

Analisis Kapasitas Jalan dan Derajat Kepadatan Berdasarkan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 pada Ruas Jalan Underpass Mampang Prapatan, Jakarta Selatan

Rakha Dwi Putra Juniper¹, Muhammad Hamzah Fansuri^{*1}, Adden Trianto¹,
Fernanda Rahmasari¹, Lando Pardomuan Tambunan¹, Muhammad Rendy Wibawa¹,
Febri Dwi Setiawan¹, Chizanatul Chusnia¹, Rakhan Dhawy Pradhana¹, Defri Aryanto¹,
Rafi Helmi Aradea¹, Febriananta Jatnika¹, Gilbert Christado Purba¹,
Raja Natimbul Valentino Hutabarat¹, Imanuel Triando Bago¹, Arya Kellyn Yudhistira¹,
Andrew Kolose Tua Lumban Tobing¹, Samudra¹, Adriano Christoper¹, Reivicca Auliarrachman¹,
Isnani Meidivia Nabila¹, Natanael Nugraha Haloho¹, Rafi Ahmad Naufal¹,
Aryandhito Danendra Wicaksono¹, Satria Apta Mozza Pratama¹, Adam Akbar Menara Iman¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
Kawasan Indonesia Peace and Security Center (IPSC) Sentul Bogor Jawa Barat 16810, Indonesia

*E-mail: fansurimh.ridu@gmail.com

Diterima: 14 Maret 2023, direvisi: 17 Juli 2024, disetujui: 15 Oktober 2024,
tersedia daring: 27 Desember 2024, diterbitkan: 31 Desember 2024

Abstrak

Permasalahan transportasi perkotaan terjadi akibat ketidakseimbangan kapasitas jalan dengan kepadatan yang ditimbulkan oleh volume lalu lintas. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor berdampak terhadap peningkatan kemacetan lalu lintas, kapasitas jalan, dan derajat kepadatan pada suatu ruas jalan. Studi ini mendiskusikan penilaian kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan di ruas jalan underpass Mampang Prapatan, Jakarta Selatan. Hasil penilaian kapasitas jalan melalui pendekatan MKJI 1997 menunjukkan pada jalan perkotaan dengan empat lajur-dua arah terbagi (4/2 T) menunjukkan 2915 smp/jam. Arus lalu lintas arah utara-selatan dan sebaliknya menunjukkan hasil derajat kepadatan maksimal (**DS**) sebesar 0,26 dan 0,57, secara berturut-turut. Melalui metode *forecasting*, arah selatan-utara diprediksi selama 30 tahun ke depan memiliki **LOS** yang bertambah secara signifikan mencapai kategori F dengan model persamaan $y=0,0005x^2+0,0113x+0,4147$. Sebaliknya, arah utara-selatan memiliki model persamaan $y=0,0002x^2+0,0048x+0,1758$. Kedua pendekatan menunjukkan bahwa arah selatan-utara cenderung lebih padat dibanding arah sebaliknya pada ruas underpass Mampang Prapatan yang diperiksa. Penelitian ini menunjukkan bahwa derajat kepadatan lalu lintas cenderung meningkat, yang dapat berdampak negatif terhadap tingkat pelayanan jalan. Oleh karena itu, disarankan agar pemangku kepentingan mengembangkan kebijakan dan regulasi yang mendukung peningkatan kapasitas jalan serta pengaturan lalu lintas yang lebih efisien.

Kata kunci: derajat kepadatan, kapasitas jalan, MKJI 1997, prediksi kinerja jalan, tingkat pelayanan jalan.

