



DOI:<https://doi.org/10.38035/jstl.v4i1>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Analisis Proporsi Moda Transportasi Online terhadap Kinerja Ruas Jalan dan Hambatan Samping di Kawasan Strategis Yogyakarta

Jasmine Pharos A¹, Nindyo Cahyo Kresnanto², Risdiyanto³.

¹Universitas Janabadra, Yogyakarta, Indonesia, jphartz2103@gmail.com.

²Universitas Janabadra, Yogyakarta, Indonesia, nindyo_ck@janabadra.ac.id.

³Universitas Janabadra, Yogyakarta, Indonesia, risdiyanto@janabadra.ac.id.

Corresponding Author: jphartz2103@gmail.com¹

Abstract: *The Strategic Area of Yogyakarta, particularly the East Tugu and Zero Kilometer Point corridors, experiences increasing traffic pressure due to urban growth, tourism activities, and the rapid expansion of app-based transportation services. This study aims to analyze the proportion of ride-hailing modes within traffic volumes, evaluate road segment performance, and identify their effects on side friction in the study area. A descriptive quantitative approach was employed using a cross-sectional survey through manual traffic counting and CCTV recordings during morning and afternoon peak hours on both weekdays and weekends. Road performance analysis was conducted using traffic volume, road capacity, degree of saturation (DS), and level of service (LOS) based on MKJI 1997 standards. The results show that ride-hailing transportation contributed approximately 12.9% of total vehicle volume and 8.9% of total passenger car unit load. The East Tugu corridor reached a peak volume of 3,204.8 pcu/hour (DS = 1.40), while the Zero Kilometer Point corridor reached 4,889.4 pcu/hour (DS = 2.61), both operating at Level of Service F. Passenger pick-up and drop-off activities associated with ride-hailing services increased side friction, reduced effective road capacity, and further deteriorated traffic performance in the area.*

Keyword: *Ride-Hailing Transportation, Modal Proportion, Road Performance, Side Friction, Degree Of Saturation.*

Abstrak: Kawasan Strategis Yogyakarta, khususnya koridor Tugu Timur dan Titik Nol KM, menghadapi tekanan lalu lintas yang semakin tinggi akibat pertumbuhan aktivitas perkotaan, pariwisata, dan meningkatnya penggunaan transportasi berbasis aplikasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis proporsi moda transportasi online terhadap volume lalu lintas, mengevaluasi kinerja ruas jalan, serta mengidentifikasi pengaruhnya terhadap hambatan samping di kawasan tersebut. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui cross-sectional survey dengan pencacahan kendaraan manual dan rekaman CCTV pada jam puncak pagi dan sore, baik hari kerja maupun hari libur. Analisis kinerja jalan dilakukan menggunakan indikator volume lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan (DS), dan tingkat pelayanan (LOS) berdasarkan MKJI 1997. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

transportasi online berkontribusi sekitar 12,9% terhadap total kendaraan dan 8,9% terhadap beban lalu lintas dalam satuan mobil penumpang. Ruas Tugu Timur mencapai volume puncak 3.204,8 smp/jam (DS = 1,40), sedangkan Titik Nol KM mencapai 4.889,4 smp/jam (DS = 2,61) dengan kondisi LOS F. Aktivitas naik-turun penumpang transportasi online meningkatkan hambatan samping yang menurunkan kapasitas efektif jalan dan memperburuk kinerja lalu lintas kawasan.

Kata Kunci: Transportasi Online, Proporsi Moda, Kinerja Ruas Jalan, Hambatan Samping, Derajat Kejenuhan.

PENDAHULUAN

Kehadiran platform transportasi berbasis aplikasi digital yang dalam konteks Indonesia direpresentasikan oleh layanan ojek online seperti Gojek dan Grab telah mengubah struktur mobilitas perkotaan secara mendasar sejak pertengahan dekade 2010-an (Zahro et al., 2023). Berbeda dari moda transportasi konvensional yang memiliki rute dan jadwal tetap, kendaraan transportasi online beroperasi secara dinamis: tersebar di seluruh jaringan jalan, berhenti di titik mana saja sesuai permintaan pengguna, dan menghasilkan pola pergerakan yang sepenuhnya acak. Transformasi ini berlangsung sangat cepat sehingga melampaui kemampuan sistem data transportasi konvensional untuk merekamnya. Dari laporan tahunan PT GoTo Gojek Tokopedia Tbk tercatat lebih dari 3 juta pengemudi ojek online aktif secara nasional pada tahun 2024, dengan tumbuh rata-rata transaksi 16% per tahun, namun tidak satu pun instansi pemerintah yang memiliki data resmi tentang berapa banyak kendaraan online yang beroperasi di suatu ruas jalan pada waktu tertentu (PT GoTo Gojek Tokopedia Tbk, 2024).

Kekosongan data ini bukan sekadar persoalan administratif. Ia berdampak langsung pada keandalan model analisis kapasitas jalan yang digunakan sebagai dasar perencanaan infrastruktur dan kebijakan manajemen lalu lintas. Metode traffic counting konvensional mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan jenis fisiknya sepeda motor, mobil penumpang, kendaraan berat tanpa membedakan apakah kendaraan tersebut merupakan armada transportasi online atau kendaraan pribadi. Padahal keduanya memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda secara fundamental: kendaraan pribadi bergerak point-to-point dengan interaksi minimal terhadap arus, sementara kendaraan online memiliki frekuensi berhenti yang jauh lebih tinggi di berbagai titik sepanjang ruas jalan. Perbedaan ini tidak tertangkap dalam formulasi kapasitas standar, menciptakan systematic underestimation terhadap dampak sebenarnya dari moda online terhadap kinerja jalan.

Di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), tekanan ini terasa sangat nyata. Yogyakarta memiliki karakteristik urban yang khas: kota dengan populasi lebih dari 300.000 mahasiswa aktif, destinasi wisata yang menerima lebih dari 7,5 juta kunjungan per tahun (Dinas Pariwisata Daerah Istimewa Yogyakarta, 2024), dan jaringan jalan pusat kota yang tidak dapat diperluas secara fisik karena status kawasan sebagai cagar budaya. Kepolisian DIY memperkirakan lebih dari 30.000 pengemudi aktif beroperasi di wilayah DIY pada 2024 (Kepolisian DIY, 2024) sebuah angka yang sangat besar relatif terhadap kapasitas jaringan jalan yang ada. Konsentrasi pengemudi ini terutama terpusat di kawasan-kawasan strategis seperti Tugu dan Titik Nol KM, yang merupakan simpul pergerakan utama sekaligus destinasi wisata ikonik.

Sejumlah penelitian telah mengkaji dampak transportasi online terhadap lalu lintas perkotaan, namun dengan fokus yang berbeda dari penelitian ini. Sasmita et al (2022) mengidentifikasi volume dan kecepatan sebagai indikator utama penurunan kualitas layanan jalan, namun tidak memisahkan kontribusi moda online. Schaller (2018) menemukan bahwa layanan TNC di kota-kota Amerika Serikat meningkatkan kemacetan secara non-proporsional terhadap volume yang ditambahkan, namun dalam konteks infrastruktur yang sangat berbeda. Di Indonesia, belum ada penelitian yang secara eksplisit mengukur proporsi kendaraan

transportasi online dalam arus lalu lintas melalui traffic counting terklasifikasi, mengaitkannya dengan nilai derajat kejenuhan ruas jalan spesifik, dan menganalisis mekanisme dampaknya terhadap kapasitas efektif. Kesenjangan inilah yang menjadi motivasi utama penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi dan mengukur proporsi moda transportasi online terhadap total volume lalu lintas di Ruas Tugu Timur dan Titik Nol KM; (2) mengevaluasi kinerja ruas jalan melalui analisis derajat kejenuhan (DS) dan tingkat pelayanan (LOS) berdasarkan MKJI 1997; serta (3) menganalisis mekanisme dampak operasional moda online khususnya melalui peningkatan hambatan samping, terhadap kapasitas efektif ruas jalan. Pemilihan kedua lokasi didasarkan pada analisis betweenness centrality jaringan jalan Yogyakarta, sehingga perbandingan antara simpul berperan tinggi (Tugu) dan simpul berperan sebagai titik tujuan (Titik Nol) dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang dinamika arus lalu lintas perkotaan. Hasil penelitian diharapkan menyediakan data empiris yang selama ini absen dalam basis pengetahuan transportasi perkotaan Indonesia, sekaligus menawarkan pendekatan metodologis traffic counting terklasifikasi yang dapat diadopsi untuk kajian serupa di kota-kota lain.

