

Analisis Dampak Aktivitas Pasar Temporer terhadap Degradasi Kinerja Ruas Jalan Perkotaan Menggunakan Mikrosimulasi

Mira Lestira Hariani^{1*}, Martinus Agus Sugiyanto¹, Hannum Chairunissa¹, Ridho Prasetyo¹, Aris Kurniawan¹, Relgi Sugih Rohmat Maulana¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Swadaya Gunung Jati

^{*}mira.hariani0103@ugj.ac.id

Abstract

Temporary market activities along urban corridors may generate roadside friction that directly affects traffic performance. This study aims to analyze the impact of temporary market activity around the Bima Sports Complex in Cirebon City on road segment performance using a microsimulation approach. The model was developed in VISSIM based on field data, including road geometry, traffic volume, vehicle composition, speed, and roadside activity characteristics under two conditions: weekday or normal condition and weekend condition when temporary market activity takes place. Model validation was conducted using the GEH statistic by comparing simulated and observed traffic volumes. The validation results showed GEH values ranging from 0.214 to 1.138, indicating that the model was acceptable for comparative performance analysis. The results showed that total traffic volume increased from 3,148 vehicles/hour under normal conditions to 5,557 vehicles/hour on Sunday. This increase was accompanied by the use of roadside space for parking, temporary stopping, trading activities, and pedestrian movements. The average two-direction speed decreased from 27.91 km/h to 5.05 km/h, while the average delay increased from 1.65 seconds/vehicle to 94.48 seconds/vehicle. The level of service also declined from LOS A to LOS F. These findings indicate that road performance degradation was not only caused by increased traffic volume, but also by intensified roadside friction and reduced effective roadway width. The results provide an initial basis for developing temporary traffic management strategies for urban corridors affected by periodic market activities.

Keywords: temporary market; roadside friction; traffic microsimulation; GEH validation; road performance degradation.

Abstrak

Aktivitas pasar temporer pada koridor perkotaan dapat menimbulkan hambatan samping yang berdampak langsung terhadap kinerja lalu lintas. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak aktivitas pasar temporer di sekitar Komplek Olahraga Bima Kota Cirebon terhadap kinerja ruas jalan menggunakan pendekatan mikrosimulasi. Model dibangun dengan perangkat lunak VISSIM berdasarkan data geometrik, volume lalu lintas, komposisi kendaraan, kecepatan, dan karakteristik hambatan samping pada dua kondisi, yaitu weekday atau hari normal dan weekend atau hari Minggu saat aktivitas pasar temporer berlangsung. Validasi model dilakukan menggunakan statistik GEH dengan membandingkan volume hasil simulasi dan observasi. Model dinyatakan memenuhi kriteria validasi apabila nilai GEH < 5. Hasil validasi menunjukkan nilai GEH berada pada rentang 0,214–1,138, sehingga seluruh hasil simulasi memenuhi kriteria dan model dinyatakan layak digunakan untuk analisis perbandingan kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total volume lalu lintas meningkat dari 3.148 kendaraan/jam pada kondisi normal menjadi 5.557 kendaraan/jam pada hari Minggu. Peningkatan volume tersebut diikuti oleh okupansi ruang tepi jalan akibat parkir, kendaraan berhenti sementara, aktivitas pedagang, dan pergerakan pejalan kaki. Kecepatan rata-rata dua arah menurun dari 27,91 km/jam menjadi 5,05 km/jam, sedangkan tundaan rata-rata meningkat dari 1,65 detik/kendaraan menjadi 94,48 detik/kendaraan. Tingkat pelayanan juga mengalami penurunan dari LOS A menjadi LOS F. Temuan ini menunjukkan bahwa degradasi kinerja ruas tidak hanya dipengaruhi oleh peningkatan volume, tetapi juga oleh meningkatnya hambatan samping dan berkurangnya lebar efektif jalan. Hasil penelitian dapat menjadi dasar awal untuk merumuskan manajemen lalu lintas temporer pada koridor perkotaan dengan aktivitas mingguan.

Kata kunci: pasar temporer; hambatan samping; mikrosimulasi lalu lintas; validasi GEH; degradasi kinerja ruas.

Diterima Redaksi : 02-06-2026 | Selesai Revisi : 09-08-2026 | Diterbitkan Online : 25-08-2026

1. Pendahuluan

Ruas jalan perkotaan di kota-kota berkembang sering beroperasi dalam kondisi geometrik dan operasional yang tidak ideal. Salah satu gangguan yang banyak

memengaruhi kinerja ruas adalah aktivitas tepi jalan atau side friction. Bentuknya dapat berupa parkir di badan jalan, kendaraan berhenti untuk menaikkan atau menurunkan penumpang, kegiatan bongkar-muat,

pergerakan pejalan kaki, serta aktivitas perdagangan di sekitar ruang jalan. Aktivitas tersebut tidak hanya menambah interaksi antara kendaraan dan lingkungan tepi jalan, tetapi juga mengurangi lebar efektif lajur, memicu manuver menyimpang, meningkatkan hambatan arus, dan menurunkan kualitas pelayanan ruas [1]–[3].

Pada koridor perkotaan tertentu, gangguan tersebut muncul dalam bentuk pasar atau aktivitas perdagangan temporer. Karakteristiknya berbeda dengan hambatan samping harian karena bersifat periodik, berlangsung pada jam tertentu, dan terkonsentrasi pada lokasi yang relatif tetap. Ketika aktivitas perdagangan meningkat, ruang tepi jalan sering digunakan untuk parkir, berhenti sementara, pergerakan pengunjung, dan kegiatan pedagang. Beberapa studi pada koridor pasar dan kawasan komersial informal menunjukkan pola dampak yang serupa, yaitu penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan pergeseran tingkat pelayanan ke kondisi yang lebih buruk [4]–[7]. Artinya, dampak pasar temporer tidak hanya berasal dari kenaikan volume lalu lintas, tetapi juga dari meningkatnya interupsi arus dan berkurangnya kapasitas efektif ruas [1], [8].

Pengaruh hambatan samping umumnya tercermin melalui indikator kecepatan, tundaan, dan tingkat pelayanan atau Level of Service (LOS). Pada ruas dengan dominasi parkir tepi jalan dan aktivitas komersial, kendaraan cenderung mengalami perlambatan, perpindahan posisi lateral, serta kondisi interrupted flow yang berulang. Kondisi tersebut menyebabkan kecepatan arus menurun dan tundaan meningkat [9]–[11]. Temuan lain juga menunjukkan bahwa relokasi parkir dari on-street ke off-street dapat meningkatkan kapasitas dan memperbaiki LOS, sehingga pengelolaan ruang tepi jalan menjadi faktor penting dalam menjaga kinerja ruas perkotaan [7], [10], [12].

Evaluasi kinerja ruas umumnya dapat dilakukan menggunakan pendekatan berbasis kapasitas seperti MKJI atau PKJI. Namun, pada kondisi dengan gangguan temporer, pendekatan statik sering belum cukup untuk menangkap interaksi dinamis antara arus campuran, perilaku mengemudi, parkir tepi jalan, pejalan kaki, dan aktivitas perdagangan. Beberapa penelitian menekankan bahwa dinamika tersebut lebih tepat dianalisis dengan pendekatan mikrosimulasi karena mampu merepresentasikan interaksi antar kendaraan dan gangguan friksional secara lebih rinci [2], [13].

Dalam satu dekade terakhir, mikrosimulasi seperti VISSIM semakin banyak digunakan untuk mengevaluasi dampak aktivitas tepi jalan dan gangguan non-rutin terhadap kinerja jaringan perkotaan [14]–[16]. Pendekatan ini memungkinkan peneliti membangun kondisi operasional aktual, melakukan kalibrasi perilaku mengemudi, serta membandingkan beberapa skenario berdasarkan indikator kinerja. Di Indonesia, penggunaan VISSIM yang dipadukan dengan acuan PKJI 2023 dan validasi menggunakan statistik GEH telah diterapkan

untuk memastikan bahwa model simulasi cukup merepresentasikan kondisi lapangan sebelum digunakan dalam analisis [17], [18].

