

Analisis Pengaruh Arus Menyilang (*Weaving*) Terhadap Kinerja Jalan Arteri Primer (Studi Kasus: Jalan Ahmad Yani Manado)

Belinda Septiani Pesik¹, Samuel Yacob Recky Rompis², Audie Lexie Egbert Rumayar³

Program Studi Magister Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil,

Universitas Sam Ratulangi, Kota Manado ^{1,2,3}

E-mail: belindapesik@gmail.com

Abstrak

Efisiensi kinerja jalan dipengaruhi oleh arus menyilang yang mengganggu lalu lintas akibat perpindahan lajur. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh weaving terhadap kapasitas jalan arteri primer, membuat simulasi dan kalibrasi data lapangan menggunakan SUMO, menentukan rekomendasi pengendalian arus menyilang. Sampai saat ini belum ada penelitian tentang analisis arus menyilang pada jalan arteri primer yang menggunakan analisa karakteristik lalu lintas yang dikalibrasi menggunakan aplikasi SUMO. Hasil penelitiannya adalah nilai kapasitas pada segmen non-weaving lebih besar jika dibandingkan dengan kapasitas pada segmen weaving sehingga dapat diinterpretasikan bahwa arus menyilang menyebabkan penurunan kapasitas jalan arteri primer. Data lapangan menghasilkan nilai kecepatan rata-rata sebesar 5,18 meter/detik. Hasil simulasinya 1,21 meter/detik dengan kesesuaian terhadap data lapangan 23,39%. Output kalibrasi 4,98 meter/detik memiliki kesesuaian dengan data lapangan sebesar 96,06%. Rekomendasi pengendalian arus menyilang untuk mereduksi kemacetan adalah penggunaan median jalan dengan kecepatan rata-rata meningkat sebesar 61,14% pada segmen non-weaving dan 56,81% pada segmen weaving. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk tipe konfigurasi yang lain karena model pada penelitian hanya untuk konfigurasi segmen weaving tipe A sesuai HCM, pengaruh jumlah dan model perubahan jalur dari weaving, pengaruh weaving pada persimpangan dengan APILL, dan interaksi beberapa segmen weaving yang berdekatan atau berada dalam satu area.

Kata Kunci: Arus menyilang, jalan arteri, kalibrasi, kapasitas, sumo.

Abstract

The efficiency of road performance is affected by crossing flows that disrupt traffic due to lane shifting. This study aims to determine the effect of weaving on the capacity of primary arterial roads, simulate and calibrate field data using SUMO, and determine recommendations for controlling crossing flows. Until now has there been no research on analyzing crossing flows on primary arterial roads using traffic characteristics analysis calibrated using the SUMO application. The result of the study obtained that the capacity value on the non-weaving segment is greater than the capacity on the weaving segment, so it can be interpreted that the crossing flow causes a decrease in the capacity of the primary arterial road. Field data achieve an average speed value of 5.18 meters/second. The simulation result is 1.21 meters/second with 23.39% conformity to field data. The calibration output of 4.98 meters/second corresponds with field data of 96.06%. The recommendation to control the crossing flow to reduce congestion is using road medians with an average speed increase of 61.14% in the non-weaving segment and 56.81% in

the weaving segment. Further research can be carried out for other types of configurations because the model in the study is only for the configuration of weaving segments type A according to HCM, the effect of the number and lane change model of weaving, the effect of weaving on intersections with traffic signals, and the interaction of several weaving segments that are adjacent or in one area.

Keywords: *Cross weaving, arterial road, calibration, capacity, sumo.*

1. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas merupakan isu utama dalam perencanaan lalu lintas. Deteksi dini masalah kemacetan sangat penting dan harus dicari pemicunya agar dapat diantisipasi, ditangani dan dikelola dengan baik (Tamin, 2000). Kecelakaan, kerusakan kendaraan, kegiatan konstruksi, penutupan jalan, penyeberang jalan, perilaku pengemudi yang menyebabkan titik konflik berupa weaving dan faktor lainnya dapat menyebabkan kemacetan.

Arus menyilang atau weaving didefinisikan sebagai *crossing* dari dua atau lebih arus lalu lintas yang bergerak ke arah yang sama pada panjang jalan tertentu tanpa bantuan perangkat kontrol lalu lintas kecuali rambu-rambu petunjuk. Efisiensi kinerja jalan salah satunya dipengaruhi oleh arus menyilang yang biasanya diasosiasikan dengan gangguan lalu lintas akibat intensitas manuver perpindahan lajur yang tinggi. Masalah lalu lintas akan timbul ketika perpindahan lajur oleh pengemudi yang relatif tinggi. Jarak *weaving* yang lebih pendek dapat menyebabkan berkurangnya aktivitas berpindah lajur karena pengemudi tidak bisa memilih untuk melakukan manuver *weaving* pada segmen *weaving* yang lebih pendek karena akan memaksa pengemudi untuk melakukan manuver yang cepat dalam situasi yang lebih padat dimana risiko terjadi kecelakaan sangat besar (Prasetyo dkk., 2018).