Kinerja Ruas Jalan dan Tingkat Pelayanan

Kinerja ruas jalan merupakan ukuran yang menggambarkan kondisi operasional suatu ruas berdasarkan faktor volume, kapasitas, dan kecepatan. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) mendefinisikan kapasitas jalan (C) sebagai arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada kondisi geometrik, lingkungan, dan komposisi lalu lintas tertentu. Derajat kejenuhan ($DS = V/C$) merupakan rasio volume aktual terhadap kapasitas, yang menjadi parameter utama penentu Tingkat Pelayanan atau Level of Service (LOS). Nilai DS mendekati atau melebihi 1,00 mengindikasikan kondisi arus tidak stabil dengan potensi kemacetan tinggi. Konsep LOS pertama kali dirumuskan oleh Greenshields (1935) dan dikembangkan lebih lanjut dalam Highway Capacity Manual TRB (2010) sebagai kerangka evaluasi sistematis kinerja jalan. Di Indonesia, standar ini diadopsi dan disesuaikan dengan kondisi lalu lintas campuran (mixed traffic) melalui MKJI 1997 dan PKJI 2014, yang mengakomodasi dominasi kendaraan roda dua dalam arus lalu lintas perkotaan.

Hambatan samping (side friction) merupakan komponen kritis lain dalam penilaian kapasitas jalan perkotaan. MKJI (1997) mendefinisikan hambatan samping sebagai pengaruh aktivitas di sisi jalan terhadap kinerja arus lalu lintas, yang mencakup pejalan kaki, kendaraan parkir, kendaraan masuk-keluar, dan kendaraan yang berhenti di badan jalan. Faktor koreksi hambatan samping (FC_{sf}) secara langsung memengaruhi nilai kapasitas aktual, sehingga peningkatan aktivitas hambatan samping, seperti yang dihasilkan oleh pola operasional transportasi online, dapat mereduksi kapasitas efektif jalan secara signifikan (Hobbs, 1995). Penelitian (Rao & Rao, 2012) di kota-kota India yang memiliki karakteristik lalu lintas campuran serupa dengan Indonesia menunjukkan bahwa hambatan samping dapat menurunkan kapasitas efektif hingga 20–35% pada ruas jalan dengan lebar di bawah 6 meter.

Metode Traffic Counting dan Klasifikasi Moda

Traffic counting merupakan metode survei lalu lintas paling fundamental dalam rekayasa transportasi, bertujuan mengukur volume kendaraan yang melintas suatu titik atau ruas jalan dalam periode waktu tertentu. Metode ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama: pencacahan manual (manual traffic counting) dan pencacahan otomatis berbasis teknologi. Pencacahan manual dilakukan oleh surveyor yang mencatat kendaraan secara langsung berdasarkan klasifikasi yang telah ditentukan; metode ini unggul dalam kemampuan klasifikasi detail namun terbatas kapasitasnya pada volume tinggi. Roess et al (2011) mengemukakan bahwa akurasi pencacahan manual dipengaruhi oleh tiga faktor utama: sistem klasifikasi yang digunakan, tingkat pelatihan surveyor, dan durasi pengamatan. Klasifikasi yang terlalu kasar dapat menyebabkan hilangnya informasi penting tentang komposisi arus.

Pencacahan berbasis teknologi, termasuk loop detector, sensor pneumatik, dan kamera CCTV dengan pemrosesan video, telah berkembang pesat dan semakin banyak digunakan untuk survei lalu lintas jangka panjang (Drew, 1968; Garber, N.J., & Hoel, 2014). Penggunaan rekaman CCTV sebagai instrumen traffic counting memiliki keunggulan berupa kemampuan verifikasi ulang data tanpa harus hadir di lokasi, serta memungkinkan analisis pada volume lalu lintas tinggi yang sulit dijangkau pencacahan manual (Leduc, 2008). Kombinasi rekaman video dan pencacahan manual, sebagaimana diterapkan dalam penelitian ini, direkomendasikan sebagai pendekatan terbaik untuk survei dengan kebutuhan klasifikasi tinggi di kawasan perkotaan padat.

Dalam konteks lalu lintas campuran di Asia Tenggara, sistem klasifikasi kendaraan memerlukan penyesuaian dari standar Barat yang didominasi kendaraan roda empat. Arasan & Koshy (2005) mengembangkan model simulasi lalu lintas campuran untuk kota-kota India yang mengklasifikasikan kendaraan ke dalam delapan kategori berbeda, termasuk sepeda motor, becak bermotor, dan kendaraan tidak bermotor, pendekatan yang secara prinsip mirip dengan MKJI 1997. Studi ini menemukan bahwa pengabaian kendaraan non-standar dalam klasifikasi dapat menyebabkan bias estimasi kapasitas hingga 18%. Minh et al (2005) mengkaji karakteristik arus lalu lintas campuran di Hanoi dan menemukan bahwa sepeda motor mendominasi dengan proporsi lebih dari 70% dari total arus, pola yang sangat konsisten dengan kondisi di kota-kota besar Indonesia termasuk Yogyakarta.

Proporsi Moda dan Kontribusi terhadap Volume Lalu Lintas

Komposisi atau proporsi moda (modal composition) dalam arus lalu lintas perkotaan merupakan variabel kritis yang menentukan beban kapasitas sesungguhnya pada suatu ruas jalan. Dalam sistem lalu lintas campuran, volume kendaraan dalam satuan unit fisik tidak mencerminkan beban kapasitas aktual karena kendaraan yang berbeda memiliki dimensi, kecepatan, dan karakteristik akselerasi yang berbeda pula. Konsep Equivalen Kendaraan Penumpang atau Passenger Car Equivalent (PCE), yang dalam konteks Indonesia dikenal sebagai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP), diperkenalkan untuk menstandarkan berbagai jenis kendaraan ke dalam satu satuan yang mencerminkan beban kapasitas relatif terhadap mobil penumpang standar (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997; Transportation Research Board (TRB), 2010).

Penelitian tentang proporsi moda dan kontribusinya terhadap volume lalu lintas perkotaan telah dilakukan di berbagai kota Asia. Hsu et al (2003) menganalisis komposisi arus lalu lintas di Taipei dan menemukan bahwa sepeda motor, meskipun menyumbang lebih dari 60% jumlah unit kendaraan, hanya berkontribusi sekitar 35–40% dari total PCE akibat nilai EMP yang rendah. Sebaliknya, kendaraan berat dengan jumlah unit kecil berkontribusi PCE yang jauh lebih besar per unitnya. Temuan serupa dilaporkan oleh Guo et al. (2020) yang meneliti komposisi arus pasca-pembatasan sepeda motor: hilangnya sepeda motor dari arus justru meningkatkan beban PCE secara keseluruhan karena disubstitusi oleh mobil dengan nilai EMP lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa kebijakan manajemen moda harus berbasis analisis komposisi PCE, bukan sekadar jumlah unit.