Abstract

Analysis of Road Capacity and Degree of Saturation Based on the Indonesian Highway Capacity Manual 1997 on the Underpass Section of Mampang Prapatan, South Jakarta: The issues of urban transportation arise due to the imbalance between the road capacity and density caused by the traffic volume. The increase in number of motorized vehicles has led to an increase in traffic congestion, exceeding capacity, and degree of saturation on a road section. This study discusses the assessment of capacity, degree of saturation, and level of service on the underpass road section of Mampang Prapatan, South Jakarta. The results of capacity assessment using the MKJI approach on an urban road with four-lane two-way roads divided (4/2 D) show 2915 pcu/hour. The results of maximum saturation for the traffic flow in the north-south direction and vice versa show 0.26 and 0.57, respectively. This study assesses the degree of saturation and level of service in the next 30 years using forecasting methods. Through forecasting methods, the south-north direction are predicted for over next 30 years with LOS significantly increasing to category F with the equation is $y=0,0005x^2+0,0113x+0,4147$. On the other hand, in the north-south direction equation model is $y=0,0002x^2+0,0048x+0,1758$. Accordingly, both approaches show the south-north directions tends to be denser than the opposite direction on the Mampang Prapatan underpass section examined. This study shows that the degree of traffic congestion tends to increase, which can have a negative impact on road service levels. It is therefore recommended that stakeholders develop policies and regulations that support increased road capacity and more efficient traffic management.

Keywords: degree of saturation, Indonesian highway capacity manual (IHCM) 1997, level of service, road capacity, road performance prediction.

1. Pendahuluan

Kemacetan lalu lintas menjadi salah satu masalah utama di seluruh dunia dengan 100 juta kendaraan di jalan saat ini, yang diproyeksikan meningkat menjadi lebih dari 2 miliar pada tahun 2050, serta tingginya tingkat urbanisasi yang akan mencapai dua pertiga populasi dunia pada tahun 2030, memicu tantangan serius terhadap infrastruktur transportasi perkotaan [1]. Permasalahan transportasi dan akibatnya terjadi di banyak kota di seluruh Indonesia. Permasalahan transportasi ini akan menjadi masalah yang signifikan dalam berbagai tingkatan, terutama di negara-negara berkembang. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa pengelolaan lalu lintas yang efektif dan penerapan teknologi transportasi pintar dapat mengurangi kemacetan di kota-kota besar [2][3][4]. Permasalahan lalu lintas jalan raya merupakan masalah yang kompleks terutama untuk transportasi perkotaan. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi dan peningkatan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor. Pertumbuhan populasi yang meningkat akan berimplikasi terhadap pertumbuhan jumlah perjalanan. Selain itu, permasalahan transportasi perkotaan disebabkan pertumbuhan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan prasarana transportasi dan infrastruktur pendukung, tingginya tingkat urbanisasi, pergerakan (*movement*), dan populasi yang meningkat dengan pesat setiap harinya. Tingginya tingkat urbanisasi di Jakarta terlihat dari peningkatan jumlah pendatang yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2020 tercatat 113.814 pendatang, naik menjadi 151.752 orang pada 2022, dan hampir mencapai 200.000 orang pada 2023 [5].

Problem transportasi perkotaan yang kompleks terjadi di Provinsi DKI Jakarta yang mengalami stagnasi yang sangat akut akibat kemacetan lalu lintas yang parah dan berlarut-larut. Kemacetan yang terjadi di kota Jakarta disebabkan karena jumlah kendaraan yang tinggi, tidak seimbang dengan ketersediaan ruas jalan. Banyak orang lebih memilih kendaraan pribadi, yang menyebabkan peningkatan jumlah kendaraan dan kemacetan [6], meskipun transportasi umum memiliki banyak kelebihan, di antaranya mendukung mobilitas, pembangunan, dan pertumbuhan ekonomi [7]. Pergerakan masyarakat menjadi tinggi sebanding dengan dinamisnya suatu kota. Sehingga, hal ini perlu diimbangi dengan infrastruktur dan laju sarana transportasi angkutan umum. Munculnya permasalahan ketika moda yang dipilih masyarakat adalah kendaraan pribadi dan memunculkan permasalahan baru apabila tidak sebanding dengan pertambahan panjang jalan yang ada. Panjang jalan di Kota Administrasi Jakarta Selatan sekitar 7% dari total luasnya [8]. Apabila merujuk pada negara-negara maju, panjang idealnya adalah 12-15% dari luas kota. Sebagai perbandingan, Singapura memiliki rasio panjang jalan terhadap luas kota sebesar 12% [9]. BPS melaporkan jumlah kendaraan bermotor di Jakarta pada tahun 2022 sebanyak hampir 22 juta. Perhitungan tersebut merupakan akumulasi dari motor, mobil penumpang, bus, dan truk. Dominasi kendaraan bermotor roda dua paling banyak yaitu 78% [10].