Meskipun penelitian mengenai hambatan samping, aktivitas pasar, dan penggunaan mikrosimulasi telah banyak dilakukan, terdapat beberapa perbedaan fokus yang menjadi celah penelitian. Studi [4]–[7] umumnya mengidentifikasi dampak aktivitas pasar atau kawasan komersial terhadap kecepatan, tundaan, dan tingkat pelayanan, tetapi lebih banyak membahas kondisi lalu lintas pada lokasi penelitian tanpa secara khusus mengisolasi perubahan kinerja akibat aktivitas perdagangan yang bersifat temporer. Sementara itu, penelitian [14]–[18] menunjukkan kemampuan mikrosimulasi VISSIM dalam merepresentasikan kondisi lalu lintas dan melakukan evaluasi skenario, tetapi belum secara spesifik membandingkan kondisi ruas pada hari normal dengan kondisi saat pasar temporer mingguan berlangsung pada koridor yang sama. Dengan demikian, masih terdapat keterbatasan kajian yang mengkuantifikasi secara langsung degradasi kinerja ruas akibat perubahan kondisi operasional dari hari normal ke hari dengan aktivitas pasar temporer [19]–[21].

Berdasarkan celah tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komparatif berbasis mikrosimulasi untuk mengukur secara kuantitatif perubahan kinerja ruas antara kondisi normal dan kondisi saat aktivitas pasar temporer berlangsung, dengan model yang terlebih dahulu dikalibrasi dan divalidasi menggunakan statistik GEH. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang cenderung mengevaluasi hambatan samping atau kondisi pasar secara umum, penelitian ini secara khusus mengidentifikasi besarnya perubahan kecepatan rata-rata, tundaan rata-rata, dan tingkat pelayanan (LOS) akibat aktivitas perdagangan temporer pada koridor yang sama. Hasil tersebut selanjutnya digunakan untuk menunjukkan tingkat degradasi kinerja yang dapat menjadi dasar awal dalam menentukan kebutuhan manajemen lalu lintas temporer dan penataan aktivitas tepi jalan pada koridor perkotaan.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi dan Karakteristik Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada koridor jalan di sekitar Komplek Olahraga Bima, Kota Cirebon. Koridor ini dipilih karena pada hari Minggu pagi hingga siang mengalami peningkatan aktivitas perdagangan temporer. Aktivitas tersebut bukan merupakan kegiatan Car Free Day resmi, melainkan kegiatan perdagangan mingguan yang memanfaatkan ruang tepi jalan dan area sekitar komplek olahraga.

Pada periode tersebut, kondisi operasional ruas mengalami perubahan yang cukup nyata. Perubahan tersebut terutama terlihat dari meningkatnya volume lalu lintas akibat tarikan pergerakan pengunjung, bertambahnya aktivitas parkir tepi jalan, adanya

kendaraan berhenti sementara atau bongkar-muat, serta meningkatnya pergerakan pejalan kaki di sekitar area perdagangan. Pada hari normal, ruas beroperasi dengan intensitas hambatan samping yang lebih rendah dan pola arus yang relatif lebih stabil. Perbedaan karakteristik antara hari normal dan hari Minggu inilah yang menjadi dasar rancangan komparatif dalam penelitian ini.



Gambar 1. Lokasi penelitian pada koridor sekitar Komplek Olahraga Bima Kota Cirebon

2.2. Desain Penelitian dan Skenario Analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif berbasis mikrosimulasi. Pendekatan ini dipilih untuk membandingkan perubahan kinerja ruas antara kondisi tanpa aktivitas perdagangan temporer dan kondisi ketika aktivitas perdagangan berlangsung. Dua skenario utama yang dianalisis adalah sebagai berikut.

1. Skenario Normal, yaitu kondisi operasional pada hari tanpa aktivitas perdagangan temporer.
2. Skenario Minggu, yaitu kondisi operasional saat aktivitas perdagangan temporer berlangsung di sekitar Komplek Olahraga Bima.

Kedua skenario dimodelkan secara terpisah agar perubahan kinerja yang terukur dapat dibaca sebagai akibat dari perbedaan volume lalu lintas dan intensitas hambatan samping. Indikator kinerja yang dianalisis meliputi kecepatan rata-rata, tundaan rata-rata, dan tingkat pelayanan atau Level of Service (LOS). Besaran degradasi kinerja dihitung berdasarkan perubahan indikator antara kondisi normal dan kondisi hari Minggu. Untuk indikator kecepatan, penurunan nilai menunjukkan memburuknya kinerja. Sementara itu, untuk indikator tundaan, peningkatan nilai menunjukkan bertambahnya gangguan operasional pada ruas.

2.3. Pengumpulan Data Lapangan

Data primer dikumpulkan sebagai input model mikrosimulasi dan sebagai dasar evaluasi kinerja ruas. Pengumpulan data dilakukan pada dua kondisi pengamatan, yaitu hari normal dan hari Minggu saat aktivitas perdagangan temporer berlangsung. Jenis data yang dikumpulkan meliputi data geometrik ruas, volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, serta hambatan samping.

Survei geometrik dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai panjang segmen, jumlah lajur, lebar lajur, dan lebar ruang tepi jalan. Data ini digunakan

untuk membangun jaringan jalan pada model mikrosimulasi. Survei volume lalu lintas dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan berdasarkan arah pergerakan dan komposisi kendaraan. Survei kecepatan digunakan sebagai gambaran kondisi operasional aktual, sedangkan survei hambatan samping digunakan untuk mengidentifikasi intensitas aktivitas parkir, kendaraan berhenti, bongkar-muat, serta pergerakan pejalan kaki di sekitar ruas penelitian.

Penelitian ini tidak menggunakan data trajectory berbasis video. Oleh karena itu, proses kalibrasi dan validasi difokuskan pada kesesuaian volume lalu lintas hasil simulasi terhadap volume observasi lapangan, serta pada pembacaan indikator operasional yang dapat diamati dan diekstraksi dari model.

2.4. Pembangunan dan Kalibrasi Model Mikrosimulasi

Model lalu lintas dibangun menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM berdasarkan data geometrik, volume lalu lintas, komposisi kendaraan, dan karakteristik hambatan samping hasil survei lapangan. Tahapan pembangunan model meliputi penyusunan jaringan jalan atau network coding, input volume dan komposisi kendaraan, pengaturan rute kendaraan, representasi hambatan samping pada masing-masing skenario, serta penyesuaian parameter perilaku mengemudi.

Representasi kondisi normal dan hari Minggu dibuat secara terpisah. Pada skenario normal, model menggambarkan kondisi ruas dengan hambatan samping yang lebih rendah. Pada skenario hari Minggu, model merepresentasikan peningkatan aktivitas tepi jalan, terutama akibat parkir, kendaraan berhenti, pergerakan pejalan kaki, dan aktivitas perdagangan temporer. Representasi ini diperlukan agar model dapat menangkap perbedaan kondisi operasional antara kedua skenario.

Kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan parameter perilaku mengemudi, terutama yang berkaitan dengan car-following dan lane-changing. Penyesuaian ini bertujuan agar model mampu merepresentasikan pola arus lalu lintas perkotaan secara lebih realistis. Kalibrasi parameter perilaku mengemudi merupakan bagian penting dalam pemodelan mikrosimulasi, terutama pada kondisi arus heterogen dan lingkungan perkotaan yang dipengaruhi oleh aktivitas tepi jalan [22]–[26].

