2,57
7	16	0-3600	1: Simpanan Benang Mado	195,17	258,12	151	151,105, F	6	114,96	114,96	95,17	2,35

Gambar 16 Hasil Simulasi Keadaan Eksisting

3.6. Pemodelan Skenario

A. Perubahan Waktu Hijau

Pada skenario 1 dilakukan dengan cara mengubah durasi waktu hijau pada waktu siklus simpang. Perubahan durasi waktu hijau ini dipengaruhi oleh jumlah volume kendaraan pada lengan Utara dan Timur. Pada lengan Utara memiliki jumlah volume kendaraan lebih sedikit dibanding lengan Timur. Waktu hijau pada skenario 1 merubah yang pada kondisi eksisting lengan Timur 30 detik menjadi 40 detik dan untuk lengan Utara kondisi eksisting 40 detik menjadi 30 detik.



Gambar 17 Perubahan Siklus Waktu Hijau

Tabel 4 Hasil Skenario 1

No	Movement	Qlen (m)	LOS (all)	VehDelay (det/smp)
1	B – U	202,23	LOS_F	82,87
2	B – T	202,23	LOS_F	113,20
3	U – B	126,31	LOS_F	117,18
4	U – T	126,31	LOS_F	101,90
5	T – B	220,43	LOS_F	85,92
6	T – U	220,43	LOS_F	101,42
Rata Rata		182,99	LOS_F	98,47

B. Perubahan Geometrik Jalan

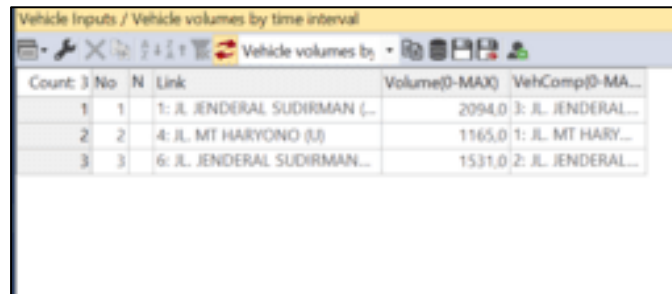
Pada skenario 2 dilakukan dengan cara merubah geometrik jalan pada ruas Jl. Jenderal Sudirman pendekat Timur dan Barat, yakni dengan menambah lebar Jalan Jenderal Sudirman pendekat Timur yang pada kondisi eksisting 8 m menjadi 8,5 m. Untuk lengan Barat penambahan lebar jalan yang pada kondisi eksisting 9,2 m menjadi 10 m.

Tabel 5 Hasil Skenario 2

No	Movement	Qlen (m)	LOS (all)	VehDelay (det/smp)
1	B – U	201,23	LOS_ E	75,41
2	B – T	201,23	LOS_ F	92,13
3	U – B	117,05	LOS_ F	92,19
4	U – T	117,05	LOS_ F	97,87
5	T – B	236,30	LOS_ F	142,42
6	T – U	236,30	LOS_ F	161,46
Rata Rata		184,86	LOS_ F	105,60

C. Pembatasan Kendaraan yang Melintas

Pada skenario 3 dilakukan dengan memberlakukan sistem manajemen lalu lintas yaitu pembatasan kendaraan yang melintas di jam jam sibuk pada simpang tersebut. Mekanisme pada sistem ini yaitu dengan memberlakukan program Ganjil Genap pada kendaraan yang melintas. Plat nomor kendaraan yang memiliki angka ganjil hanya akan bisa melintas pada hari tertentu, begitu pula pada angka genap. Dengan asumsi perbandingan 50% : 50%, maka pada data simulasi di aplikasi *PTV Vissim* dengan cara mengurangi 50 % volume kendaraan yang seharusnya melintas pada masing masing lengan pendekat.



Count	No	Link	Volume(0-MAX)	VehComp(0-MA...
1	1	1: J. JENDERAL SUDIRMAN (...)	2094,0	3: J. JENDERAL...
2	2	4: J. MT HARYONO (U)	1165,0	1: J. MT HARY...
3	3	6: J. JENDERAL SUDIRMAN...	1531,0	2: J. JENDERAL...

Gambar 18 Perubahan Menu *Vehicle Inputs*

Tabel 6 Hasil Skenario 3

No	Movement	Qlen (m)	LOS (all)	VehDelay (det/smp)
1	B – U	49,36	LOS_ C	22,91
2	B – T	49,36	LOS_ D	48,09
3	U – B	28,08	LOS_ D	36,20
4	U – T	28,08	LOS_ B	19,84
5	T – B	43,66	LOS_ B	12,78
6	T – U	43,66	LOS_ D	54,97
Rata Rata		40,37	LOS_ C	33,94

3.7. Perbandingan Hasil Pemodelan

Tabel 7 Perbandingan Hasil Pemodelan

No	Kondisi Analisis	Qlen (m)	LOS (all)	VehDelay (det/smp)
1	Eksisting	191,2	LOS_F	112,16
2	Skenario 1	183,0	LOS_F	98,47
3	Skenario 2	183,9	LOS_F	105,6
4	Skenario 3	40,37	LOS_C	33,94

Hasil Terbaik yang didapatkan dari percobaan pada skenario 3 dengan membatasi kendaraan yang melintas dapat disimpulkan bahwa dengan skenario tersebut tundaan (*VehDelay*) pada simpang menurun menjadi 33,94 det/smp dari kondisi eksisting sebesar 112,16 det/smp dan *QLen* rata-rata pada simpang menurun dari 191,17 m menjadi 40,37 m. dan tingkat pelayanan (*Level of Service*) pada simpang meningkat dari kondisi eksisting F (buruk sekali) menjadi C (cukup lancar).