Dalam konteks spesifik transportasi online, Bliss (2019) menganalisis data operasional Uber dan Lyft di enam kota besar Amerika Serikat dan menemukan bahwa layanan Transportation Network Companies (TNC) meningkatkan Vehicle Miles Traveled (VMT) di pusat kota antara 40–89% dibandingkan kondisi tanpa TNC. Peningkatan ini jauh melampaui proporsi penambahan kendaraan karena adanya perjalanan kosong (deadheading) pengemudi yang menunggu order. Fulton et al (2017) memperkirakan bahwa setiap perjalanan TNC di kawasan perkotaan menghasilkan 2,6 perjalanan kendaraan, termasuk satu perjalanan kosong, yang berarti volume kendaraan aktual dari TNC adalah 2,6 kali lebih besar dari volume penumpang yang dilayani. Kong et al (2020) menggunakan data GPS kendaraan online di Chengdu, Tiongkok, untuk mengukur distribusi spasial dan temporal ojek online, menemukan

bahwa konsentrasi tertinggi terjadi pada radius 500 meter dari simpul-simpul dengan betweenness centrality tinggi, temuan mendukung pendekatan berbasis jaringan dalam pemilihan lokasi penelitian.

Di tingkat nasional, Musu et al. (2024) meneliti dampak transportasi online terhadap jaringan jalan perkotaan di Indonesia dan menemukan perubahan signifikan pada pola pilihan moda, namun penelitian tersebut tidak mengukur proporsi fisik kendaraan online dalam arus lalu lintas. Kamal (2021) mengidentifikasi bahwa dominasi perjalanan ojol di Jakarta dilakukan untuk keperluan commuting, menjadikan ojol sebagai bagian integral dari arus lalu lintas jam puncak. Miharja et al. (2023) mengemukakan bahwa ketiadaan data disagregasi kendaraan online dalam survei lalu lintas konvensional menyebabkan model perencanaan transportasi di kota-kota Indonesia kehilangan akurasi dalam memproyeksikan kondisi lalu lintas masa depan.

Betweenness Centrality dalam Analisis Jaringan Transportasi

Betweenness centrality (BC) merupakan salah satu ukuran sentralitas dalam teori graf yang mengkuantifikasi peran suatu simpul atau sisi (edge) sebagai penghubung dalam jaringan. Diperkenalkan oleh Freeman (1977), BC suatu simpul v didefinisikan sebagai jumlah proporsi shortest path antara semua pasangan simpul lain yang melewati v . Simpul dengan betweenness tinggi berfungsi sebagai jembatan kritis dalam jaringan; penghapusannya akan memutus atau memperpanjang jalur bagi banyak pasangan asal-tujuan. Dalam konteks jaringan jalan, BC telah digunakan secara luas untuk mengidentifikasi ruas-ruas kritis yang rentan terhadap kemacetan akibat beban arus yang tinggi secara struktural (Porta et al., 2006).

Porta (2024) menerapkan analisis multiple centrality assessment (MCA) pada jaringan jalan kota-kota Eropa dan menemukan korelasi positif yang kuat antara BC ruas jalan dengan volume lalu lintas empiris. Ruas dengan betweenness tinggi secara konsisten memiliki volume kendaraan lebih tinggi karena secara geometri jaringan merupakan jalur terpendek bagi banyak pasang asal-tujuan. Sebaliknya, ruas dengan betweenness rendah namun terletak di kawasan komersial atau wisata tinggi menunjukkan volume tinggi yang bersifat attraction-based, bukan transit-based, pola yang konsisten dengan karakteristik Titik Nol KM dalam penelitian ini. (Jiang & Claramunt, 2004) selanjutnya menunjukkan bahwa konfigurasi jaringan jalan yang diukur melalui sentralitas dapat memprediksi pola pergerakan pejalan kaki dan kendaraan dengan akurasi lebih baik dibandingkan model gravitasi konvensional.

METODE

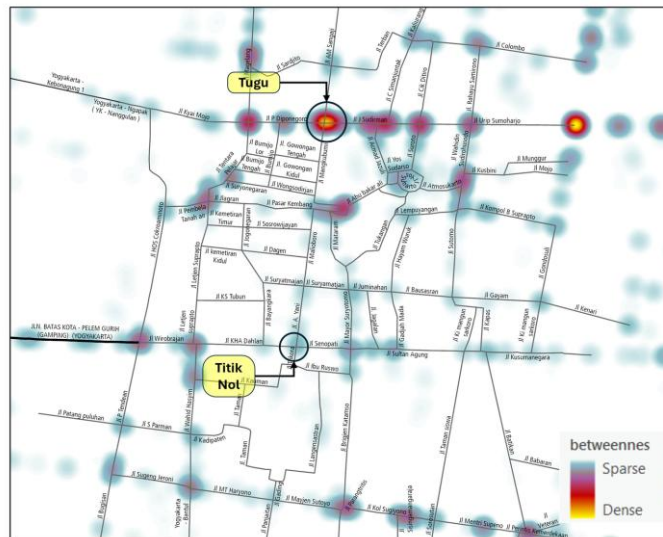
Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui survei lintas waktu (cross-sectional survey). Metode ini dipilih untuk memotret kondisi volume lalu lintas eksisting secara komprehensif dengan mempertimbangkan variasi waktu (pagi dan sore) serta variasi hari (hari kerja dan hari libur).

Lokasi dan Waktu Pengamatan

Pemilihan lokasi penelitian tidak dilakukan secara arbitrer, melainkan didasarkan pada analisis betweenness centrality jaringan jalan kawasan perkotaan Yogyakarta menggunakan pendekatan teori graf (graph theory). Betweenness centrality merupakan ukuran yang mengkuantifikasi seberapa sering suatu simpul (node) atau ruas jalan menjadi jalur terpendek (shortest path) dalam menghubungkan pasangan simpul lain di dalam jaringan (Freeman, 1977). Nilai betweenness yang tinggi mengindikasikan bahwa ruas tersebut merupakan penghubung kritis penghapusannya akan memutus konektivitas banyak pasangan asal-tujuan. Sebaliknya, nilai betweenness rendah menunjukkan ruas dengan peran konektivitas terbatas dalam jaringan secara keseluruhan, namun seringkali berada di kawasan yang menjadi tujuan akhir pergerakan (destination node).

Hasil analisis betweenness centrality jaringan jalan Yogyakarta sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1, menunjukkan persebaran nilai yang kontras antara simpul-simpul di jaringan. Kawasan Tugu (Jl. P. Diponegoro – Jl. J. Sudirman) teridentifikasi sebagai salah satu simpul dengan nilai betweenness tertinggi di kawasan perkotaan Yogyakarta, yang pada peta ditandai dengan gradasi warna merah-oranye-kuning (dense). Hal ini mencerminkan posisi Tugu sebagai persimpangan yang menghubungkan arus dari arah barat (Jl. Magelang), utara (Jl. AM Sangaji), timur (Jl. J. Sudirman), dan selatan (Jl. P. Diponegoro – Malioboro) secara simultan. Dengan kata lain, hampir semua perjalanan lintas-kawasan yang melewati pusat kota Yogyakarta terpaksa melewati simpul ini, menjadikannya ruas dengan beban arus lalu lintas tertinggi secara struktural dalam jaringan.



Gambar 1 Peta Betweenness Centrality Jaringan Jalan Kawasan Perkotaan Yogyakarta (Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Sebaliknya, kawasan Titik Nol KM (persimpangan Jl. Senopati – Jl. A. Yani – Jl. Malioboro bagian selatan) menunjukkan nilai betweenness yang relatif lebih rendah dibandingkan Tugu, ditandai dengan warna biru-ungu muda pada peta. Kondisi ini terjadi karena Titik Nol KM secara topologi jaringan lebih berperan sebagai destination node yaitu titik tujuan akhir bagi pergerakan wisatawan dan pengunjung kawasan Malioboro dibandingkan sebagai transit node penghubung antar-kawasan. Pergerakan yang masuk ke Titik Nol cenderung bersifat terminal: setelah sampai, pengguna jalan berhenti, memarkir kendaraan, atau turun dari moda transportasi, bukan melanjutkan perjalanan melintas.