2.5. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan volume lalu lintas hasil simulasi terhadap volume observasi lapangan. Ukuran statistik yang digunakan adalah GEH (Geoffrey E. Havers). GEH banyak digunakan dalam kalibrasi dan validasi model mikrosimulasi karena mampu mengevaluasi kesesuaian antara volume simulasi dan volume observasi pada tingkat link atau segmen jalan [27], [28].

Nilai GEH dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$GEH = \sqrt{\left[\frac{2(S-O)^2}{(S+O)} \right]} \quad (1)$$

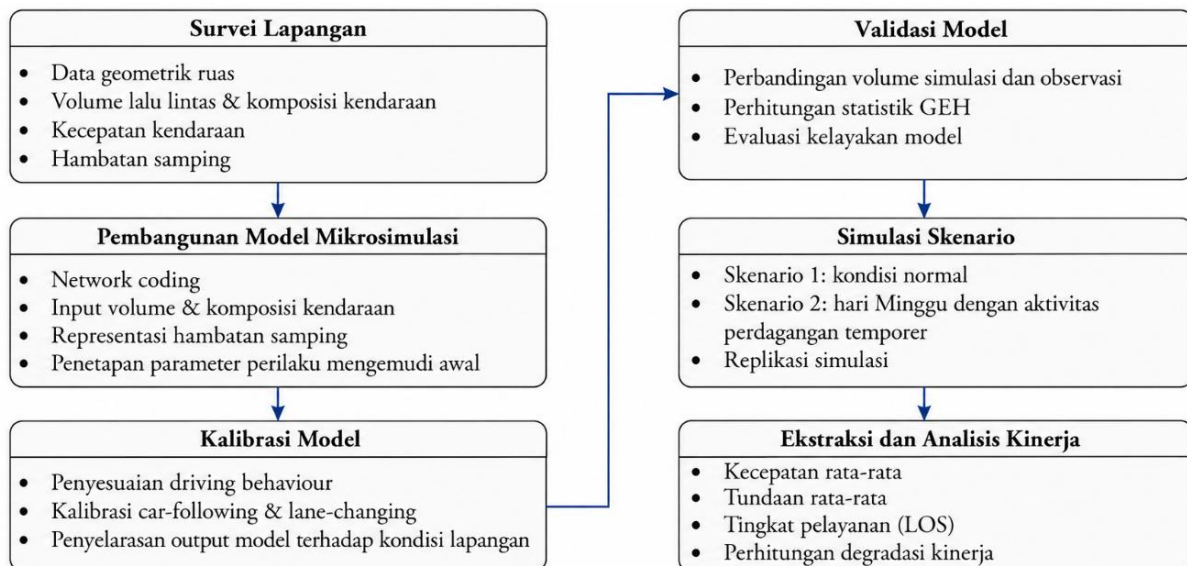
dengan S adalah volume hasil simulasi dan O adalah volume observasi. Nilai GEH yang semakin kecil menunjukkan bahwa hasil simulasi semakin mendekati kondisi lapangan. Dalam praktik validasi mikrosimulasi, GEH digunakan secara luas untuk menilai kesesuaian volume pada tingkat link atau segmen jalan [23], [25], [26]. Literatur juga menunjukkan bahwa GEH umumnya dilaporkan per titik pengamatan dan digunakan sebagai dasar untuk menilai kelayakan model sebelum dilakukan analisis skenario [22], [24].

2.6. Tahapan Analisis Kinerja

Setelah model dinyatakan tervalidasi, simulasi dijalankan untuk kedua skenario. Output utama yang

diekstraksi dari model meliputi kecepatan rata-rata, tundaan rata-rata, dan tingkat pelayanan. Ketiga indikator tersebut digunakan untuk menilai perbedaan kinerja ruas antara kondisi normal dan hari Minggu.

Analisis degradasi kinerja dilakukan dengan membandingkan nilai indikator pada skenario hari Minggu terhadap skenario normal. Perubahan kecepatan dihitung sebagai persentase penurunan dari kondisi normal, sedangkan perubahan tundaan dihitung sebagai persentase peningkatan dari kondisi normal. Perubahan LOS digunakan sebagai indikator kategoris untuk menunjukkan pergeseran kualitas pelayanan ruas. Melalui pendekatan ini, dampak aktivitas perdagangan temporer dapat dijelaskan secara kuantitatif dan lebih mudah diterjemahkan ke dalam rekomendasi manajemen lalu lintas.



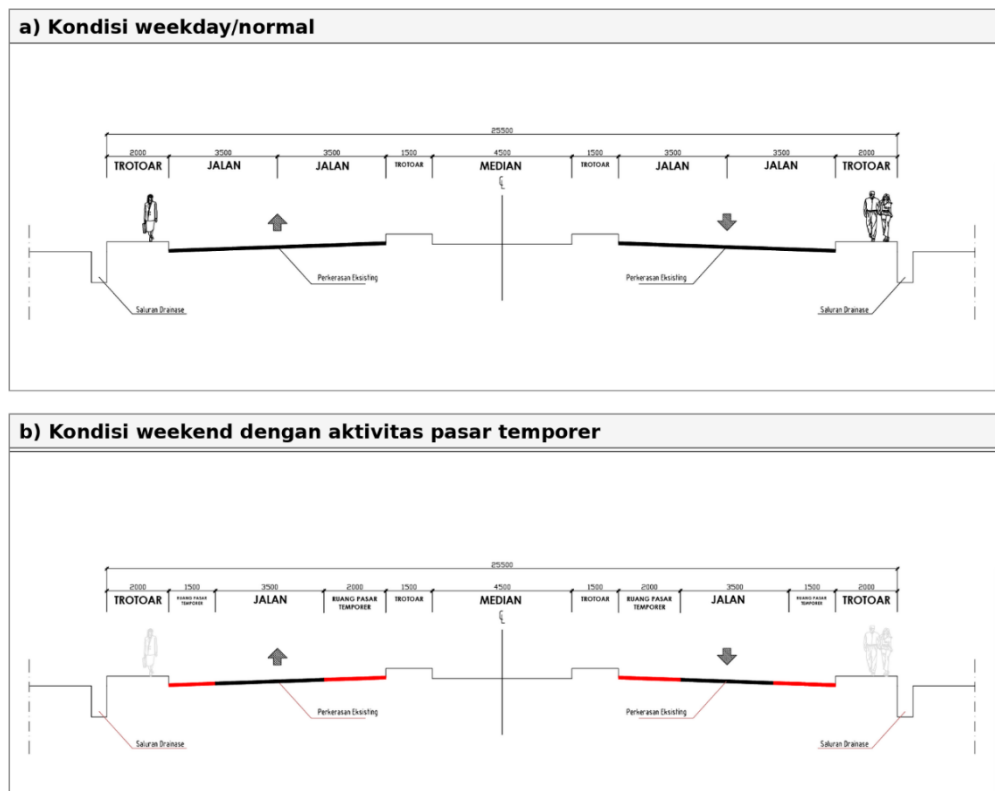
Gambar 2. Bagan alir tahapan penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Fisik dan Operasional Ruas Penelitian

Karakteristik fisik dan operasional ruas menjadi dasar untuk memahami sensitivitas koridor terhadap gangguan lalu lintas. Pada penelitian ini, ruas di sekitar Komplek Olahraga Bima Kota Cirebon dianalisis berdasarkan kondisi geometrik, volume lalu lintas, komposisi kendaraan, dan perubahan pemanfaatan ruang tepi jalan pada dua kondisi berbeda, yaitu weekday atau hari normal dan weekend atau hari Minggu saat aktivitas pasar temporer berlangsung.