Permasalahan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta pada tahun 1960-an disebabkan peningkatan jumlah kendaraan pribadi, jumlah kendaraan yang terus bertambah, ketidaksediaan tempat parkir, dan ketidaktertiban pengguna jalan [11]. Upaya untuk mengatasi permasalahan transportasi telah dilakukan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam pengendalian kemacetan lalu lintas. Pembangunan *underpass* (jalur lintas bawah) di persimpangan jalan di Mampang Prapatan, kota Jakarta Selatan salah satu upaya untuk pengendalian kemacetan arus lalu lintas. *Underpass* yang telah dibangun dapat mereduksi kemacetan hingga 40% di jalan tersebut [12]. Namun, tingkat kemacetan yang dikurangi hanya akan bertahan sementara waktu. Faktor peningkatan penduduk dan kendaraan per tahun menjadi penyebab utama permasalahan ini.

Di banyak kota besar di dunia, tingkat kemacetan yang parah memberikan dampak ekonomi yang signifikan. Dalam 10 kota teratas dengan tingkat kemacetan terburuk di dunia, rata-rata waktu yang terbuang per penumpang per tahun melebihi 150 jam. Ketika waktu yang terbuang akibat kemacetan melebihi 35 jam per tahun, dampak negatif terhadap perekonomian menjadi nyata [13]. Kemacetan yang terjadi di Jakarta juga memberikan dampak ekonomi yang signifikan. Menurut laporan (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), kerugian ekonomi akibat kemacetan di DKI Jakarta diperkirakan mencapai Rp 67,5 triliun per tahun [14]. Kerugian ini mencakup berbagai aspek, seperti hilangnya produktivitas, peningkatan biaya transportasi, dan terganggunya kegiatan ekonomi sehari-hari. Kondisi ini memperburuk kompleksitas transportasi di Jakarta, meningkatkan tingkat stagnasi lalu lintas, dan menambah tantangan dalam pengelolaan sistem transportasi kota.

Kapasitas jalan yang disediakan tidak mampu menampung arus lalu lintas yang terus bertambah, peningkatan volume lalu lintas, dan tingginya hambatan samping akan mengakibatkan kecepatan kendaraan menurun bahkan sampai kemacetan, sehingga waktu tempuh semakin besar. Kapasitas jalan perlu dilakukan kajian perilaku karakteristik jalan, seperti kecepatan kendaraan, volume lalu lintas, dan kapasitas jalan. Derajat kejenuhan (DS) merupakan salah satu indikator dari kinerja lalu lintas dimana perbandingan antara volume lalu lintas (V) dengan kapasitas jalan (C). Secara teori, apabila $DS = 1,0$ maka kondisi jalan tersebut jenuh, sebaliknya jalan akan lancar.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan jalan (*level of service*) pada kondisi eksisting dan memprediksi masa yang akan datang di ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 [15]. Penelitian ini berguna untuk mencari solusi atas permasalahan lalu lintas pada ruas jalan tersebut dan sebagai bahan acuan untuk pemangku kepentingan dalam membuat kebijakan dan regulasi terkait pembangunan infrastruktur jalan.

2. Metodologi

Perilaku arus lalu lintas yang terjadi di jalan mempunyai komposisi lalu lintas berdasarkan jalan yang dilewati dan lokasi yang berada disekitarnya. Kemajemukan arus lalu lintas menimbulkan pola perilaku kehidupan masyarakat yang berbeda disesuaikan dengan jenis klasifikasi dan karakteristik jalan. Karakteristik lalu lintas terjadi akibat adanya interaksi antara pengendara dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Setiap komposisi kendaraan bermotor berpengaruh terhadap lalu lintas secara keseluruhan dan membentuk keragaman berbagai karakteristik lalu lintas.

Pergerakan sejumlah kendaraan dari berbagai jenis berpengaruh terhadap arus lalu lintas keseluruhan di sepanjang ruas atau segmen jalan. Setiap komposisi lalu lintas dinilai dalam satuan mobil penumpang (smp) yang menyatakan ekuivalen pengaruh setiap jenis kendaraan yang dibandingkan terhadap jenis kendaraan penumpang.