Justifikasi pemilihan dua lokasi dengan karakteristik betweenness yang kontras ini Tugu (betweenness tinggi, transit node) dan Titik Nol (betweenness relatif rendah, destination node) memiliki implikasi metodologis yang penting. Dengan membandingkan kinerja lalu lintas di dua tipologi simpul yang berbeda, penelitian ini dapat mengidentifikasi apakah kontribusi moda transportasi online terhadap kemacetan bersifat universal (terjadi di semua tipologi simpul) atau bersifat kontekstual (lebih dominan di salah satu tipologi). Kedua lokasi juga terletak dalam satu koridor strategis yang saling terhubung, sehingga arus lalu lintas yang diukur di Tugu secara parsial merupakan prasyarat bagi arus yang tiba di Titik Nol, menjadikan perbandingan keduanya lebih bermakna secara kausal. Survei dilaksanakan pada dua periode: hari libur (Minggu, 26 Oktober 2025) dan hari kerja (Senin, 27 Oktober 2025), masing-masing pada jam puncak pagi (06.00–09.00 WIB) dan sore (15.00–18.00 WIB).

Metode Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui dua teknik komplementer: (1) rekaman CCTV untuk memastikan akurasi data pada kondisi lalu lintas padat, dan (2) pencacahan manual kendaraan (manual traffic counting) untuk memungkinkan klasifikasi kendaraan secara detail, termasuk identifikasi kendaraan transportasi online berdasarkan ciri visual (helm bertuliskan nama aplikasi, rompi pengemudi, stiker pada kendaraan).

Klasifikasi Kendaraan dan Konversi EMP

Klasifikasi kendaraan mengacu pada MKJI 1997 dan PKJI 2014, dengan penambahan kategori khusus Transportasi Online (Ojek Online dan Maxride). Volume lalu lintas dikonversi ke dalam Satuan Mobil Penumpang (smp) menggunakan nilai Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP) sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kendaraan dan Nilai EMP

Jenis Kendaraan	Kategori MKJI	Nilai EMP
Sepeda motor (termasuk ojek online)	MC	0,25
Becak motor / Maxride online	MC (modifikasi)	0,50
Mobil penumpang (sedan, minibus, pickup)	LV	1,00
Ambulans	LV	1,00
Kendaraan ringan khusus (elf, mikrobus)	LV/HV	1,20 – 1,30
Kendaraan berat (truk kecil, bus kecil)	HV	1,50
Kendaraan berat besar (truk besar, bus besar)	HV	2,00 – 2,50

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, dengan penyesuaian berdasarkan kondisi lapangan

Analisis Kapasitas dan Tingkat Pelayanan

Kapasitas jalan (C) dihitung menggunakan formula MKJI 1997: $C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$, Di mana C_0 adalah kapasitas dasar, FC_w adalah faktor koreksi lebar jalur, FC_{sp} adalah faktor koreksi pemisahan arah, FC_{sf} adalah faktor koreksi hambatan samping, dan FC_{cs} adalah faktor koreksi ukuran kota. Tingkat pelayanan (LOS) ditentukan berdasarkan nilai DS mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015.

HASIL DAN PEMBAHASAN

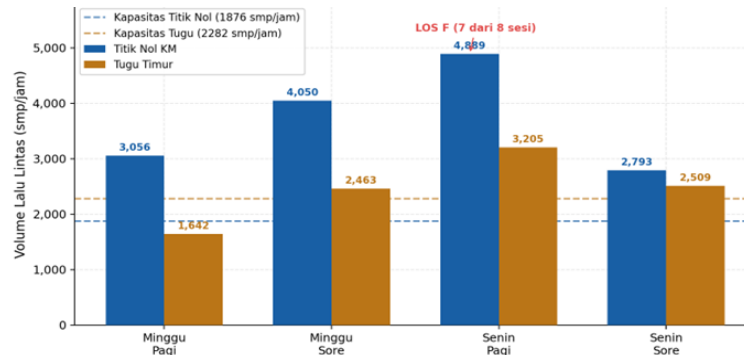
Kapasitas Ruas Jalan

Perhitungan kapasitas jalan menggunakan formula MKJI 1997 ($C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$) menghasilkan nilai kapasitas yang berbeda signifikan antara kedua ruas jalan. Ruas Tugu Timur dengan lebar efektif jalan (W_e) sebesar 6,2 meter memiliki kapasitas C sebesar 2.282 smp/jam, sementara Ruas Titik Nol KM dengan W_e hanya 3,7 meter menghasilkan kapasitas C sebesar 1.876 smp/jam—selisih sebesar 406 smp/jam atau sekitar 21,6% lebih rendah. Perbedaan kapasitas ini secara langsung mencerminkan keterbatasan geometrik Titik Nol KM sebagai ruas warisan perencanaan kota era kolonial yang tidak dirancang untuk volume kendaraan bermotor modern.

Faktor hambatan samping (FC_{sf}) pada kedua ruas ditetapkan relatif rendah, yaitu 0,85 untuk Titik Nol dan 0,90 untuk Tugu Timur. Penetapan ini didasarkan pada observasi kondisi lapangan yang menunjukkan tingginya aktivitas pejalan kaki, kendaraan parkir liar di bahu jalan, serta aktivitas naik-turun penumpang transportasi online yang mereduksi lebar efektif jalan. Nilai FC_{sf} yang rendah ini, sebagaimana dikemukakan oleh Hobbs (1995) dalam konteks jalan perkotaan di negara berkembang, mengindikasikan bahwa kapasitas aktual jalan jauh lebih sensitif terhadap gangguan samping dibandingkan jalan dengan profil pengguna lebih homogen. Kondisi ini menjadi penguat argumentasi pentingnya regulasi zona berhenti kendaraan online, karena setiap peningkatan hambatan samping akan semakin menekan nilai FC_{sf} dan pada gilirannya menurunkan kapasitas efektif jalan.

Volume, Derajat Kejenuhan, dan Tingkat Pelayanan

Hasil pengamatan lalu lintas pada delapan sesi pengamatan di dua lokasi selama dua hari menunjukkan gambaran kinerja jalan yang secara keseluruhan berada dalam kondisi kritis. Tabel berikut merangkum volume puncak, nilai derajat kejenuhan (DS), dan Tingkat Pelayanan (LOS) yang dihasilkan: Volume lalu lintas dan kapasitas jalan pada setiap sesi pengamatan ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Volume Lalu Lintas dan Kapasitas Jalan di Titik Nol KM dan Tugu Timur

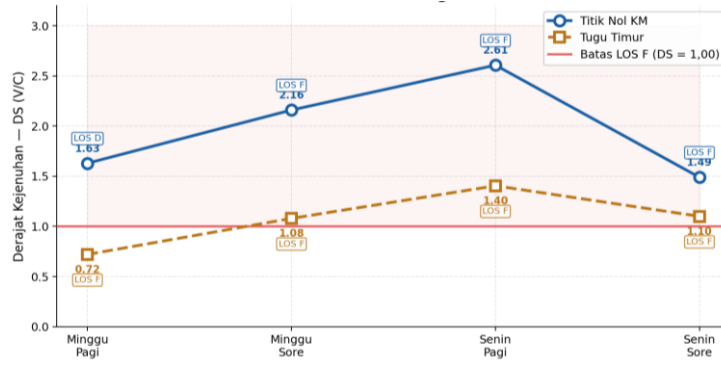
Tabel 5. Ringkasan Volume Puncak, Derajat Kejenuhan, dan Tingkat Pelayanan

Lokasi	Hari & Kondisi	Jam Puncak	Volume (smp/jam)	Kapasitas C	DS (V/C)	LOS
Tugu Timur	Minggu, 26 Okt (Hujan Pagi)	Pagi	1.642,1	2.282	0,72	D
	Minggu, 26 Okt (Cerah Sore)	Sore	2.462,8	2.282	1,08	F
	Senin, 27 Okt (Cerah Pagi)	Pagi	3.204,8	2.282	1,40	F
	Senin, 27 Okt (Mendung/Gerimis Sore)	Sore	2.509,3	2.282	1,10	F
Titik Nol KM	Minggu, 26 Okt (Hujan Pagi)	Pagi	3.055,9	1.876	1,63	F
	Minggu, 26 Okt (Mendung Sore)	Sore	4.049,6	1.876	2,16	F
	Senin, 27 Okt (Cerah Pagi)	Pagi	4.889,4	1.876	2,61	F
	Senin, 27 Okt (Mendung/Gerimis Sore)	Sore	2.792,9	1.876	1,49	F

Sumber: hasil analisis, 2025

Dari delapan sesi pengamatan yang dilakukan, tujuh sesi berada pada Tingkat Pelayanan F (DS > 1,00), yang menandakan arus lalu lintas telah melampaui kapasitas jalan secara penuh. Hanya pada satu kondisi Ruas Tugu Timur pada Minggu pagi saat hujan deras—volume masih di bawah kapasitas dengan DS 0,72 (LOS D). Kondisi hujan pada sesi tersebut ditengarai berkontribusi pada penurunan volume secara temporer, karena sebagian pengguna motor pribadi dan ojek online mengurangi aktivitas perjalanan akibat cuaca. Hal ini sejalan dengan temuan Al Hassan & Barker (1999) bahwa cuaca buruk dapat menurunkan volume lalu lintas hingga 15–20% di kawasan yang didominasi kendaraan roda dua. Derajat kejenuhan seluruh sesi secara visual disajikan pada Gambar 3.