Secara geometrik, koridor penelitian memiliki tipe jalan 4/2-T dengan empat lajur. Setiap lajur memiliki lebar sekitar 3,5 meter, dilengkapi median dengan lebar sekitar 4,5 meter, trotoar, serta ruang tepi jalan. Berdasarkan penampang kondisi weekday, fungsi ruang jalan relatif masih sesuai dengan peruntukannya. Jalur lalu lintas pada kedua arah masih dapat digunakan sebagai ruang gerak kendaraan, sedangkan trotoar dan ruang tepi berfungsi sebagai pemisah aktivitas samping dari arus lalu lintas utama.



Gambar 3. Perbandingan penampang geometrik ruas pada kondisi weekday/normal (a) dan weekend dengan aktivitas pasar temporer (b)

Perbedaan yang cukup jelas terlihat pada kondisi weekend. Pada hari Minggu, sebagian ruang di sekitar badan jalan dimanfaatkan sebagai ruang pasar temporer. Pada penampang tersebut terlihat adanya ruang pasar temporer dengan lebar sekitar 1,5–2,0 meter pada beberapa sisi ruas. Kondisi ini membuat lebar efektif yang dapat digunakan kendaraan menjadi lebih terbatas dibandingkan kondisi weekday. Secara nominal, koridor masih memiliki karakter geometrik jalan perkotaan dengan median dan lajur dua arah, tetapi secara operasional sebagian ruang sisi jalan mengalami okupansi oleh aktivitas perdagangan. Akibatnya, kendaraan bergerak pada ruang yang lebih sempit dan lebih sering berinteraksi dengan aktivitas samping jalan.

Tabel 1. Data Geometrik Ruas Penelitian

Parameter	Nilai
Tipe jalan	4/2-T
Jumlah lajur	4
Lebar lajur	3,5 m
Lebar bahu/ruang tepi	2 m
Panjang segmen analisis	200 m
Lingkungan	Perkotaan

Perubahan pemanfaatan ruang tepi jalan pada hari Minggu menjadi faktor penting dalam menjelaskan

penurunan kinerja ruas. Pada kondisi weekday, gangguan samping relatif lebih rendah sehingga kendaraan dapat bergerak lebih stabil. Sebaliknya, pada weekend, aktivitas pasar temporer memunculkan parkir tepi jalan, kendaraan berhenti sementara, pergerakan pejalan kaki, serta aktivitas jual-beli yang berdekatan dengan arus lalu lintas. Situasi ini mengurangi lebar efektif ruas dan meningkatkan konflik lateral antara kendaraan dengan aktivitas di sisi jalan.

Dari sisi operasional, hasil survei menunjukkan perbedaan yang cukup tajam antara kondisi normal dan hari Minggu. Total volume lalu lintas pada kondisi normal tercatat sebesar 3.148 kendaraan/jam, sedangkan pada hari Minggu meningkat menjadi 5.557 kendaraan/jam. Artinya, terjadi kenaikan volume sebesar 2.409 kendaraan/jam atau sekitar 76,52%. Peningkatan ini menunjukkan adanya tambahan beban lalu lintas akibat tarikan pergerakan menuju kawasan Komplek Olahraga Bima dan aktivitas perdagangan temporer pada akhir pekan.

Jika dilihat berdasarkan arah pergerakan, volume masuk meningkat dari 913 kendaraan/jam menjadi 2.902 kendaraan/jam atau naik sekitar 217,85%. Pada arah keluar, volume meningkat dari 2.235 kendaraan/jam menjadi 2.655 kendaraan/jam atau naik sekitar 18,79%. Pola ini menunjukkan bahwa beban lalu lintas pada hari

Minggu lebih banyak dipengaruhi oleh arus masuk menuju kawasan kegiatan.

Tabel 2. Perbandingan Volume dan Komposisi Kendaraan

Parameter	Normal Masuk	Normal Keluar	Minggu Masuk	Minggu Keluar
Total volume (kend/jam)	913	2.235	2.902	2.655
Sepeda motor (kend/jam)	788	1.925	2.622	2.411
Mobil penumpang (kend/jam)	120	286	197	190
Kendaraan sedang (kend/jam)	2	6	28	5
KTM (kend/jam)	3	18	55	49

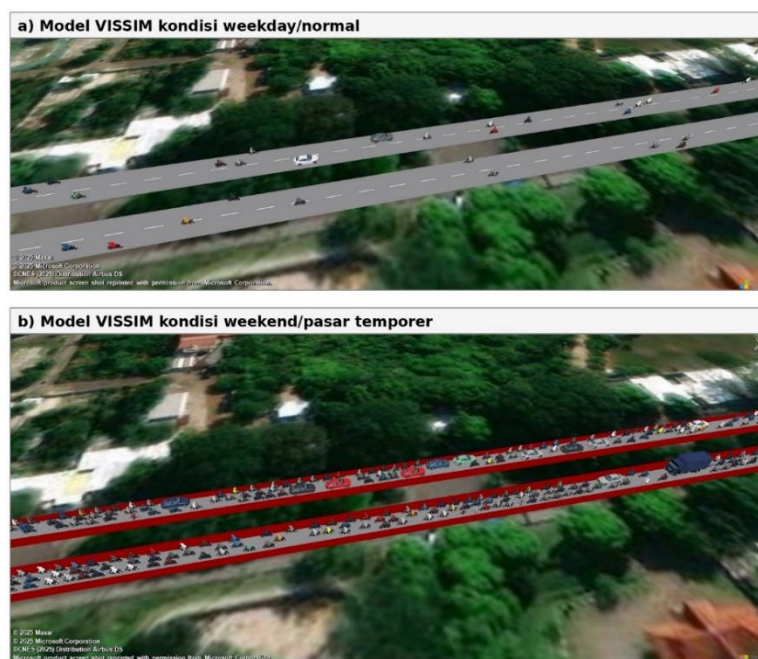
Komposisi kendaraan pada kedua kondisi didominasi oleh sepeda motor. Pada hari normal, jumlah sepeda motor tercatat 2.713 kendaraan/jam atau sekitar 86,18% dari total arus. Pada hari Minggu, jumlahnya meningkat menjadi 5.033 kendaraan/jam atau sekitar 90,57% dari total arus. Dominasi sepeda motor memperlihatkan bahwa pergerakan pada hari Minggu banyak dipengaruhi oleh perjalanan lokal dan kunjungan menuju kawasan kegiatan. Sementara itu, mobil penumpang secara total sedikit menurun dari 406 kendaraan/jam menjadi 387 kendaraan/jam, meskipun pada arah masuk tetap mengalami peningkatan. Kendaraan sedang dan KTM memiliki proporsi yang lebih kecil, tetapi tetap menambah keragaman interaksi lalu lintas pada ruas penelitian.

Kombinasi antara peningkatan volume, dominasi sepeda motor, dan okupansi ruang tepi jalan menunjukkan bahwa perubahan kondisi weekend bukan sekadar fluktuasi arus. Aktivitas pasar temporer mengubah karakter operasi ruas melalui dua mekanisme sekaligus, yaitu peningkatan beban lalu lintas dan pengurangan ruang efektif pergerakan. Kondisi ini menjadi dasar penting untuk menjelaskan hasil mikrosimulasi pada subbab berikutnya.

3.2. Kalibrasi dan Validasi Model Mikrosimulasi (Pembangunan Model)

Model mikrosimulasi dibangun menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk merepresentasikan kondisi operasional ruas pada dua skenario, yaitu kondisi weekday atau normal dan kondisi weekend saat aktivitas pasar temporer berlangsung. Proses pembangunan model dilakukan melalui pengkodean jaringan, input geometri, input volume dan komposisi kendaraan, serta representasi hambatan samping sesuai karakteristik masing-masing kondisi.

Geometri ruas dimodelkan berdasarkan kondisi aktual, meliputi jumlah lajur, lebar lajur, median, ruang tepi jalan, dan panjang segmen analisis. Pada kondisi weekday, model menggambarkan arus kendaraan yang relatif lebih lancar dengan hambatan samping yang lebih rendah. Pada kondisi weekend, model merepresentasikan peningkatan aktivitas samping melalui pengaturan area perlambatan, penyempitan efektif akibat ruang pasar temporer, dan peningkatan interaksi kendaraan di sekitar segmen kegiatan.