Pengemudi yang agresif akan keluar masuk lajur dengan jarak yang tampaknya hanya beberapa sentimeter antar kendaraan. Reaksi umum pengemudi lain terhadap weaving adalah menginjak rem secara tiba-tiba, yang menimbulkan bahaya tabrakan dari belakang, atau menjadi agresif sendiri dan akibatnya menambah masalah yang sudah ada. Pengemudi yang tidak sabar cenderung akan berpindah lajur, apalagi pada jalan dengan kecepatan tinggi dapat mengakibatkan kecelakaan bahkan kematian.

Dalam rangka efisiensi arus lalu lintas, dibutuhkan pemahaman tentang pengaruh arus menyilang (*weaving*) terhadap suatu ruas jalan. Analisis arus menyilang terhadap suatu jalan dapat berpengaruh terhadap antrian kendaraan agar tidak bertambah panjang sehingga dapat menghemat waktu dan pengeluaran ongkos bahan bakar serta mengurangi resiko tabrakan antar kendaraan.

Tujuan yang hendak dicapai adalah mengetahui pengaruh weaving terhadap kapasitas dari jalan arteri primer, membuat simulasi pengaruh arus menyilang (*weaving*) terhadap jalan arteri primer menggunakan aplikasi *Simulation of Urban Mobility (SUMO)*, dan melakukan kalibrasi antara hasil perhitungan analitis dan output pada aplikasi SUMO. Penelitian ini diharapkan memberi kontribusi pada kajian mengenai pengaruh arus menyilang (*weaving*) terhadap jalan arteri sebagai upaya untuk efisiensi arus lalu lintas dan memaksimalkan keselamatan pengemudi.

Lokasi penelitian terletak di Jalan Ahmad Yani Manado dengan lebar jalan 10 meter dan panjang segmen weaving ialah 210 meter. Segmen weaving terbentuk ketika area gabungan dengan dekat diikuti oleh area memisah (TRB, 2000). Alasan pemilihan lokasi ini adalah karena

terdapat banyak kendaraan yang melakukan arus menyilang pada titik sebelum simpang tiga Jalan Ahmad Yani ke arah RS ODSK dan RM Sate Pelmas Tanta Olla.

Penelitian yang dilakukan (Yang dkk., 2012) dengan mengemukakan metode dan prosedur untuk melakukan estimasi terhadap kapasitas dari expressway weaving segments menggunakan VISSIM simulation model. Telah dilakukan kalibrasi model simulasi terhadap karakteristik kendaraan dan perilaku mengemudi dan menetapkan model simulasi yang sesuai berdasarkan karakteristik lalu lintas utama di Beijing. Namun sampai saat ini belum ada penelitian tentang analisis arus menyilang pada jalan arteri primer yang menggunakan analisa karakteristik lalu lintas model *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood* yang dikalibrasi menggunakan aplikasi SUMO. Diketahui bahwa arus pergerakan lalu lintas pada *weaving section* bukan hanya memiliki pengaruh pada jalan bebas hambatan melainkan juga memiliki pengaruh pada jalan perkotaan (Ramadan dkk., 2022). Weaving section arteri perkotaan telah dianggap sebagai penyempitan (*bottleneck*) dalam sistem jalan perkotaan, yang merupakan salah satu faktor utama penyebab terjadinya fenomena penurunan kapasitas (Liu dkk., 2019).

(Mohamed dkk., 2020) melakukan penelitian untuk menganalisis kinerja operasi lalu lintas pada segmen weaving dan non-weaving dengan menyarankan metode untuk merancang persimpangan bundaran dalam menentukan desain geometrik yang sesuai. Pemodelan dilakukan berdasarkan data lapangan untuk pengembangan hubungan antara desain geometri dengan hasil pengukuran seperti nilai kapasitas dan tundaan menggunakan VISSIM sedangkan pemodelan pada penelitian ini dengan ground truth adalah volume lalu lintas menggunakan SUMO. Hasil dari penelitiannya adalah estimasi kecepatan rata-rata dan kepadatan pada weaving section memiliki akurasi yang baik terhadap desain simpang bundaran.

(Rumengan & Panginan, 2021) melakukan penelitian mengenai Analisis Pengaruh Arus Menyilang (*Weaving*) Terhadap Kinerja Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal diperoleh hasil derajat kejenuhan diperoleh sebesar 0,94 dengan tingkat pelayanan E artinya volume lalu lintas mendekati kapasitas ruas jalan, kecepatan dibawah 40 km/jam, dan mobilitas lalu lintas kadang tersendat penelitian tersebut selama 14 hari pada jam sibuk saja yaitu pukul 07.00-09.00, 12.00-14.00 WITA, dan 17.00-19.00, sedangkan dalam penelitian ini dilakukan selama 3 hari pada pukul 06.00-18.00. Ada pula perbedaan pada metode analisisnya menggunakan analisa tingkat pelayanan simpang berdasarkan metode MKJI 1997 sedangkan penelitian ini menggunakan analisa karakteristik lalu lintas dengan metode *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Penemuan utama dari hasil penelitian (Sulejic dkk., 2017) dengan judul *Optimization of Lane-Changing Distribution for a Motorway Weaving Segment* adalah algoritma teknik optimisasi untuk masalah distribusi perubahan lajur pada segmen *weaving*. Penelitian ini sama-sama memiliki variabel segmen *weaving* namun tidak meneliti perubahan lajur.