Arus lalu lintas dalam skala makroskopis membahas 3 (tiga) variabel, meliputi arus (*flow*, *volume*), kecepatan (*speed*), dan kepadatan (*density*). Setiap kendaraan bergerak pada kecepatan yang berbeda dalam arus lalu lintas. Arus lalu lintas dikenal dengan distribusi dari kecepatan tunggal. Jumlah rata-rata atau nilai tipikal dapat dinyatakan untuk mengetahui karakteristik dari suatu arus lalu lintas. Hubungan antara variabel arus, kecepatan, dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis. Gambar 1 dijelaskan hubungan variabel satu dengan yang lainnya. Bertambahnya volume lalu lintas mengakibatkan kecepatan rata-rata cenderung berkurang sampai mendekati kepadatan kritis tercapai. Volume lalu lintas maksimum terjadi pada kapasitas maksimum dicapai. Apabila kepadatan kritis tercapai, kecepatan rata-rata dan volume lalu lintas akan berkurang. Kondisi yang berbeda ditunjukkan pada kedua hubungan tersebut, dimana zona atas menunjukkan kondisi stabil, sebaliknya kondisi padat.

Kecepatan lalu lintas mempunyai hubungan linear terhadap kepadatan lalu lintas. Kecepatan cenderung menurun apabila kepadatan meningkat. Kepadatan dan kecepatan sama dengan nol ($D = 0$; $V = 0$) mengakibatkan kecepatan arus bebas dan terjadi kemacetan (*jam density*) secara berturut-turut. Kepadatan lalu lintas secara umum meningkat apabila volume lalu lintas semakin besar dan atau kecepatan kendaraan yang lewat cenderung rendah. Volume lalu lintas maksimum terjadi (V_m) terjadi pada kapasitas jalur jalan sudah tercapai atau kepadatan mencapai titik D_m . Apabila telah mencapai poin ini, volume akan cenderung menurun meskipun kepadatan meningkat sampai terjadi kemacetan pada poin D_j . Persamaan dasar yang menyatakan hubungan matematis antara volume (V , kend./jam), kecepatan (U , km/jam), dan kepadatan (D , kend./km) adalah:

$$V = D \times U \quad (1)$$

Permasalahan muncul apabila ketidakseimbangan antara kapasitas jalan (C) dan volume lalu lintas (V) yang menyebabkan tersendatnya lalu lintas dan bahkan menimbulkan kemacetan pada jam-jam puncak (*peak hour*), sehingga menimbulkan kerugian. Secara teoritis, kapasitas jalan diasumsikan sebagai hubungan kepadatan, kecepatan, dan volume lalu lintas. Asumsi tersebut dihitung dari arus lalu lintas

maksimum yang melewati suatu titik jalan yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Persamaan kapasitas dapat dinyatakan sebagai berikut (MKJI, 1997):

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (2)$$

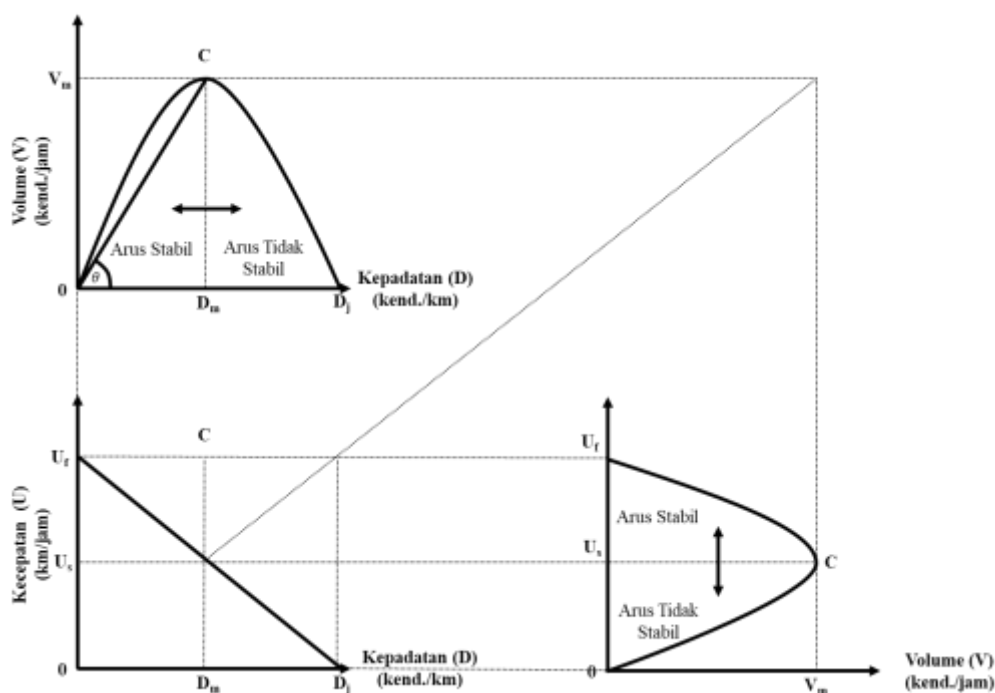
dimana, C adalah kapasitas (smp/jam), C_0 adalah kapasitas dasar (smp/jam), berbagai faktor penyesuaian untuk lebar jalan (FC_W), pemisah arah (FC_{SP}), hambatan samping dan bahu jalan/kerb (FC_{SF}), dan ukuran kota (FC_{CS}).