3.8. Faktor faktor yang mempengaruhi kinerja simpang

Pada *Software PTV VISSIM* dapat melakukan perubahan pada parameter tertentu untuk dapat disimulasikan. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pada Simpang Beruang Madu setelah diidentifikasi menggunakan *Software PTV VISSIM*:

- Waktu Siklus, perubahan komposisi waktu siklus pada Simpang Beruang Madu berdampak pada panjang antrian dan tundaan yang dihasilkan dari kondisi eksisting sebelumnya.
- Geometrik Jalan, perubahan lebar ruas jalan menghasilkan panjang antrian dan tundaan yang berbeda dengan kondisi eksisting sebelumnya.
- Volume Kendaraan, perubahan persentase jumlah kendaraan yang melintas pada Simpang Beruang Madu mempengaruhi hasil akhir pada panjang antrian, tundaan dan tingkat pelayanan simpang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan software PTV VISSIM pada Simpang Jl. MT Haryono-Jl. Jenderal Sudirman (Simpang Beruang Madu) pada periode pukul 17.00–18.00, kondisi eksisting menunjukkan bahwa kinerja simpang masih sangat buruk dengan panjang antrian mencapai 115,92 m pada lengan Utara dan 208,31 m pada lengan Timur serta Barat, disertai nilai tundaan yang tinggi pada seluruh pergerakan kendaraan sehingga tingkat pelayanan (*Level of Service/LOS*) berada pada kategori F. Untuk meningkatkan kinerja simpang, dilakukan tiga alternatif penanganan, yaitu perubahan waktu hijau, perubahan geometrik jalan, dan pembatasan volume kendaraan. Alternatif pertama berupa penyesuaian waktu hijau mampu menurunkan tundaan rata-rata simpang menjadi 98,47 detik/kendaraan, namun LOS tetap berada pada kategori F. Alternatif kedua melalui pelebaran lengan Timur sebesar 0,5 m dan lengan Barat sebesar 0,8 m menghasilkan penurunan tundaan rata-rata menjadi 105,6 detik/kendaraan, tetapi belum mampu meningkatkan tingkat pelayanan simpang yang masih berada pada kategori F. Sementara itu, alternatif ketiga berupa pembatasan volume kendaraan memberikan hasil paling efektif dengan menurunkan panjang antrian secara signifikan menjadi 28,08–49,36 m, mengurangi tundaan rata-rata menjadi 33,94 detik/kendaraan, serta meningkatkan tingkat pelayanan simpang menjadi kategori C. Dengan demikian, volume kendaraan, waktu siklus sinyal, dan

kondisi geometrik jalan merupakan faktor utama yang memengaruhi kinerja simpang berdasarkan parameter panjang antrian, tundaan, dan tingkat pelayanan, dengan pembatasan volume kendaraan menjadi alternatif penanganan yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja Simpang Beruang Madu.

Daftar Pustaka

- Ertamy, A. (2020). *Perencanaan Koordinasi Simpang Untuk Menangani Kemacetan Lalu Lintas pada Jalan Jenderal Sudirman Kota Balikpapan*. Plano Madani, 1-14.
- Fakhruriza Pradana, M., Twidi Bethary, R., & Maulana, D. (2017). *Studi Efektivitas Contra Flow Dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Simpang (Studi Kasus Jalan Kawasan Industri Krakatau Kota Cilegon)*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |, 6(1), 33-43.
- Irawan, M. Z., & Putri, N. H. (2015). *Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)*. Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda, 13(3), 97-106.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Lalenoh, R. H., Sendow, T., & Jansen, F. (2015). *Analisa Kapasitas Ruas Jalan SAM Ratulangi Dengan Metode MKJI 1997 dan PKJI 2014*. Jurnal Sipil Statik, 737-746.
- Nurhasni. (2022). *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Pto Vissim Student Version 9.0 (Studi Kasus Persimpangan Pejaten Village, Pasar Minggu, Jakarta Selatan)*, 1-2.
- Prasetyo, A., & Wicaksono, A. (2021). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2014 dan Mikrosimulasi PTV VISSIM*. Jurnal Rekayasa Sipil, 15(2), 112-123.
- Putra, M. R., Nugroho, S., & Handayani, D. (2024). *Microsimulation-Based Evaluation of Signalized Intersection Performance Using PTV VISSIM*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1315, 012045.
- Sari, D. P., & Hidayat, A. (2021). *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM pada Kawasan Perkotaan*. Jurnal Teknik Sipil, 28(3), 201-210.
- Setyawan S.ST, R. A., Ramadhani S.Kom, R., Asih S.Kom, R., & Nasrullah S.tr.Stat, N. R. (2022). *Kota Balikpapan dalam Angka 2022*. Balikpapan: BPS Kota Balikpapan.
- Wahyudi, R., Kurniawan, F., & Prasetyo, E. (2024). *Traffic Performance Analysis of Urban Signalized Intersections Using PTV VISSIM Microsimulation*. Transportation Research Procedia, 79, 311-319.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License