Segmen *weaving* membutuhkan manuver perubahan lajur baik karena pengemudi harus mengakses lajur yang sesuai dengan titik exit yang diinginkan. Perubahan lajur merupakan kunci dari pergerakan *weaving* yang terjadi ketika pengemudi bergerak antar lajur. Seorang pengemudi dapat memotong pengemudi lain atau mencoba masuk ke ruang atau jarak yang tidak cukup luas untuk bergabung (*merging*). Pengemudi sering melakukan manuver menyilang dalam lalu lintas karena adanya pertimbangan akan terjadi penghematan waktu. Masalah yang terjadi adalah seberapa banyak ruang yang tersisa di antara kendaraan saat satu kendaraan berjalan di belakang yang lain karena ada kendaraan yang harus berhenti.

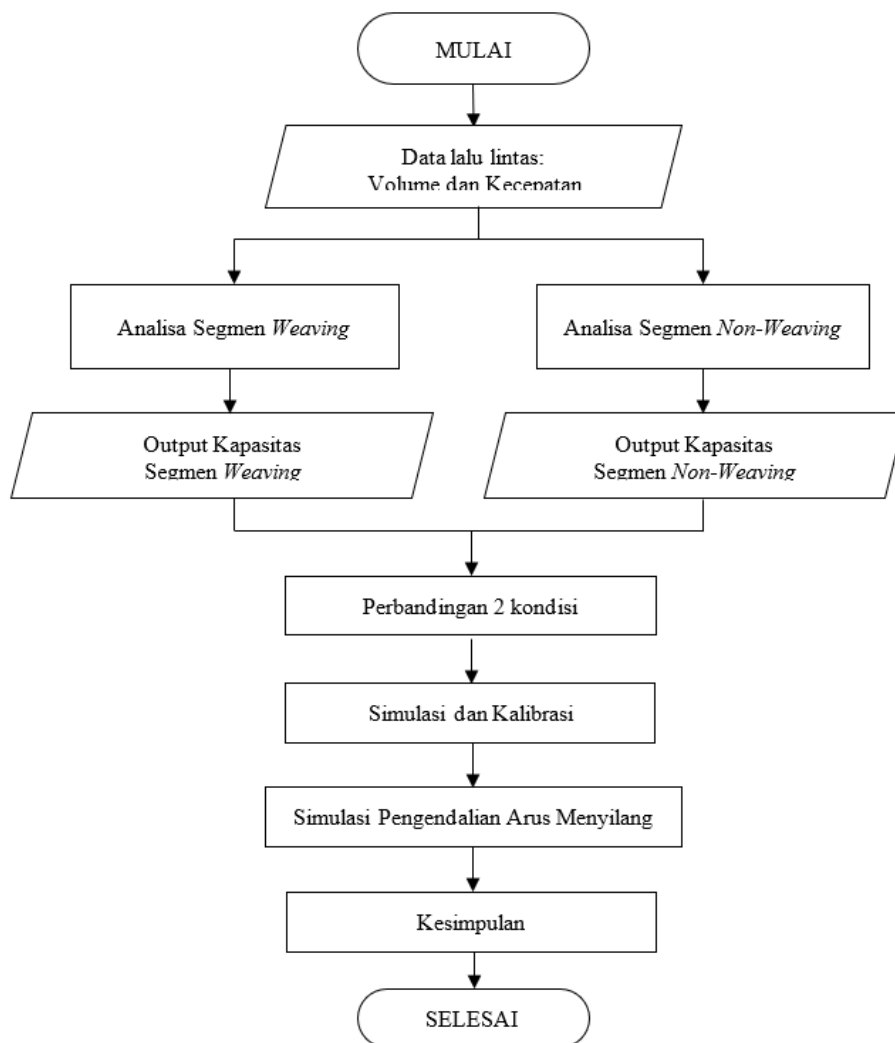
Beberapa masalah yang memengaruhi lalu lintas dan karakteristik mengemudi seperti, arus lalu lintas, geometrik jalan, akselerasi dan lokasi perubahan lajur. Mengemudi pada segmen weaving melibatkan interaksi *car-following* dan perubahan lajur yang kompleks. Munculnya lajur

bantu pada *weaving section* memberikan peluang lagi untuk menunda pergantian lajur, yang memengaruhi kinerja lalu lintas. Adanya lajur bantu pada *weaving section* memberikan kesempatan kepada pengemudi yang berpindah lajur yang direncanakan untuk bersantai daripada memaksakan untuk berpindah jalur di awal merging area. Kendaraan dengan lebih dari satu perubahan lajur dapat mengubah lajur ke lajur target baik secara langsung maupun bergantian (Kusuma dkk., 2014).