Gambar 4. Perbandingan Penampang Geometrik Ruas pada Kondisi Weekday/Normal (a) dan Weekend dengan Aktivitas Pasar Temporer (b)

Gambar 4 memperlihatkan perbedaan visual antara kondisi weekday dan weekend. Pada kondisi weekday, kendaraan tersebar lebih renggang dan arus pada kedua arah masih terlihat relatif lancar. Pada kondisi weekend, kepadatan kendaraan meningkat tajam, terutama pada segmen yang berdekatan dengan aktivitas pasar temporer. Visualisasi ini memperkuat indikasi bahwa gangguan pada hari Minggu tidak hanya disebabkan oleh kenaikan volume, tetapi juga oleh berkurangnya ruang efektif dan meningkatnya interaksi sampling jalan.

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa model mampu merepresentasikan kondisi arus aktual sebelum digunakan untuk analisis kinerja. Pada penelitian ini, kalibrasi diarahkan pada penyesuaian parameter perilaku mengemudi, terutama yang berkaitan dengan car-following dan lane-changing. Penyesuaian parameter dilakukan secara iteratif dengan membandingkan output volume simulasi terhadap volume observasi lapangan. Pendekatan ini sejalan dengan praktik kalibrasi model VISSIM pada ruas arteri perkotaan yang umumnya menekankan penyesuaian driving behaviour dan evaluasi kesesuaian volume menggunakan GEH [23]–[26].

Pada penelitian ini, model car-following yang digunakan adalah pendekatan Wiedemann. Model ini banyak digunakan dalam kalibrasi ruas arteri perkotaan karena mampu merepresentasikan perilaku longitudinal kendaraan berbasis psycho-physical [26]. Penyesuaian model dilakukan pada parameter perilaku mengemudi yang memengaruhi jarak antar kendaraan, respons perlambatan, dan manuver perpindahan posisi. Proses kalibrasi dilakukan sampai output simulasi menunjukkan kedekatan yang memadai terhadap kondisi lapangan. Setelah proses kalibrasi, validasi dilakukan menggunakan statistik GEH sebagai indikator utama kesesuaian antara volume simulasi (S) dan volume observasi (O). Pada penelitian ini, nilai GEH dihitung pada setiap titik pengamatan arus dan dibandingkan terhadap ambang batas yang umum digunakan dalam studi mikrosimulasi arteri perkotaan.

Tabel 3. Perbandingan Volume dan Komposisi Kendaraan

Titik Pengamatan	Observasi Masuk	Observasi Keluar	Simulasi Masuk	Simulasi Keluar	GEH Masuk	GEH Keluar
Weekday	913	2.235	925	2.222	0,396	0,275
Weekend	2.902	2.655	2.841	2.644	1,138	0,214

Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh nilai GEH berada pada rentang yang dapat diterima. Nilai GEH terendah terdapat pada arah keluar saat weekend, yaitu 0,214, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada arah masuk saat weekend, yaitu 1,138. Meskipun nilai tersebut merupakan yang paling besar di antara titik pengamatan lainnya, nilainya tetap menunjukkan kesesuaian yang baik antara volume simulasi dan volume observasi. Berdasarkan hasil ini, model dinyatakan layak digunakan untuk membandingkan

kinerja ruas pada kondisi weekday dan weekend. Pendekatan kalibrasi dan validasi ini juga sejalan dengan praktik penggunaan VISSIM untuk analisis kinerja ruas perkotaan, di mana model harus menunjukkan kesesuaian terhadap data observasi sebelum digunakan untuk membandingkan skenario operasional [23], [24], [26].

3.3 Perbandingan Kinerja Operasional

Perbandingan kinerja operasional dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan performa ruas antara kondisi normal dan hari Minggu saat aktivitas perdagangan temporer berlangsung. Indikator yang dianalisis meliputi kecepatan rata-rata, tundaan rata-rata, dan tingkat pelayanan atau Level of Service (LOS). Seluruh indikator diperoleh dari model mikrosimulasi yang telah melalui proses kalibrasi dan validasi berbasis GEH.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja ruas mengalami penurunan tajam pada hari Minggu. Pada kondisi normal, kecepatan rata-rata arah keluar sebesar 26,66 km/jam dan arah masuk sebesar 29,16 km/jam. Pada hari Minggu, kecepatan turun menjadi 5,00 km/jam pada arah keluar dan 5,09 km/jam pada arah masuk. Jika dihitung secara rata-rata dua arah, kecepatan menurun dari 27,91 km/jam pada kondisi normal menjadi 5,05 km/jam pada hari Minggu. Penurunan ini setara dengan sekitar 81,92%.

Tabel 4. Perbandingan Indikator Kinerja Operasional

Indikator	Normal Keluar	Normal Masuk	Minggu Keluar	Minggu Masuk
Kecepatan rata-rata (km/jam)	26,66	29,16	5	5,09
Tundaan rata-rata (det/kend)	2,74	0,56	92,08	96,88
Level of Service (LOS)	LOS A	LOS A	LOS F	LOS F

Penurunan kecepatan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas perdagangan temporer tidak hanya meningkatkan volume, tetapi juga menciptakan gangguan operasional yang menahan pergerakan kendaraan. Aktivitas parkir tepi jalan, kendaraan berhenti sementara, dan pergerakan pejalan kaki memperbesar interaksi lateral sehingga kendaraan tidak dapat bergerak secara stabil. Temuan ini sejalan dengan studi yang menjelaskan bahwa aktivitas tepi jalan seperti parkir, bongkar-muat, dan pergerakan pejalan kaki merupakan sumber friksi utama yang menurunkan kecepatan efektif pada ruas perkotaan [23], [24], [26]. Dalam konteks negara berkembang, pengurangan lebar efektif lajur akibat side friction juga dilaporkan dapat

menurunkan kecepatan, mengurangi kapasitas, dan meningkatkan waktu tempuh [1], [29].

Pola yang sama terlihat pada indikator tundaan. Pada kondisi normal, tundaan rata-rata arah keluar sebesar 2,74 detik/kendaraan, sedangkan arah masuk sebesar 0,56 detik/kendaraan. Pada hari Minggu, tundaan meningkat menjadi 92,08 detik/kendaraan pada arah keluar dan 96,88 detik/kendaraan pada arah masuk. Secara rata-rata dua arah, tundaan meningkat dari 1,65 detik/kendaraan menjadi 94,48 detik/kendaraan. Kenaikan absolut sebesar 92,83 detik/kendaraan ini menunjukkan bahwa kendaraan mengalami perlambatan dan hambatan berulang pada ruas penelitian.

Persentase kenaikan tundaan terlihat sangat besar karena nilai tundaan pada kondisi normal sangat rendah. Oleh karena itu, interpretasi perubahan tundaan perlu dibaca bersama nilai absolutnya. Kenaikan dari sekitar 1,65 detik/kendaraan menjadi 94,48 detik/kendaraan tetap menunjukkan degradasi yang sangat kuat secara operasional. Dalam kondisi seperti ini, hambatan samping berperan memperbesar dampak keterlambatan karena kendaraan tidak hanya menghadapi kenaikan arus, tetapi juga gangguan pergerakan di ruang tepi jalan. Fenomena ini konsisten dengan literatur yang menyebutkan bahwa tundaan pada koridor dengan aktivitas tepi jalan tidak selalu meningkat secara linier terhadap volume, karena friksi lateral dapat memperbesar hambatan arus secara signifikan [30], [31]. Dari sisi tingkat pelayanan, kondisi normal berada pada LOS A untuk kedua arah. Kategori ini menunjukkan arus yang masih stabil dengan hambatan rendah. Pada hari Minggu, tingkat pelayanan bergeser menjadi LOS F pada kedua arah. Pergeseran dari LOS A ke LOS F memperlihatkan perubahan kualitas pelayanan yang sangat tajam. Artinya, aktivitas perdagangan temporer

menyebabkan ruas tidak lagi bekerja dalam kondisi lancar, tetapi mendekati kondisi jenuh dengan kecepatan rendah dan tundaan tinggi. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa side friction merupakan salah satu faktor penting dalam degradasi LOS pada arteri perkotaan di negara berkembang [1], [23], [29], [32]. Pengabaian faktor friksi tepi jalan dalam analisis kapasitas juga dapat menghasilkan estimasi performa yang terlalu optimis, terutama pada ruas perkotaan yang berdekatan dengan aktivitas komersial [29], [30].