Kriteria kinerja lalu lintas ditentukan berdasarkan nilai derajat kepadatan (DS). Penilaian DS menunjukkan segmen jalan mempunyai kapasitas normal atau tidak, dimana nilai DS bervariasi dari nol sampai dengan satu. Jika volume lalu lintas tidak padat atau lengang, maka menunjukkan nilai $DS = 0$, sebaliknya nilai DS mendekati 1,0 menunjukkan kondisi lalu lintas jenuh dan terlihat secara visual di lapangan cenderung padat dengan kecepatan rendah. Persamaan derajat kejenuhan yaitu:

$$DS = \frac{V}{C} \quad (3)$$

dimana, DS = derajat kepadatan, V = arus lalu lintas (smp/jam), dan C = kapasitas (smp/jam).

Penilaian secara kualitatif dari kemampuan suatu prasarana jalan yang diukur dari kecepatan kendaraan dimana pengemudi bebas dalam menentukan kecepatannya. Sehingga, kecepatan adalah salah satu parameter penting dalam mendesain jalan. Perilaku lalu lintas dinilai oleh tingkat pelayanan (*level of service*; LOS) yang bergantung pada arus lalu lintas melalui hubungan antara kecepatan dan volume arus lalu lintas (derajat kepadatan). Tingkat pelayanan dikategorikan menjadi 6 (enam) berdasar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) terlihat pada Tabel. 1.



Gambar 1. Hubungan kecepatan, kepadatan, dan arus lalu lintas

Tabel 1. Nilai tingkat pelayanan (*level of service*)