Aspek paling krusial dalam pergerakan arus menyilang adalah perubahan lajur pada segmen *weaving*. Kendaraan dengan arus menyilang, harus memotong jalan untuk masuk dari bagian kiri jalan dan keluar ke bagian kanan jalan atau sebaliknya sehingga kendaraan harus menyelesaikan manuver ini dengan membuat perubahan lajur yang sesuai. Konfigurasi dari segmen *weaving* yang berhubungan dengan penempatan dari lajur masuk dan keluar, memiliki efek yang besar terhadap jumlah perubahan lajur yang di butuhkan oleh *weaving vehicles* untuk dengan tepat menyelesaikan manuvernya. Menurut (Al-jameel, 2011), hasil analisa data mengindikasikan bahwa *frequency of lane changes (FLC)* berbeda berdasarkan konfigurasi dari *weaving section* dengan panjang efektif yang digunakan oleh *weaving vehicles* juga dipengaruhi oleh tipe konfigurasi *weaving*.

2. METODE PENELITIAN

Dalam rangka melihat keadaan lalu lintas pada lokasi penelitian, maka pengambilan data dilakukan selama 3 hari mulai pukul 06.00 WITA hingga 18.00 WITA. Pengumpulan data lapangan menggunakan *Closed Circuit Television (CCTV)* yang dipasang pada 2 titik untuk menghitung volume dan kecepatan pada segmen *weaving* dan segmen *non-weaving* serta melihat perilaku kendaraan yang melakukan *weaving*. Adapun data yang diperoleh dari rekaman cctv pada lokasi penelitian, yakni volume kendaraan pada segmen *weaving*, volume kendaraan pada segmen *non-weaving*, data waktu tempuh kendaraan pada segmen *weaving*, data waktu tempuh kendaraan pada segmen *non-weaving*. Data berupa video yang telah diperoleh dari CCTV dihitung secara manual menggunakan PC dan alat bantu lainnya. Hasil perhitungan digunakan untuk menganalisa karakteristik lalu lintas.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Pengolahan data merujuk pada Gambar 2 diawali menghitung nilai volume kendaraan dalam satuan smp/jam. data kendaraan tiap 15 menit dari hasil survei dikalikan dengan faktor ekivalensi mobil penumpang (emp) menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997) untuk tiap jenis kendaraan dan di jumlahkan, maka diperoleh volume lalu lintas tiap 15 menit. Data kecepatan diperoleh dari waktu tempuh setiap 15 menit kemudian dirata-ratakan berdasarkan banyaknya sampel yang diambil, kemudian dibagi jarak tempuh dalam satuan km/jam. Nilai kepadatan diperoleh dengan cara melakukan pembagian antara volume dan kecepatan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan hubungan matematis dari volume, kecepatan, dan kepadatan dengan model *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood* (Khisty & Lall, 2005; May, 1990). Model-model tersebut akan menghasilkan hubungan karakteristik Kepadatan-Kecepatan, Kepadatan-Volume, Kecepatan-Volume, volume maksimum (V_M), kecepatan pada kondisi arus maksimum (S_M), dan kepadatan saat mencapai kondisi arus maksimum (D_M) (Khisty & Lall, 2005; Suyono, 2015). Laju arus maksimum (V_M) pada hubungan antara volume - kepadatan merupakan arus lalu lintas tertinggi yang mampu ditangani oleh jalan raya. Ini disebut sebagai volume puncak arus lalu lintas atau kapasitas dari suatu ruas jalan atau kapasitas arus yang

dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam (Mannering & Washburn, 2020). Nilai volume maksimum (V_M) yang diperoleh merupakan nilai kapasitas dari segmen *non-weaving* dan segmen *weaving*. Kedua nilai kapasitas pada dua kondisi ini dibandingkan untuk melihat apakah ada pengaruh *weaving* pada lokasi penelitian.

Langkah berikutnya adalah membuat simulasi pada aplikasi SUMO. *Simulation of Urban Mobility (SUMO)* merupakan *open-source software* yang dibuat untuk merancang simulasi lalu lintas untuk menangani sebuah jaringan jalan yang besar (Gudwin, 2016). Input dari simulasi ini adalah data volume tertinggi sepanjang periode survei pada segmen *non-weaving* dengan parameter yang lain mengikuti nilai default dari SUMO. SUMO akan menghasilkan output nilai *meanSpeed* dari detektor *loop* yang dipasang pada setiap lajur. Hasil simulasi berupa output *meanSpeed* akan dibandingkan dengan perhitungan nilai kecepatan rata-rata data lapangan, sehingga dapat dilihat perbedaan antara hasil simulasi pada SUMO dan perhitungan data lapangan secara manual.