3.4. Analisis Degradasi Kinerja dan Implikasi Operasional

Hasil perbandingan kinerja menunjukkan bahwa aktivitas perdagangan temporer pada hari Minggu memberikan dampak yang besar terhadap kinerja ruas. Dampak tersebut terlihat dari tiga indikator utama, yaitu penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan pergeseran LOS. Untuk memperjelas besaran dampak, perubahan kinerja dirangkum menggunakan perbandingan relatif antara kondisi hari Minggu dan kondisi normal.

Pada indikator kecepatan, nilai rata-rata dua arah menurun dari 27,91 km/jam menjadi 5,05 km/jam. Penurunan sebesar 81,92% ini menunjukkan bahwa kemampuan ruas dalam melayani pergerakan kendaraan menurun secara signifikan. Pada indikator tundaan, rata-rata dua arah meningkat dari 1,65 detik/kendaraan menjadi 94,48 detik/kendaraan. Nilai ini menunjukkan peningkatan tundaan sebesar 92,83 detik/kendaraan. Secara persentase, peningkatannya sangat besar karena nilai tundaan awal pada kondisi normal sangat kecil. Oleh sebab itu, pembacaan degradasi tundaan lebih tepat ditekankan pada perubahan absolut dan pergeseran LOS.

Tabel 5. Ringkasan Indeks Degradasi Kinerja (IDK) Kondisi Hari Minggu terhadap Kondisi Normal

Indikator	Satuan	Kondisi Normal	Kondisi Hari Minggu	Perubahan	Interpretasi
Kecepatan rata-rata dua arah	km/jam	27,91	5,05	-81,92%	Kecepatan ruas menurun tajam
Tundaan rata-rata dua arah	det/kend	1,65	94,48	+92,83 det/kend	Tundaan meningkat sangat besar
Tingkat pelayanan	LOS	A	F	Turun dari A ke F	Kualitas pelayanan berubah dari lancar menjadi sangat buruk

Secara operasional, degradasi tersebut dapat dijelaskan melalui kombinasi antara peningkatan permintaan perjalanan dan peningkatan friksi tepi jalan. Pada hari Minggu, kawasan Komplek Olahraga Bima menarik lebih banyak pengunjung. Pada saat yang sama, ruang tepi jalan digunakan untuk parkir, berhenti sementara, aktivitas perdagangan, dan pergerakan pejalan kaki. Kombinasi ini menciptakan penyempitan efektif, memperbesar konflik lateral, dan menurunkan kelancaran arus.

Pola ini menunjukkan bahwa gangguan pada hari Minggu bukan sekadar akibat peningkatan volume lalu lintas. Kenaikan volume memang menambah beban ruas, tetapi penurunan kecepatan hingga mendekati 5 km/jam dan peningkatan tundaan hingga lebih dari 90 detik/kendaraan mengindikasikan adanya gangguan operasional yang lebih kuat. Dengan kata lain, aktivitas tepi jalan bekerja sebagai sumber gesekan yang memperlemah kapasitas efektif ruas. Temuan ini sejalan dengan kajian yang menyebutkan bahwa parkir badan jalan, aktivitas bongkar-muat, pergerakan pejalan kaki,

dan aktivitas komersial dapat saling memperkuat dalam menurunkan kapasitas dan meningkatkan tundaan pada ruas perkotaan [1]–[3], [10], [29], [33].

Dalam kerangka side friction, kondisi weekend pada ruas penelitian dapat dipahami sebagai kombinasi antara perubahan pola permintaan perjalanan dan meningkatnya friksi operasional. Aktivitas pasar temporer bekerja sebagai sumber gangguan yang terkonsentrasi pada lokasi dan waktu tertentu. Gangguan tersebut mengurangi ruang efektif kendaraan, meningkatkan interaksi lateral, dan memunculkan kondisi stop-and-go pada segmen yang terdampak. Kondisi ini sesuai dengan temuan beberapa studi yang menjelaskan bahwa pengaruh gesekan samping tidak selalu bersifat aditif, tetapi dapat saling memperkuat sehingga penurunan kinerja ruas menjadi lebih besar dibandingkan jika setiap sumber gangguan dipandang secara terpisah [1], [10], [33].

Implikasi operasional dari temuan ini adalah bahwa ruas penelitian memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan aktivitas tepi jalan. Ketika ruang tepi tidak dikelola, peningkatan aktivitas mingguan dapat dengan cepat mengubah kondisi ruas dari pelayanan yang sangat baik menjadi kondisi yang sangat buruk. Karena gangguan bersifat temporer dan berulang pada waktu tertentu, penanganannya tidak selalu harus berupa perubahan permanen pada geometri jalan. Pendekatan manajemen lalu lintas temporer lebih relevan untuk diuji, terutama pada jam-jam puncak aktivitas perdagangan. Literatur juga menunjukkan bahwa pembacaan dampak side friction sebaiknya tidak hanya dilihat dari nilai absolut indikator, tetapi juga dari perubahan kinerja seperti speed reduction, delay increase, dan LOS degradation, karena besaran absolut sangat bergantung pada konteks geometri dan permintaan lalu lintas [1], [2], [29].

3.5. Implikasi Manajemen Lalu Lintas Temporer dan Rekomendasi Penanganan

Berdasarkan hasil simulasi, penanganan yang diperlukan sebaiknya diarahkan pada pengurangan sumber friksi tepi jalan. Strategi yang hanya berfokus pada arus utama berpotensi kurang efektif apabila aktivitas parkir, berhenti sementara, pedagang, dan pejalan kaki tetap menggunakan ruang tepi jalan secara tidak terkendali. Oleh karena itu, manajemen lalu lintas temporer perlu mengombinasikan pengaturan arus kendaraan dengan penataan aktivitas samping jalan.

Rekomendasi pertama adalah pengaturan parkir sementara pada hari Minggu. Parkir di badan jalan atau terlalu dekat dengan lajur lalu lintas perlu dikurangi karena berkontribusi langsung terhadap penyempitan efektif ruas. Relokasi parkir ke area yang tidak mengganggu arus utama dapat menjadi pilihan awal. Kebijakan ini relevan karena berbagai studi menunjukkan bahwa pengurangan encroachment tepi jalan dapat meningkatkan kapasitas dan memperbaiki

kinerja ruas pada koridor dengan intensitas friksi tinggi [10], [29].

Rekomendasi kedua adalah penataan zona aktivitas perdagangan. Pedagang sebaiknya ditempatkan pada area yang memiliki jarak aman dari lajur utama agar tidak menciptakan bottleneck temporer. Penataan ini juga perlu memperhatikan jalur pejalan kaki agar pergerakan pengunjung tidak langsung bercampur dengan arus kendaraan. Dengan pengaturan zona yang lebih jelas, konflik lateral antara kendaraan, pedagang, dan pejalan kaki dapat dikurangi.