Fenomena paling kritis ditemukan pada Ruas Titik Nol KM pada hari kerja pagi (Senin, 27 Oktober 2025), dengan volume puncak mencapai 4.889,4 smp/jam jauh melampaui kapasitas desain 1.876 smp/jam sehingga menghasilkan DS sebesar 2,61. Angka ini berarti beban kendaraan yang mencoba melintasi ruas tersebut mencapai 261% dari kemampuan jalan untuk mengalirkan arus secara stabil. Kondisi ini mengonfirmasi kemacetan total (breakdown flow) yang dalam terminologi rekayasa lalu lintas merujuk pada runtuhnya kapasitas jalan karena kepadatan melampaui titik kritis (May, 1990). Menariknya, nilai DS pada sesi Minggu sore di Titik Nol justru lebih tinggi (2,16) dibandingkan Senin sore (1,49), mengindikasikan bahwa beban lalu lintas wisatawan pada sore hari libur merupakan variabel kritis tersendiri yang perlu mendapat perhatian dalam perencanaan manajemen lalu lintas kawasan pariwisata.



Gambar 3 Derajat Kejenuhan (DS) per Sesi Pengamatan di Titik Nol KM dan Tugu Timur

Ruas Tugu Timur, meski memiliki kapasitas lebih besar, juga mengalami kondisi LOS F pada tiga dari empat sesi pengamatan. DS tertinggi di Tugu terjadi pada Senin pagi dengan nilai 1,40, yang berarti volume kendaraan mencapai 140% dari kapasitas jalan. Pola ini konsisten dengan karakteristik kawasan perkotaan dengan intensitas commuter tinggi, sebagaimana dikemukakan oleh Susilo & Kitamura (2008) bahwa kawasan yang melayani pergerakan pendidikan dan perkantoran secara bersamaan cenderung menghasilkan jam puncak yang lebih tajam dan lebih lama dibandingkan kawasan tunggal-fungsi.

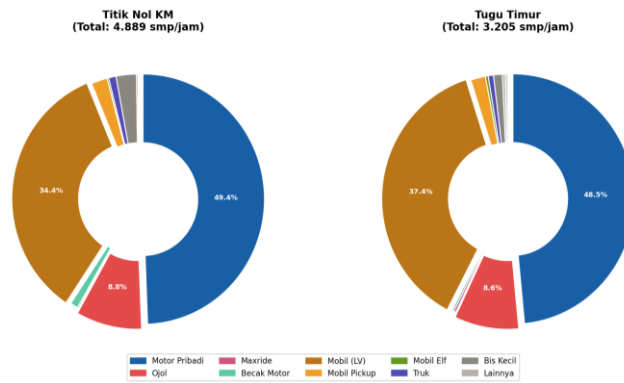
Proporsi Komposisi Moda Lalu Lintas

Analisis proporsi kendaraan dilakukan berdasarkan data sesi puncak tertinggi yaitu Senin pagi 27 Oktober 2025 yang merepresentasikan kondisi pembebanan maksimum di kedua lokasi. Klasifikasi dilakukan dalam dua dimensi: jumlah unit fisik kendaraan (vehicle count) dan nilai satuan mobil penumpang (smp) sebagai representasi beban kapasitas aktual. Tabel 6 menyajikan komposisi lengkap kedua dimensi tersebut: Proporsi beban SMP per moda pada kondisi puncak untuk kedua lokasi disajikan pada Gambar 4.

Tabel 6. Proporsi Komposisi Moda Lalu Lintas pada Jam Puncak (Senin, 27 Oktober 2025)

Jenis Kendaraan	Titik Nol KM				Tugu Timur			
	Unit	% Unit	SMP	% SMP	Unit	% Unit	SMP	% SMP
Motor Pribadi	9.661	72,0%	2.415,3	49,4%	6.214	71,5%	1.553,5	48,5%
Ojek Online (Motor)	1.712	12,8%	428,0	8,8%	1.100	12,7%	275,0	8,6%
Maxride (Online)	18	0,1%	9,0	0,2%	20	0,2%	10,0	0,3%
Total Online	1.730	12,9%	437,0	8,9%	1.120	12,9%	285,0	8,9%
Mobil (LV)	1.682	12,5%	1.682,0	34,4%	1.199	13,8%	1.199,0	37,4%
Mobil Pickup	104	0,8%	104,0	2,1%	63	0,7%	63,0	2,0%
Becak Motor	99	0,7%	49,5	1,0%	17	0,2%	8,5	0,3%
Bis Kecil	88	0,7%	132,0	2,7%	25	0,3%	37,5	1,2%
Truk (<i>Dump Truck</i>)	32	0,2%	48,0	1,0%	15	0,2%	22,5	0,7%
Lainnya	8	0,1%	13,6	0,3%	32	0,4%	66,3	2,1%
TOTAL	13.422	100%	4.889,4	100%	8.685	100%	3.204,8	100%

Sumber: hasil analisis, 2025

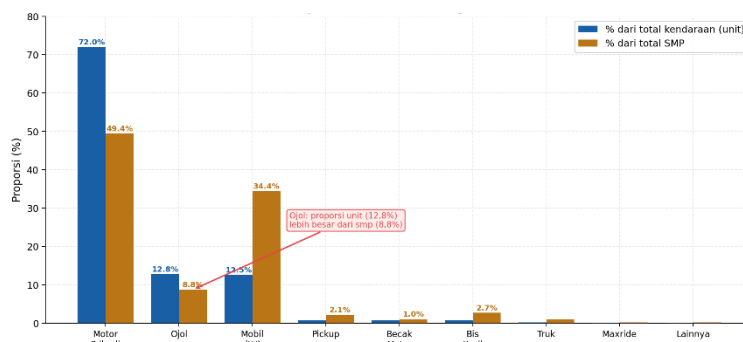


Gambar 4 Proporsi Beban Satuan Mobil Penumpang (SMP) per Moda, Jam Puncak Senin Pagi, 27 Oktober 2025

Dari Tabel 6, beberapa temuan signifikan dapat diidentifikasi: a) Motor pribadi mendominasi arus lalu lintas secara masif. Di Titik Nol, motor pribadi berjumlah 9.661 unit atau 72,0% dari total kendaraan, namun karena nilai EMP-nya hanya 0,25 (MKJI, 1997), kontribusi smpnya "hanya" sebesar 2.415,3 smp atau 49,4% dari total beban. Di Tugu Timur, pola serupa terlihat dengan 6.214 unit (71,5%) menghasilkan 1.553,5 smp (48,5%). Proporsi ini menegaskan bahwa meskipun motor memiliki beban kapasitas per unit yang kecil, akumulasi volumenya yang ekstrem menjadikannya kontributor terbesar tunggal terhadap kemacetan. Rasio jumlah motor pribadi terhadap mobil mencapai 5,7:1 di Titik Nol dan 5,2:1 di Tugu, jauh melampaui komposisi ideal yang direkomendasikan untuk jalan perkotaan (Kementerian Perhubungan, 2015). b) Mobil pribadi merupakan kontributor beban smp terbesar setelah motor pribadi, namun dengan proporsi unit yang jauh lebih kecil.