Selanjutnya nilai output *meanSpeed* berdasarkan hasil simulasi atau pemodelan akan dikalibrasi hingga nilai kecepatan rata-rata pada hasil perhitungan data lapangan sama dengan nilai kecepatan rata-rata pada output SUMO. Tujuan kalibrasi model adalah untuk menemukan kombinasi parameter terbaik yang meminimalkan jumlah perbedaan antara data yang dimodelkan dan data lapangan yang diamati yaitu kecepatan rata-rata. Hal ini dilakukan dalam rangka meminimalkan jumlah perbedaan data yang dimodelkan dengan data lapangan untuk mengetahui sejauh mana model yang dibuat sudah mendekati kenyataan yang terjadi di lapangan. Kalibrasi model dilakukan berdasarkan metodologi *trial-and-error*. Parameter yang akan dikalibrasi adalah kecepatan rata-rata. Proses kalibrasi memerlukan percobaan beberapa kali hingga nilai kecepatan rata-rata pada hasil perhitungan data lapangan sama dengan nilai kecepatan rata-rata pada output SUMO. Input dari simulasi ini adalah data volume tertinggi sepanjang periode survei pada segmen *non-weaving* karena segmen ini tidak dipengaruhi oleh arus menyilang (*weaving*). Kalibrasi dilakukan dengan cara membuat variasi input nilai *departSpeed* pada simulasi dimana *departSpeed* menentukan kecepatan kendaraan saat masuk pada ruas jalan yang disimulasikan. Hasil yang diperoleh setelah kalibrasi adalah perbandingan nilai kecepatan rata-rata (*output meanSpeed*) berdasarkan hasil perhitungan data lapangan dengan nilai kecepatan rata-rata (*output meanSpeed*) hasil kalibrasi. Persentase kesesuaian yang diinginkan antara nilai kecepatan rata-rata pada hasil perhitungan data lapangan dan output sumo adalah minimal 90% yang artinya margin ketidaksesuaian tidak melebihi 10%.

Analisis diakhiri dengan pemilihan metode pengendalian arus menyilang yang akan disimulasikan pada SUMO. Kemudian akan dilakukan perbandingan *output* sebelum dan sesudah dilakukan pengendalian terhadap konflik arus menyilang (*weaving*). Hasil yang akan didapat berupa perbandingan nilai kecepatan rata-rata data lapangan sebelum dilakukan pengendalian *weaving* dan nilai kecepatan rata-rata setelah dilakukan pengendalian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pengaruh Arus Menyilang

Analisis pengaruh arus menyilang (*weaving*) pada jalan arteri primer dapat dilakukan setelah parameter kapasitas melalui analisis hubungan arus, kecepatan, dan kepadatan telah dihitung. Tabel 1 menunjukkan nilai kapasitas atau volume maksimum pada kedua segmen selama penelitian berlangsung dimana kapasitas pada segmen *non-weaving* lebih besar jika

dibandingkan dengan kapasitas pada segmen *weaving* sehingga dapat diinterpretasikan bahwa arus menyilang (*weaving*) memiliki pengaruh terhadap jalan arteri primer.

Tabel 1. Nilai kapasitas pada segmen *non-weaving* dan segmen *weaving*

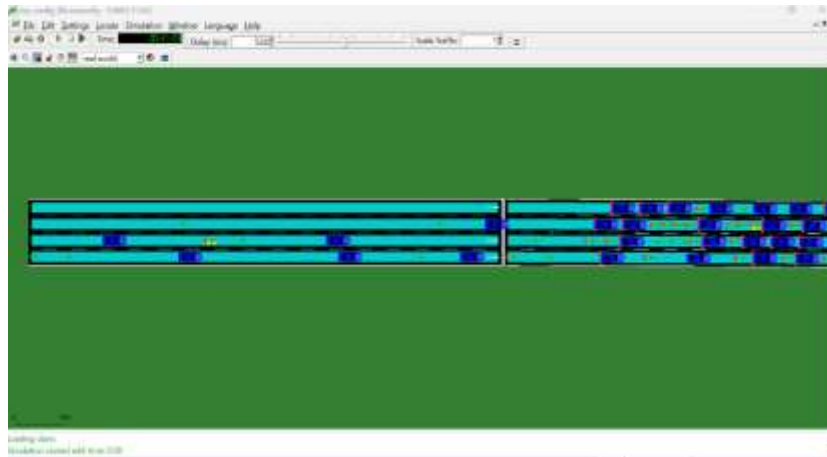
Hari/Tanggal	Model	Nilai Kapasitas (Vm)	
		Segmen <i>Non-Weaving</i>	Segmen <i>Weaving</i>
Selasa, 30 Mei 2023	<i>Greenshield</i>	2569,549	2551,674
	<i>Greenberg</i>	2799,728	2550,367
	<i>Underwood</i>	2542,590	2466,051
Rabu, 31 Mei 2023	<i>Greenshield</i>	2555,235	2355,708
	<i>Greenberg</i>	3115,645	2976,100
	<i>Underwood</i>	2601,929	2474,332
Kamis, 1 Juni 2023	<i>Greenshield</i>	2201,920	2183,301
	<i>Greenberg</i>	2942,094	2364,527
	<i>Underwood</i>	2241,100	2159,001