Rekomendasi ketiga adalah pengaturan akses keluar-masuk kawasan. Pada hari Minggu, peningkatan kendaraan masuk menuju area kegiatan menjadi salah satu sumber konflik. Pengaturan titik akses, pembatasan manuver tertentu, atau pengaturan sirkulasi internal kawasan dapat membantu mengurangi konflik kendaraan yang berhenti, berbelok, atau mencari ruang parkir. Pengaturan ini sebaiknya dipadukan dengan petunjuk arah dan informasi lokasi parkir agar pergerakan kendaraan lebih terarah.

Rekomendasi keempat adalah penempatan petugas atau pengawasan temporer pada jam puncak kegiatan. Karena gangguan terjadi secara periodik, pengaturan manual pada waktu tertentu dapat menjadi intervensi yang realistis. Petugas dapat membantu menjaga kelancaran arus, mengarahkan kendaraan menuju lokasi parkir, mengatur penyeberangan pejalan kaki, dan mencegah kendaraan berhenti pada titik yang mengganggu arus utama.

Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip Temporary Traffic Management (TTM), yaitu penanganan lalu lintas yang disesuaikan dengan karakter gangguan temporer dan diuji berdasarkan indikator kinerja. Beberapa studi mikrosimulasi menunjukkan bahwa efektivitas skema temporer sangat bergantung pada desain penanganan yang tepat, karena pengaturan yang kurang sesuai dapat memindahkan masalah ke titik lain atau bahkan meningkatkan tundaan [21], [24], [34]. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar awal untuk pengujian skenario lanjutan, misalnya relokasi parkir, pembatasan berhenti pada segmen tertentu, pengaturan akses, atau kombinasi beberapa strategi menggunakan model mikrosimulasi yang telah tervalidasi.

Penelitian ini menegaskan bahwa degradasi kinerja pada koridor perkotaan dengan aktivitas temporer bukan sekadar fenomena peningkatan arus, melainkan hasil interaksi antara permintaan perjalanan dan friksi operasional di ruang tepi jalan. Strategi pengelolaan sebaiknya bersifat integratif, mengombinasikan pengaturan arus utama dengan penataan aktivitas samping jalan. Temuan ini memberikan kontribusi operasional bagi pemerintah daerah dalam merancang kebijakan penataan kegiatan pasar atau aktivitas mingguan di koridor perkotaan, khususnya pada ruas dengan lebar terbatas dan komposisi lalu lintas yang heterogen.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis dampak aktivitas pasar temporer terhadap kinerja ruas jalan di sekitar Komplek Olahraga Bima Kota Cirebon menggunakan pendekatan mikrosimulasi. Model dibangun untuk membandingkan dua kondisi operasional, yaitu weekday atau hari normal dan weekend atau hari Minggu saat aktivitas pasar temporer berlangsung. Hasil validasi menunjukkan bahwa model memiliki kesesuaian yang baik terhadap kondisi lapangan, dengan nilai GEH berada pada rentang 0,214–1,138. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model layak digunakan untuk analisis perbandingan kinerja ruas.

Hasil survei dan simulasi menunjukkan bahwa aktivitas pasar temporer menyebabkan perubahan operasional yang signifikan. Total volume lalu lintas meningkat dari 3.148 kendaraan/jam pada kondisi normal menjadi 5.557 kendaraan/jam pada hari Minggu, atau naik sekitar 76,52%. Peningkatan volume tersebut disertai perubahan pemanfaatan ruang tepi jalan akibat aktivitas parkir, kendaraan berhenti sementara, pergerakan pejalan kaki, dan ruang pasar temporer. Kondisi ini mengurangi lebar efektif ruas dan meningkatkan interaksi lateral antara kendaraan dengan aktivitas samping jalan.

Dampak operasional paling jelas terlihat pada penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan perubahan tingkat pelayanan. Kecepatan rata-rata dua arah menurun dari 27,91 km/jam pada kondisi normal menjadi 5,05 km/jam pada hari Minggu, atau turun sekitar 81,92%. Tundaan rata-rata meningkat dari 1,65 detik/kendaraan menjadi 94,48 detik/kendaraan. Tingkat pelayanan juga mengalami penurunan tajam dari LOS A pada kondisi normal menjadi LOS F pada hari Minggu. Temuan ini menegaskan bahwa degradasi kinerja ruas tidak hanya dipengaruhi oleh kenaikan volume, tetapi juga oleh meningkatnya hambatan samping dan okupansi ruang tepi jalan.

Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan aktivitas pasar temporer perlu diarahkan pada pengurangan sumber friksi tepi jalan. Beberapa strategi yang dapat dipertimbangkan meliputi pengaturan parkir sementara, penataan zona pedagang, pengaturan akses keluar-masuk kawasan, serta penempatan petugas pada jam puncak kegiatan. Karena gangguan bersifat periodik, pendekatan manajemen lalu lintas temporer menjadi pilihan yang lebih relevan dibandingkan perubahan geometrik permanen. Penelitian lanjutan dapat menguji skenario penanganan tersebut melalui model mikrosimulasi, sehingga rekomendasi yang dihasilkan dapat lebih terukur dan siap digunakan sebagai dasar kebijakan operasional..

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PTV Group atas ketersediaan perangkat lunak PTV Vissim yang digunakan dalam proses pemodelan mikrosimulasi pada

penelitian ini. Perangkat lunak tersebut mendukung analisis perbandingan kinerja ruas jalan pada kondisi normal dan kondisi dengan aktivitas pasar temporer.

Daftar Rujukan

- [1] K. Srivastava and A. Kumar, "Critical Analysis of Road Side Friction on an Urban Arterial Road," *Engineering Technology & Applied Science Research*, vol. 13, no. 2, pp. 10261–10269, 2023, doi: 10.48084/etasr.5603.
- [2] A. Pratama, G. Kharisma, T. Setiawan, A. Rijaluddin, and M. Taufik, "Systematic Review of the Impact of Side Frictions on Road Service Levels in Urban Roadways," *Riggs Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 2, pp. 5355–5363, 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i2.1337.
- [3] P. Gulivindala and A. Mehar, "Analysis of Side Friction on Urban Arterials," *Transport and Telecommunication Journal*, vol. 19, no. 1, pp. 21–30, 2018, doi: 10.2478/tjt-2018-0003.
- [4] R. Musita, R. Anggraini, and S. Sugiarto, "The Analysis of Roadside Obstacles to the Performance of Syiah Kuala Street," *Iop Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 933, no. 1, p. 12017, 2020, doi: 10.1088/1757-899x/933/1/012017.
- [5] V. Mahardika, I. Irawati, and B. Tutuko, "Service Levels Analysis in the Segment Street of Front Market Peterongan," *Ge-Stram Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 84–91, 2023, doi: 10.25139/jprs.v6i2.6016.
- [6] N. Padia, "Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Residen Ardiwinangun Kecamatan Mangkubumi Kota Tasikmalaya," *Miteks*, vol. 2, no. 2, pp. 80–84, 2025, doi: 10.25157/medialilmiahtekniksipil.v2i2.3507.
- [7] M. Rizal, M. Darwis, and N. Nagu, "Analysis of Road Capacity Due to Parking on Road Agency on the Jati Perumnas Segment of Ternate City," *Matec Web of Conferences*, vol. 372, p. 7005, 2022, doi: 10.1051/mateconf/202237207005.
- [8] M. Isradi, N. D. Nareswari, A. I. Rifai, A. Mufhidin, and J. Prasetyo, "Performance Analysis of Road Section and Unsignalized Intersections in Order to Prevent Traffic Jams on Jl H. Djole – Jl. Pasar Lama," *Adri International Journal of Civil Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 56–67, 2022, doi: 10.29138/aijce.v6i1.21.
- [9] N. A. Lestari, R. Rahman, and A. Tahir, "On Street Parking Effect to Performance of the Imam Bonjol Street in Palu City," *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, vol. 1, no. 1, p. 58, 2020, doi: 10.31963/jacee.v1i1.2647.
- [10] M. S. Mahendra, A. Wicaksono, and L. Djakfar, "The Effect of Side Friction on Delays in One-Way Urban Road Sections," *Journal of Southwest Jiaotong University*, vol. 56, no. 5, pp. 265–274, 2021, doi: 10.35741/issn.0258-2724.56.5.24.
- [11] D. M. P. Wedagama, I. W. Suweda, and N. L. G. Astariyani, "The Influence of Side Friction on Speed-Mixed Flow Behavior on Arterial Roads in Tourism Area in Bali," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 10, no. 1, pp. 27–44, 2022, doi: 10.13189/cea.2022.100103.
- [12] F. Rahman, R. Marleno, and H. Muhammadun, "Performance Analysis of Road Capacity for the Plan to Relocate on-Street Parking to Off-Street Parking (Case Study on Jalan Panglima Sudirman, Bojonegoro Regency)," *Opsearch American Journal of Open Research*, vol. 4, no. 1, pp. 398–410, 2025, doi: 10.58811/opsearch.v4i1.167.
- [13] R. Sushmitha, S. Srikanth, and K. V. R. R. Shankar, "Impact of Side Friction on Saturation Flow at Signalized Intersections in Mixed Traffic Conditions," *U Porto Journal of Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 90–101, 2022, doi: 10.24840/2183-6493_008.006_0007.
- [14] L. Andrei and O. Luca, "Assessing the Transformative Potential: An Examination of the Urban Mobility Impact Based on an Open-Source Microscopic Traffic Simulator for Autonomous Vehicles," *Ispr International Journal of Geo-Information*, vol. 13, no. 1, p. 16, 2024, doi: 10.3390/ijgi13010016.
- [15] L. Gao et al., "A Micro-Simulation Framework for Studying