Dengan EMP = 1,0, setiap mobil menghasilkan beban setara penuh terhadap kapasitas jalan. Di Titik Nol, 1.682 unit mobil (12,5% dari total unit) menyumbang 1.682,0 smp (34,4% dari total smp)—hampir setara dengan beban yang dihasilkan oleh sekitar 6.700 motor. Di Tugu, 1.199 unit mobil (13,8%) menyumbang 1.199,0 smp (37,4%).

Temuan ini sejalan dengan argumen (Cervero & Gorham, 1995) bahwa dependensi terhadap mobil pribadi di kawasan perkotaan padat menciptakan beban kapasitas yang tidak proporsional terhadap jumlah orang yang diangkut, mengingat rata-rata tingkat hunian mobil di kawasan perkotaan Indonesia hanya 1,3 orang per kendaraan. c) Kendaraan berat (truk dan bus) menyumbang proporsi volume kecil namun dengan bobot smp yang signifikan per unit. Di Titik Nol, 130 unit kendaraan berat dan bus menghasilkan 193,1 smp (3,9%), sementara di Tugu 57 unit menghasilkan 86,3 smp (2,7%). Keberadaan kendaraan-kendaraan ini di kawasan pusat kota pada jam puncak mengindikasikan belum optimalnya regulasi pembatasan waktu operasional kendaraan berat di zona inti perkotaan Yogyakarta. Perbandingan antara proporsi unit kendaraan dan beban SMP untuk setiap moda disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan Proporsi Unit Kendaraan vs Beban SMP per Moda (Titik Nol KM, Senin Pagi)

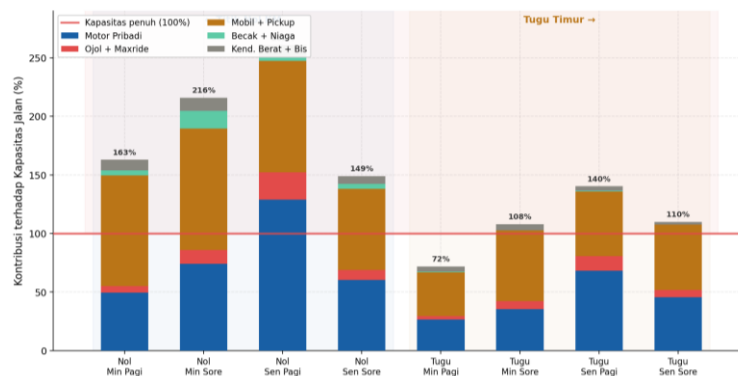
Analisis Mendalam Transportasi Online: Proporsi, Dinamika, dan Dampak

Transportasi online yang dalam penelitian ini mencakup ojek online (motor) dan Maxride (becak motor online) mencatat proporsi yang konsisten di kedua lokasi pada kondisi jam puncak: 8,9% dari total smp atau sekitar 12,9% dari total unit kendaraan. Tabel 7 menyajikan detail kontribusi transportasi online pada seluruh sesi pengamatan: Kontribusi seluruh moda terhadap kapasitas jalan pada tiap sesi pengamatan disajikan pada Gambar 6.

Tabel 7. Kontribusi Transportasi Online per Sesi Pengamatan

Lokasi & Sesi	Hari	Ojol (unit)	Ojol (smp)	Maxride (unit)	Maxride (smp)	Total Online (smp)	% thd Total SMP	% thd Kapasitas C
Tugu (Pagi)	Minggu, 26 Okt	211	52,8	29	14,5	67,2	4,1%	2,9%
Tugu (Sore)	Minggu, 26 Okt	574	143,5	27	13,5	157,0	6,4%	6,9%
Tugu (Pagi)	Senin, 27 Okt	1.100	275,0	20	10,0	285,0	8,9%	12,5%
Tugu (Sore)	Senin, 27 Okt	518	129,5	24	12,0	141,5	5,6%	6,2%
Titik Nol (Pagi)	Minggu, 26 Okt	309	77,2	45	22,5	99,8	3,3%	5,3%
Titik Nol (Sore)	Minggu, 26 Okt	784	196,0	55	27,5	223,5	5,5%	11,9%
Titik Nol (Pagi)	Senin, 27 Okt	1.712	428,0	18	9,0	437,0	8,9%	23,3%
Titik Nol (Sore)	Senin, 27 Okt	563	140,8	34	17,0	157,8	5,6%	8,4%

Sumber: hasil analisis, 2025

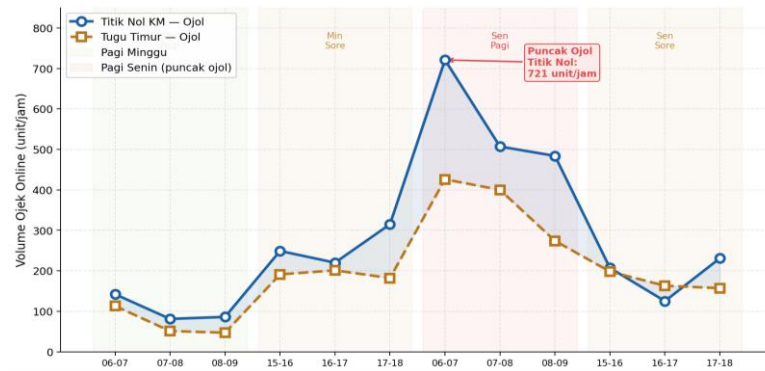


Gambar 6 Kontribusi Masing-Masing Moda terhadap Kapasitas Jalan — Seluruh Sesi Pengamatan

Beberapa temuan kritis terkait transportasi online dapat diuraikan sebagai berikut:

Variasi Volume Ojol Antar Hari: Indikator Pola Commuting

Temuan paling mencolok dari analisis transportasi online adalah disparitas volume ojol antara hari libur dan hari kerja yang sangat tajam. Di Titik Nol KM, ojol yang tercatat pada Minggu pagi hanya 309 unit, sementara pada Senin pagi melonjak menjadi 1.712 unit peningkatan sebesar 454% atau hampir lima kali lipat. Di Tugu Timur, lonjakan serupa terjadi dari 211 unit (Minggu pagi) menjadi 1.100 unit (Senin pagi), meningkat 421%. Pola lonjakan ini tidak ditemukan dengan intensitas serupa pada kategori kendaraan lain. Motor pribadi, misalnya, hanya meningkat sekitar 156% di Titik Nol dan 157% di Tugu antara Minggu pagi dan Senin pagi. Dinamika volume ojol per jam pada setiap sesi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Dinamika Volume Ojek Online per Jam di Titik Nol dan Tugu Timur

Pola lonjakan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar pengguna ojol pada hari kerja adalah pekerja dan mahasiswa yang memanfaatkan layanan ini sebagai moda commuting utama—bukan semata wisatawan. Hal ini konsisten dengan temuan Musu et al., (2024) di Kota Makasar yang menunjukkan bahwa dominasi perjalanan ojol dilakukan untuk keperluan kerja dan pendidikan, terutama sebagai moda pertama-terakhir (first-mile last-mile) dalam rantai perjalanan perkotaan.