3.2. Kalibrasi antara data lapangan dengan simulasi menggunakan SUMO

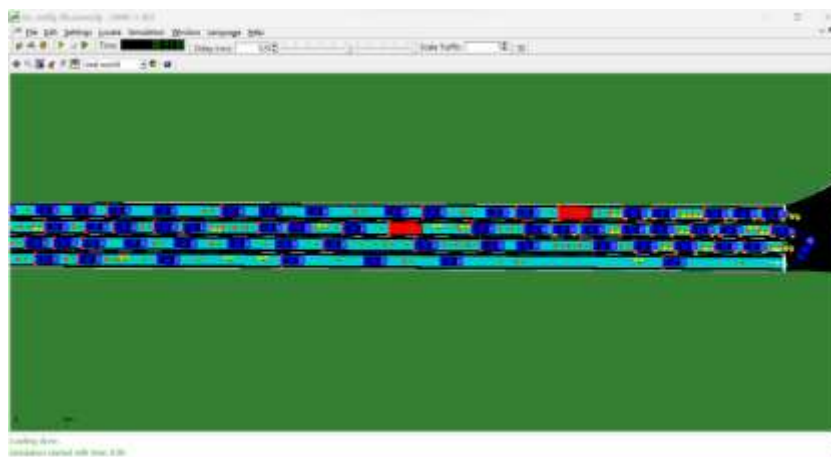
Simulasi merupakan pemodelan yang dibuat berdasarkan sistem yang ada pada dunia nyata. Pemodelan mewakili perilaku dan karakteristik utama dari proses atau sistem. Data yang digunakan dalam simulasi ini adalah data lapangan yang diperoleh dari hasil survei selama 3 hari. Data yang digunakan adalah volume tertinggi sepanjang periode survei pada segmen *non-weaving* pada Tabel 2 diperoleh dari hasil survei hari Rabu, 31 Mei 2023 pukul 17.00-18.00. Proses simulasi data lapangan sebelum kalibrasi pada Tabel 2 ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 2. Data volume kendaraan untuk simulasi pada SUMO

Periode	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	MC (kend/jam)
17.00-17.15	457	12	535
17.15-17.30	404	11	553
17.30-17.45	408	12	562
17.45-18.00	439	10	550
Total	1708	45	2200



Gambar 3. Simulasi pada segmen *non-weaving* sebelum kalibrasi

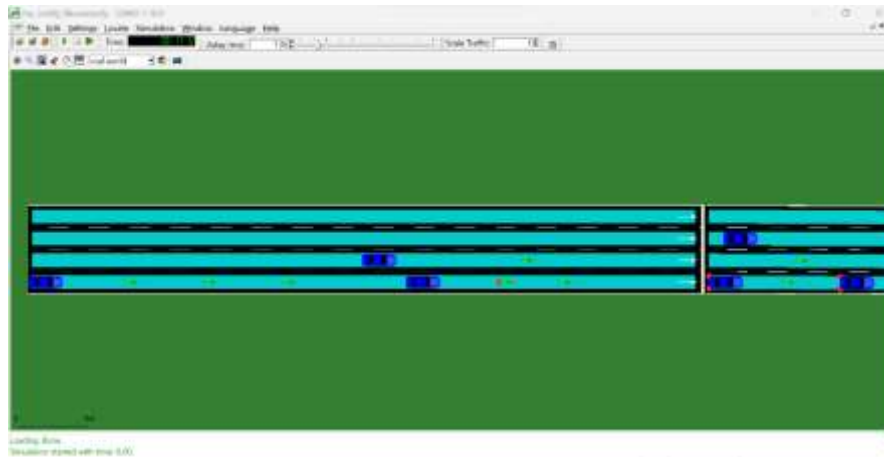


Gambar 4. Simulasi pada segmen *weaving* sebelum kalibrasi

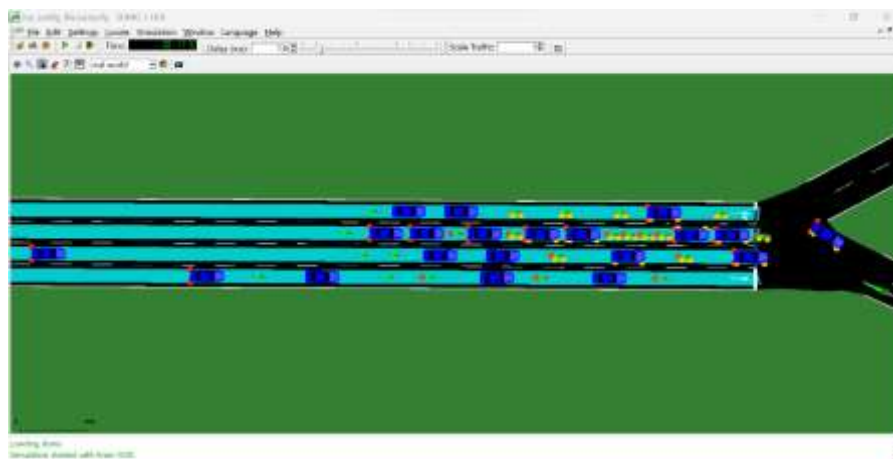
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh data kecepatan rata-rata yaitu 5,18 meter/detik. Data yang telah dianalisis digunakan dalam pengembangan model lalu lintas mikro simulasi menggunakan simulator lalu lintas SUMO. Hasil setelah kalibrasi pada Tabel 3 ditunjukkan prosesnya pada Gambar 5 dan Gambar 6 dengan presentasi kesesuaian sebesar 96,06%.