- CAVs Behavior and Control Utilizing a Traffic Simulator, Chassis Simulation, and a Shared Roadway Friction Database,” pp. 1650–1655, 2021, doi: 10.23919/acc50511.2021.9483221.
- [16] A. Mandor, I. H. Hashim, I. El-Dessoky, and T. Abdel-Wahed, “Calibration and Validation of Microsimulation Models for Estimating Control Delay at Signalized Intersections in Upper Egypt, Sohag City as Case Study,” *Sohag Engineering Journal*, vol. 0, no. 0, p. 0, 2022, doi: 10.21608/sej.2022.157149.1020.
- [17] F. O. Aryahito, R. Y. Wihardi, and M. A. Marunda, “Model Simulation of Holiday Session Traffic Flow at Three Ways Intersection in Indonesia,” vol. 4, no. 7, pp. 1323–1342, 2025.
- [18] I. M. Pradana, S. Azalia, T. S. Muda, and M. Lestira, “Microsimulation-Based Traffic Management on Urban Roads in Indonesia,” *Indonesian Journal of Advanced Research (IJAR)*, vol. 4, no. 7, pp. 1633–1652, 2025.
- [19] M. Keyvan-Ekbatani, R. C. Carlson, V. L. Knoop, and M. Papageorgiou, “Optimizing Distribution of Metered Traffic Flow in Perimeter Control: Queue and Delay Balancing Approaches,” *Control Engineering Practice*, vol. 110, p. 104762, 2021, doi: 10.1016/j.conengprac.2021.104762.
- [20] M. K. Singh, N. Formosa, C. K. Man, C. Morton, C. B. Masera, and M. Quddus, “Assessing Temporary Traffic Management Measures on a Motorway: Lane Closures vs Narrow Lanes for Connected and Autonomous Vehicles in Roadworks,” *Iet Intelligent Transport Systems*, vol. 18, no. 7, pp. 1210–1226, 2024, doi: 10.1049/itr2.12503.
- [21] J. Skovajsa, O. Přibyl, P. Přibyl, M. Ščerba, and A. Janota, “Evaluation of a Mobile Highway Management System at Roadwork Zones,” *International Journal of Engineering*, vol. 35, no. 5, pp. 900–907, 2022, doi: 10.5829/ije.2022.35.05b.06.
- [22] D. Gunarathne, N. Amarasingha, A. Kulathunga, and V. Wicramasighe, “Optimization of VISSIM Driver Behavior Parameter Values Using Genetic Algorithm,” *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 51, no. 2, pp. 117–125, 2023, doi: 10.3311/pptr.20106.
- [23] S. M. Hafam, S. Valery, and A. Hasim, “Calibrating and Validation Microscopic Traffic Simulation Models VISSIM for Enhanced Highway Capacity Planning,” *International Journal of Engineering*, vol. 36, no. 8, pp. 1509–1519, 2023, doi: 10.5829/ije.2023.36.08b.11.
- [24] U. Hasan, H. A. Jassmi, and A. Hasan, “Microsimulation Modelling and Scenario Analysis of a Congested Abu Dhabi Highway,” *Eng—advances in Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 2003–2014, 2023, doi: 10.3390/eng4030113.
- [25] I. Hoque, T. N. Ananda, P. Anowar, A. Naz, and M. Murshed, “Machine Learning Approach in Calibrating VISSIM Microsimulation Model for Mixed Traffic Conditions,” *Journal of Engineering Science*, vol. 16, no. 1, pp. 21–30, 2025, doi: 10.3329/jes.v16i1.82663.
- [26] D. Espejel-Garcia, J. A. Saniger-Alba, G. Wenglas-Lara, V. V. Espejel-García, and A. Villalobos-Aragón, “A Comparison Among Manual and Automatic Calibration Methods in VISSIM in an Expressway (Chihuahua, Mexico),” *Open Journal of Civil Engineering*, vol. 07, no. 04, pp. 539–552, 2017, doi: 10.4236/ojce.2017.74036.
- [27] T. Toledo and H. N. Koutsopoulos, “Statistical Validation of Traffic Simulation Models,” *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1876, no. 1, pp. 142–150, 2004, doi: 10.3141/1876-15.
- [28] F. Tohom, I. D. Prasetyaningsih, and S. Hadi, “VISSIM-Based Assessment of Road Performance Under Proposed Bicycle Lane Scenarios: Case Study Adi Sumarno Road in Karangayar,” *Biseeng*, vol. 2, p. V225016, 2025, doi: 10.31603/biseeng.356.
- [29] Z. A. Alkaissi and W. A. Kamoona, “Influence of Roadside Impedance on Speed and Capacity of Urban Streets,” *Iop Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 1090, no. 1, p. 12121, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1090/1/012121.
- [30] B. Prasad, K. V. Vidhyadhari, B. Sruthi, M. P. Kumar, and J. S. reddy, “Influence of Pedestrian Movement on Speed of Vehicles, Capacity and Level of Service of Urban Midblock Sections,” *International Journal of Science and Research Archive*, vol. 11, no. 2, pp. 2095–2103, 2024, doi: 10.30574/ijrsra.2024.11.2.0663.
- [31] B. Yulianto, S. Setiono, and F. Alissaditamtya, “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Nonongan Menggunakan Program Simulasi PTV VISSIM,” *Matriks Teknik Sipil*, vol. 11, no. 1, p. 81, 2023, doi: 10.20961/mateksi.v11i1.53318.
- [32] I. Hoque, “Exploration of the Effects of Heterogenous Vehicle Composition on Urban Arterial Traffic Flow Attributes,” 2025, doi: 10.31224/4440.
- [33] M. Bitangaza and H. Bwire, “Effects of Roadside Friction Elements on Travel Performance and Level of Service in Kigali,” *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 236–251, 2020, doi: 10.7708/ijtte.2020.10(2).09.
- [34] G. Suleiman, A. M. Dahamsheh, and M. Ergün, “Improvement of Highway Work Zone Performance by Traffic Management,” *International Journal of Civil Engineering and Technology (Ijciet)*, vol. 11, no. 10, 2020, doi: 10.34218/ijciet.11.10.2020.003.