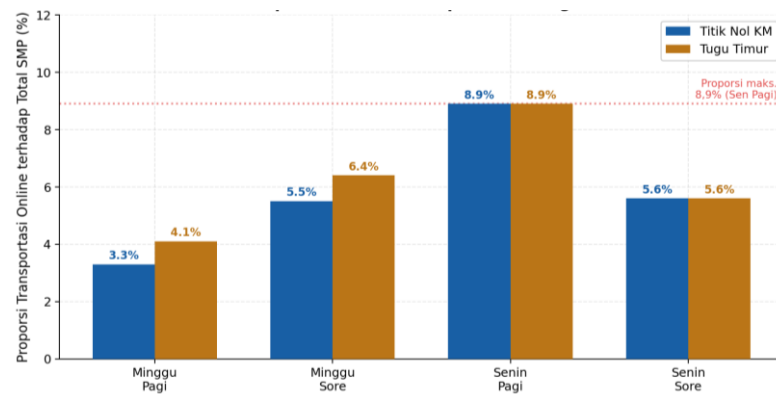
Dominasi Ojol terhadap Maxride: Implikasi terhadap Hambatan Samping

Dalam komposisi internal moda online, ojol motor secara konsisten mendominasi dengan proporsi 94–97% dari total smp online di seluruh sesi pengamatan. Maxride hanya menyumbang 3–6% dari total smp online. Meskipun Maxride memiliki EMP lebih tinggi (0,50) dibandingkan ojol (0,25), volumenya yang sangat rendah menjadikan kontribusinya marginal. Pada sesi Senin pagi di Titik Nol, tercatat hanya 18 unit Maxride dibandingkan 1.712 unit ojol.

Dominasi ojol motor memiliki implikasi khusus terhadap hambatan samping jalan. Berbeda dari Maxride yang memiliki zona berhenti lebih terstruktur (biasanya di pangkalan becak), ojol beroperasi dengan pola pergerakan yang sangat acak berhenti di titik mana saja sesuai pesanan yang diterima melalui aplikasi. Kondisi ini meningkatkan frekuensi dan distribusi hambatan samping secara masif dan tidak terprediksi. Berdasarkan observasi lapangan, setiap pengemudi ojol rata-rata melakukan 2-4 aktivitas naik-turun penumpang per jam pengamatan, dengan setiap kejadian memblokir sebagian badan jalan selama 15-60 detik. Dalam konteks formula MKJI, kondisi ini secara kumulatif menurunkan nilai FCsf dan kapasitas efektif jalan di luar nilai yang dihitung secara statis.

Proporsi Online terhadap Kapasitas Jalan: Dampak Asimetris

Meskipun proporsi smp transportasi online hanya berkisar 3,3–8,9% dari total smp (bergantung sesi), kontribusinya terhadap penggunaan kapasitas jalan memiliki sifat yang asimetris. Pada sesi puncak Senin pagi di Titik Nol, 437 smp dari transportasi online setara dengan 23,3% dari kapasitas desain jalan ($C = 1.876$ smp/jam). Artinya, jika transportasi online dihilangkan dari arus lalu lintas pada sesi tersebut, secara teoritik kapasitas jalan dapat dimanfaatkan lebih efisien sebesar hampir seperempat dari kapasitas totalnya. Di Tugu, angka yang sama mencapai 12,5% dari kapasitas. Proporsi moda online terhadap total SMP di setiap sesi untuk kedua lokasi disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Proporsi Transportasi Online (Ojol + Maxride) terhadap Total SMP per Sesi Pengamatan

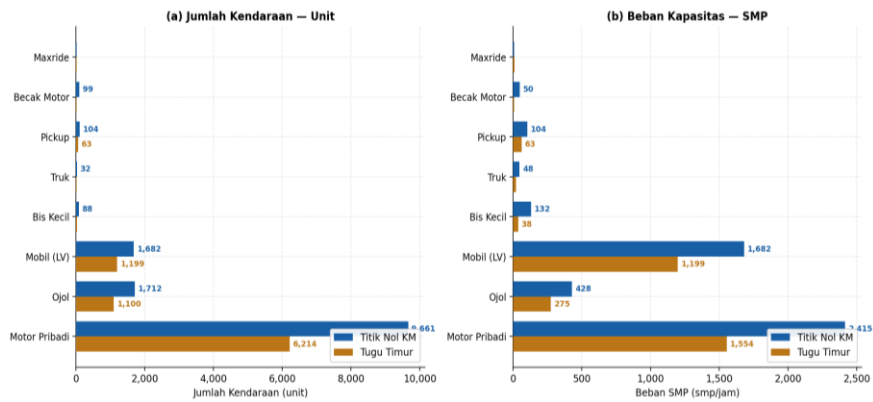
Namun demikian, dampak sesungguhnya lebih besar dari sekadar proporsi smp-nya. Transportasi online berkontribusi pada dua jenis gangguan yang saling memperkuat: (1) gangguan volume melalui penambahan jumlah kendaraan dalam arus, dan (2) gangguan kualitas arus melalui peningkatan hambatan samping dari aktivitas stop-and-go. Kedua gangguan ini, ketika terjadi secara bersamaan pada jalan yang sudah melampaui kapasitas ($DS > 1,0$), menciptakan efek pengganda (multiplier effect) terhadap kemacetan yang jauh melebihi proporsi volume semata. Temuan ini selaras dengan penelitian Schaller (2018) yang menemukan bahwa TNC di perkotaan Amerika Serikat meningkatkan kepadatan lalu lintas secara non-proporsional terhadap volume kendaraan yang ditambahkan.

Satu temuan menarik lain adalah penurunan tajam proporsi online dari Senin pagi (8,9%) ke Senin sore di Titik Nol (5,6%) meski volume ojol absolut hanya turun moderat (dari 1.712 ke 563 unit). Hal ini disebabkan oleh naiknya komponen volume total pada sore hari terutama dari motor pribadi dan mobil sehingga proporsi online secara relatif mengecil meski secara absolut volumenya tetap signifikan. Pola ini mengindikasikan bahwa pada jam sore, arus lalu lintas menjadi lebih "campuran" dengan komposisi moda yang lebih merata.

Perbandingan Karakteristik Kedua Lokasi

Perbandingan antara Ruas Titik Nol KM dan Ruas Tugu Timur mengungkapkan dua tipologi masalah yang berbeda meski berasal dari akar yang sama. Titik Nol menghadapi masalah kapasitas absolut—jalan terlalu sempit ($We\ 3,7\ m$) untuk volume kendaraan yang harus dilayaninya sebagai pusat gravitasi pergerakan Yogyakarta yang menghubungkan kawasan Malioboro dengan koridor-koridor strategis di seputarnya. Tugu Timur menghadapi masalah kapasitas relatif—kapasitas fisiknya lebih memadai ($We\ 6,2\ m$), namun volume yang harus dilayani juga jauh lebih besar karena perannya sebagai simpul penghubung menuju berbagai arah kawasan kota. Perbandingan volume unit dan smp antar kedua lokasi untuk seluruh kategori moda disajikan pada Gambar 9.

Menariknya, komposisi moda di kedua lokasi hampir identik: motor pribadi ~71–72% dari total unit dan ~48–49% dari total smp, ojol ~12,7–12,8% dari total unit dan ~8,6–8,8% dari total smp, serta mobil ~12,5–13,8% dari total unit dan ~34–37% dari total smp. Keseragaman ini menunjukkan bahwa struktur permintaan transportasi di kawasan Yogyakarta bersifat homogen—moda yang dipilih pengguna tidak berbeda secara signifikan antara satu ruas dengan ruas lainnya. Implikasi kebijakannya adalah bahwa intervensi moda (seperti pembatasan ojol atau mobil pribadi) yang diterapkan di satu ruas perlu diimplementasikan secara sistem, bukan parsial per titik, untuk menghasilkan efek yang bermakna terhadap kinerja jaringan secara keseluruhan (Daganzo, 1994; Wardrop, 1952).



Gambar 9 Perbandingan Volume dan Beban SMP per Moda—Titik Nol KM vs Tugu Timur, Senin Pagi

Perbedaan signifikan antara kedua lokasi justru ditemukan pada keberadaan becak motor: di Titik Nol terdapat 99-562 unit becak motor per sesi (lebih tinggi pada hari libur sore yang merupakan jam puncak aktivitas wisata), sementara di Tugu jauh lebih sedikit (5-17 unit). Hal ini mencerminkan konsentrasi aktivitas wisata yang lebih tinggi di sekitar Titik Nol dan Malioboro, di mana becak motor berperan sebagai moda wisata lokal. Pada sesi Minggu sore di Titik Nol, 562 unit becak motor menghasilkan 281 smp atau 6,9% dari total smp proporsi yang tidak dapat diabaikan dalam analisis kapasitas untuk jenis hari dan waktu tersebut.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Kawasan Strategis Yogyakarta, khususnya Ruas Tugu Timur dan Titik Nol KM, berada pada kondisi lalu lintas yang kritis dengan dominasi Tingkat Pelayanan (LOS F) pada hampir seluruh periode pengamatan. Ruas Tugu Timur mencapai volume puncak sebesar 3.204,8 smp/jam dengan DS = 1,40, sedangkan Titik Nol KM mencapai 4.889,4 smp/jam dengan DS = 2,61, yang menunjukkan bahwa volume kendaraan telah melampaui kapasitas efektif jalan.