Tabel 3. Perbandingan hasil analisis dan output SUMO pada segmen *non-weaving*

	Kecepatan rata-rata (m/det)		Persentase	Persentase
	Hasil Analisis	Output SUMO	Kesesuaian (%)	Ketidaksesuaian (%)
Sebelum kalibrasi	5,18	1,21	23,39	76,61
Setelah kalibrasi	5,18	4,98	96,06	3,94



Gambar 5. Simulasi pada segmen *non-weaving* setelah kalibrasi



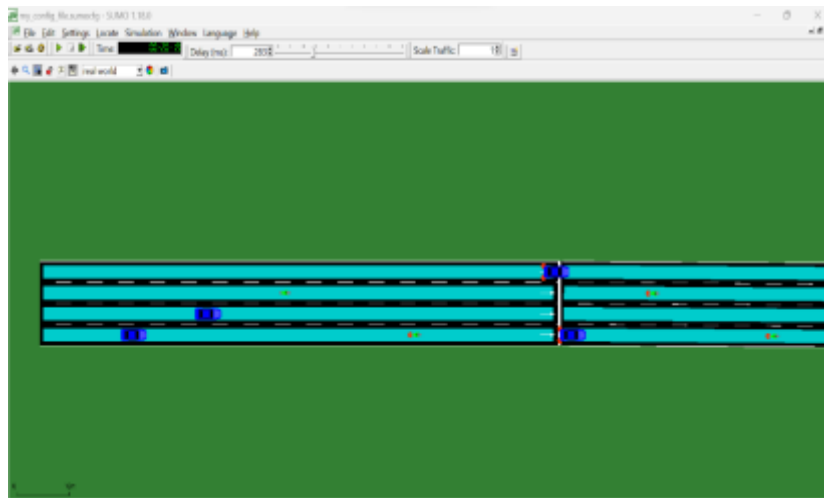
Gambar 6. Simulasi pada segmen *weaving* setelah kalibrasi

3.3. Simulasi Pengendalian Arus Menyilang

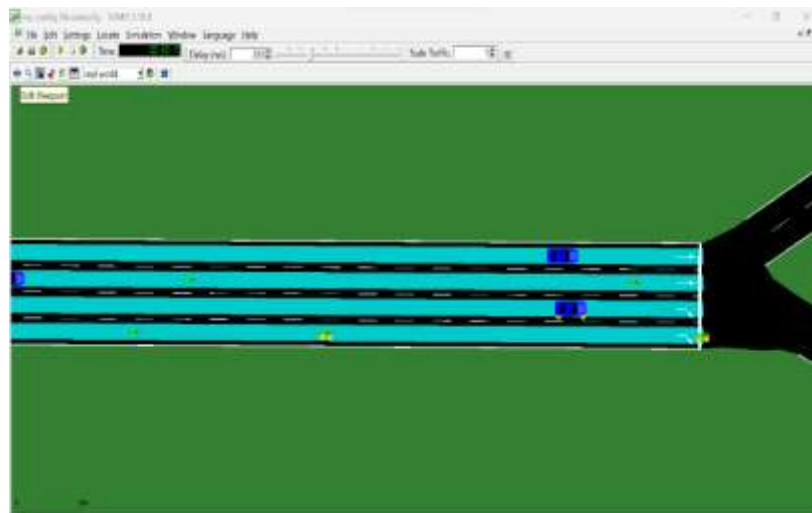
Semakin besar jumlah titik konflik yang terbentuk pada suatu ruas jalan akan semakin menghambat proses pergerakan arus lalu lintas dan hal ini akan menyebabkan kemungkinan terjadinya kecelakaan. Jumlah dan jenis konflik yang terjadi akan menghasilkan titik konflik setelah bertemu dengan pergerakan arus lalu lintas lainnya. Pengendalian konflik lalu lintas untuk arus menyilang yang dipilih adalah penggunaan median jalan. Simulasi dilakukan pada aplikasi SUMO seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Berdasarkan hasil simulasi merujuk pada Tabel 4, diperoleh nilai kecepatan rata-rata pada segmen *weaving* menjadi sebesar 40,43 km/jam dibandingkan dengan hasil analisa sebesar 17,46 km/jam dan segmen *non-weaving* meningkat dari 18,66 km/jam menjadi 48,37 km/jam. Peningkatan kecepatan rata-rata yang terjadi karena penggunaan median jalan dapat mereduksi kemacetan akibat arus menyilang.