Analisis proporsi moda memperlihatkan bahwa transportasi online (ojek online dan Maxride) menyumbang sekitar 12,9% terhadap total kendaraan dan 8,9% terhadap total beban lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp). Meskipun kontribusinya relatif lebih kecil dibandingkan sepeda motor pribadi, dampaknya terhadap kinerja jalan bersifat lebih besar karena dipengaruhi pola operasional yang dinamis.

Pengaruh utama transportasi online terhadap kinerja ruas jalan terjadi melalui peningkatan hambatan samping, terutama akibat aktivitas berhenti, menunggu, serta naik–turun penumpang di badan dan bahu jalan. Kondisi tersebut menurunkan kapasitas efektif jalan dan memperburuk tingkat kemacetan, terutama pada ruas dengan kapasitas terbatas seperti Titik Nol KM. Hasil penelitian menegaskan bahwa evaluasi kinerja jalan di kawasan perkotaan tidak hanya perlu mempertimbangkan volume kendaraan, tetapi juga karakteristik operasional moda transportasi online dan pengaruhnya terhadap hambatan samping sebagai faktor penting yang memengaruhi kapasitas dan kelancaran arus lalu lintas.

REFERENSI

Al Hassan, Y., & Barker, D. J. (1999). The impact of unseasonable or extreme weather on traffic activity within Lothian region, Scotland. *Journal of Transport Geography*, 7(3), 209–213. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(98\)00047-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(98)00047-7)

Arasan, V. T., & Koshy, R. Z. (2005). Methodology for modeling highly heterogeneous traffic flow. *Journal of Transportation Engineering*, 131(7), 544–551. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2005\)131:7\(544\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:7(544))

- Bliss, L. (2019). How Much Traffic Do Uber and Lyft Cause? - Urbanism Next. <https://www.urbanismnext.org/resources/how-much-traffic-do-uber-and-lyft-cause>
- Cervero, R., & Gorham, R. (1995). Commuting in Transit Versus Automobile Neighborhoods. *Journal of the American Planning Association*, 61(2), 210–225. <https://doi.org/10.1080/01944369508975634>
- Daganzo, C. F. (1994). The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. *Transportation Research Part B: Methodological*, 28(4), 269–287. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0191-2615(94)90002-7)
- Dinas Pariwisata Daerah Istimewa Yogyakarta. (2024). Statistik Kepariwisata DIY 2023. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, (1997).
- Drew, D. R. (1968). *Traffic flow theory and control*. New York: McGraw-Hill.
- Freeman, L. C. (1977). A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. *Sociometry*, 40(1), 35. <https://doi.org/10.2307/3033543>
- Fulton, L., Mason, D. J., & Meroux, D. (2017). *Three Revolutions in Urban Transportation*.
- Garber, N.J., & Hoel, L. A. (2014). *Traffic and Highway Engineering (5th ed.)*. Stamford: Cengage Learning.
- Greenshields, B. D. (1935). A Study of Traffic Capacity. *Proc Highway Research Board*, 10, 448.
- Guo, Y., Wang, J., Peeta, S., & Ch. Anastasopoulos, P. (2020). Personal and societal impacts of motorcycle ban policy on motorcyclists' home-to-work morning commute in China. *Travel Behaviour and Society*, 19, 137–150. <https://doi.org/10.1016/J.TBS.2020.01.002>
- Hobbs, F. D. (1995). *Traffic Planning and Engineering*.
- Hsu, T.-P., Nguyen Xuan Dao, & Ahmad Farhan Mohd Sadullah. (2003). A Comparative Study on Motorcycle Traffic Development of Taiwan, Malaysia And Vietnam. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*.
- Jiang, B., & Claramunt, C. (2004). Topological analysis of urban street networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 151–162. <https://doi.org/10.1068/B306>
- Kamal, M. I. H. K. (2021). Dampak Faktor Sosial Demografi terhadap Penggunaan Ojek Online dengan Mempertimbangkan Variabel Laten sebagai Mediator. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/196785>
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta, 1–45.
- Kepolisian DIY. (2024). Ribuan Pengemudi Ojek Online di DIY Akan Dilatih sebagai Mitra Kepolisian untuk Tanggulangi Kecelakaan. <https://jogja.polri.go.id/polda/tribrata-news/online/detail/ribuan-pengemudi-ojek-online-di-diy-akan-dilatih-sebagai-mitra-kepolisian-untuk-tanggulangi-kecelakaan.html>
- Kong, H., Zhang, X., & Zhao, J. (2020). How does ridesourcing substitute for public transit? A geospatial perspective in Chengdu, China. *Journal of Transport Geography*, 86, 102769. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGE0.2020.102769>
- Leduc, G. (2008). *Road Traffic Data: Collection Methods and Applications (Working Papers on Energy, Transport and Climate Change)*.
- May, A. D. (1990). *Traffic Flow Fundamentals - Adolf D.may | PDF | System | Traffic*.
- Miharja, M., Desiana, R., & Kipuw, D. M. (2023). The Impact of Online Transportation Services on Indonesian Urban Non-Working Trip Volume and Distribution Pattern: A Case Study in Bandung City. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(6), 2190–2197. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.6.18460>
- Minh, C. C., Matsumoto, S., & Sano, K. (2005). the Speed, Flow and Headway Analyses of Motorcycle Traffic. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1496–1508.

- Musu, Z. A., Natalia, V. V., & Caroles, L. (2024). Preferensi Pengguna Layanan Transportasi Berbasis Aplikasi di Kota Makassar. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 20(4), 588–600. <https://doi.org/10.14710/pwk.v20i4.57585>
- Porta, S. (2024). Urban Design. *Urban Design*, 13(II), 1–21. <https://www.jstor.org/stable/27122780>
- Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2006). The network analysis of urban streets: A dual approach. *Physica A*, 369, 853–866. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.12.063>
- PT GoTo Gojek Tokopedia Tbk. (2024). An Encompassing GROWTH.
- Rao, A. M., & Rao, K. R. (2012). Measuring Urban Traffic Congestion - A Review. *International Journal for Traac and Transport Engineering*, 2(4). [https://doi.org/10.7708/ijje.2012.2\(4\).01](https://doi.org/10.7708/ijje.2012.2(4).01)
- Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2011). *Traffic Engineering* (Vol. 4, Issue 1). Prentice-Hall.
- Sasmita, A., Reza, M., Elystia, S., & Syarah Adriana. (2022). Analisis Pengaruh Kecepatan Dan Volume Kendaraan Terhadap Emisi Dan Konsentrasi Karbon Monoksida Di Jalan Jenderal Sudirman, Kota Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), 269–279. <https://doi.org/10.24002/jts.v16i4.5452>
- Schaller. (2018). *The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities*.
- Susilo, Y. O., & Kitamura, R. (2008). Analysis of day-to-day variability in an individual's action space: Exploration of 6-week mobidrive travel diary data. *Transportation Research Record*, 1902, 124–133. <https://doi.org/10.3141/1902-15>
- Transportation Research Board (TRB). (2010). *Highway Capacity Manual (HCM) 2010*. Washington D.C.: National Research Council.
- Wardrop, J. G. (1952). *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers.
- Zahro, H., Devi, S., Fitria, J., & Palupi, Y. A. (2023). Dampak Transformasi Ojek Online Terhadap Ojek Konvensional (Studi Kasus Di Stasiun Jember). *Bisnis, Manajemen Dan Akuntansi*, 1(3), 134–143.