Tabel 4. Perbandingan hasil analisis dan hasil pengendalian arus menyilang

	Kecepatan rata-rata (km/jam)		Peningkatan kecepatan (%)
	Hasil Analisis	Hasil Pengendalian	
Segmen <i>weaving</i>	17,46	40,43	56,81
Segmen <i>non-weaving</i>	18,66	48,37	61,41



Gambar 7. Simulasi Metode Pengendalian Arus Menyilang pada Segmen *Non-Weaving*



Gambar 8. Simulasi Metode Pengendalian Arus Menyilang pada Segmen *Weaving*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis hubungan arus, kecepatan, dan kepadatan telah dilakukan dan menghasilkan nilai kapasitas atau volume maksimum. Nilai kapasitas pada segmen *non-weaving* lebih besar jika dibandingkan dengan kapasitas pada segmen *weaving* sehingga dapat diinterpretasikan bahwa arus menyilang (*weaving*) menyebabkan kemacetan sehingga berpengaruh terhadap kapasitas dari jalan arteri primer. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai kecepatan rata-rata yaitu 5,18 meter/detik. Data yang telah dianalisis disimulasikan menggunakan SUMO dengan output kecepatan rata-rata sebesar 1,21 meter/detik dengan persentase kesesuaian yang rendah yaitu sebesar 23,39%. Melalui proses kalibrasi berdasarkan metodologi *trial-and-error* pada aplikasi SUMO, diperoleh nilai output sebesar 4,98 meter/detik dengan perolehan persentase kesesuaian dengan data lapangan adalah sebesar 96,06%. Rekomendasi pengendalian konflik lalu lintas untuk arus menyilang yang dipilih adalah penggunaan median jalan. Berdasarkan hasil

simulasi, nilai kecepatan rata-rata pada segmen *weaving* naik sebesar 56,81% dan untuk segmen *non-weaving* meningkat sebesar 61,14% sehingga penggunaan median jalan dapat mereduksi kemacetan yang terjadi pada lokasi penelitian. Hasil penelitian ini bisa dijadikan acuan dan bahan pertimbangan bagi pihak terkait tentang identifikasi kemacetan yang diakibatkan oleh konfigurasi *weaving*. Namun model yang dikembangkan, di sisi lain, memiliki keterbatasan. Model ini dikembangkan untuk konfigurasi segmen *weaving* tipe A sesuai *Highway Capacity Manual*. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk tipe konfigurasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-jameel, H. (2011). *Al-Jameel, Hamid A. (2011). Empirical Features of Weaving Sections. In: Proceeding of 10th International Postgraduate Research Conference (IPGRC), Manchester, 14-15th September, 2011, University of Salford, UK.*
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. <https://pu.go.id/pustaka/biblio/manual-kapasitas-jalan-indonesia-mkji/DLKBL8>
- Gudwin, R. R. (2016). Urban Traffic Simulation with SUMO. *A Roadmap for the Beginners. DCAFEEC-UNICAMP.*
- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2005). Dasar-dasar rekayasa transportasi. *Jakarta: Erlangga*, 1–23.
- Kusuma, A., Liu, R., Choudhury, C., & Montgomery, F. (2014). Analysis of the driving behaviour at weaving section using multiple traffic surveillance data. *Transportation Research Procedia*, 3, 51–59.
- Liu, W., Chen, K., Tian, Z. Z., & Yang, G. (2019). Capacity of urban arterial weaving sections under lane signal control strategy. *Transportation research record*, 2673(12), 69–77.
- Mannering, F. L., & Washburn, S. S. (2020). *Principles of highway engineering and traffic analysis*. John Wiley & Sons.
- May, A. D. (1990). *Traffic flow fundamentals*.
- Mohamed, A. I. Z., Ci, Y., & Tan, Y. (2020). A novel methodology for estimating the capacity and level of service for the new mega elliptical roundabout intersection. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1–18.
- Prasetijo, J., Baba, I., Nurul, E. A. A., & Alvin, J. L. M. S. (2018). Weaving length and lane-changing behavior at two-sided weaving section along federal road FT050: jalan kluang–ayer hitam. *MATEC Web of Conferences*, 181, 06002.
- Ramadan, I., Abdel-Monem, M., & Ibrahim, M. A. (2022). Studying The Level Of Service Of Two Sided Weaving Section On Urban Roads. *Engineering Research Journal-Faculty of Engineering (Shoubra)*, 51(3), 67–75.
- Rumengan, Y., & Panginan, R. G. (2021). Analisis Pengaruh Arus Menyilang (Weaving) Terhadap Kinerja Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 1(1), 86–90.
- Sulejic, D., Jiang, R., Sabar, N. R., & Chung, E. (2017). Optimization of lane-changing distribution for a motorway weaving segment. *Transportation Research Procedia*, 21, 227–239.
- Suyono, M. S. (2015). *Analisis Regresi untuk Penelitian*. Deepublish.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit ITB.
- TRB, N. (2000). Highway capacity manual. *Transportation Research Board. National Research Council, Washington, DC.*
- Yang, C., Shao, C., & Liu, L. (2012). Study on capacity of urban expressway weaving segments. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 43, 148–156.