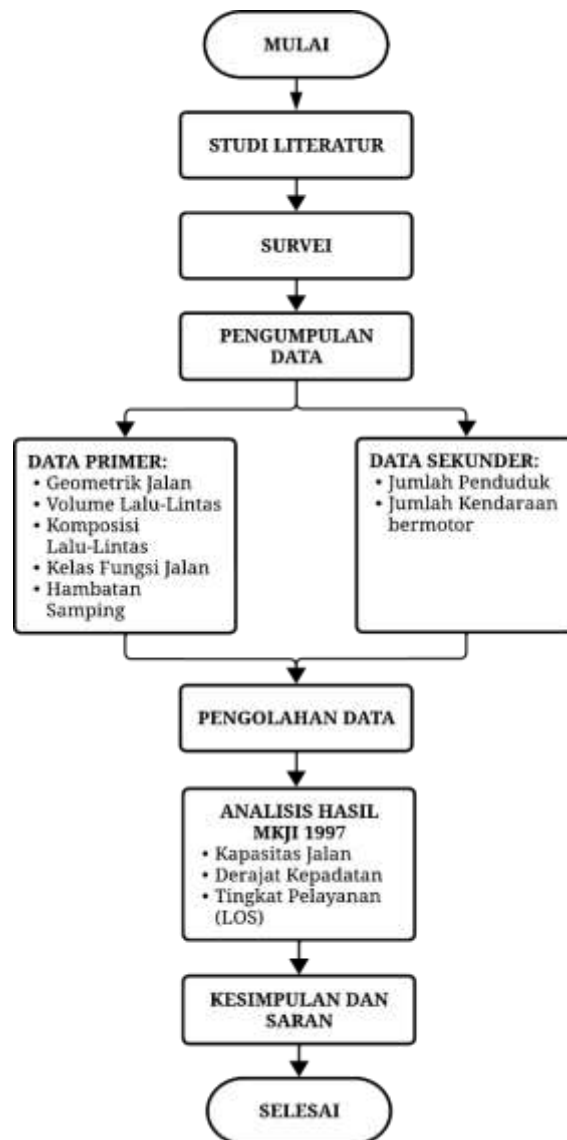
Tingkat Pelayanan	Derajat Kepadatan $DS = Q/C$	Kecepatan Ideal (km/jam)	Kondisi Arus Lalu Lintas
A	<0,04	>60	Lalu lintas lancar dan kecepatan bebas
B	0,04-0,24	50-60	Lalu lintas agak ramai dan kecepatan menurun
C	0,25-0,54	40-50	Lalu lintas ramai dan kecepatan terbatas
D	0,55-0,80	35-40	Lalu lintas jenuh dan kecepatan rendah
E	0,81-1,00	30-35	Lalu lintas mulai macet dan kecepatan rendah
F	>1,00	<30	Lalu lintas macet dan kecepatan rendah sekali

Penelitian ini menganalisis dan mendiskusikan penilaian kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan. Studi literatur diperlukan untuk mencari dasar-dasar teori dan prosedur yang digunakan untuk pengambilan dan pengolahan data. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan keakuratan dan keandalan hasil yang dikerjakan sesuai dengan lokasi, karakteristik jalan, dan peraturan-peraturan yang digunakan. Pengumpulan data dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara pengamatan langsung di lokasi penelitian untuk mengetahui kapasitas, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan pada suatu ruas jalan. Penelitian ini dikerjakan menggunakan berbagai data primer yang valid untuk menganalisis dan menarik kesimpulan mengenai kinerja ruas jalan. Data primer yang dihitung berdasarkan data geometrik jalan, karakteristik jalan, volume lalu lintas, kelas fungsi jalan, dan hambatan samping jalan. Pengumpulan data volume lalu lintas dipertimbangkan pada waktu sibuk dan hari kerja/libur. Pencatatan kendaraan mengacu pada metode MKJI 1997 yang akumulasi setiap 15 menit dengan membedakan jenis kendaraan. Pengamatan survei melalui kamera pengawas (CCTV) yang dikelola oleh Dinas Perhubungan Kota Administrasi Jakarta Selatan. Penelitian ini akan memberikan gambaran terkait komposisi jenis kendaraan pada suatu ruas jalan, distribusi jumlah kendaraan, dan akumulasi frekuensi bobot dengan mengkonversi setiap jenis kendaraan dalam satuan mobil penumpang.

Data sekunder diperlukan untuk mendukung penilaian analisis, misalnya data jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor. Penilaian kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan diprediksi untuk analisis di masa depan dengan periode tertentu menggunakan metode regresi linear. Regresi linear ini digunakan untuk membuat persamaan hubungan kapasitas jalan dan derajat kepadatan pada tahun yang diprediksi di masa depan. Data jumlah kendaraan di Provinsi DKI Jakarta dikumpulkan melalui BPS (2023). Laju pertumbuhan kendaraan bermotor yang diprediksi 10 tahun ke depan mulai tahun 2023 dengan berbagai jenis kendaraan, yaitu mobil penumpang, kendaraan niaga/angkutan kapasitas besar, dan sepeda motor yaitu 3,98%, 3,13%, 3,11%, secara berturut-turut. BPS (2023) telah melaporkan jumlah penduduk di Provinsi DKI Jakarta sekitar 10,6 juta, sedangkan jumlah penduduk di lokasi penelitian kota administrasi Jakarta Selatan sebanyak 2,4 juta atau setara 21% dari jumlah penduduk di Provinsi DKI Jakarta [16].

Metode yang diadopsi untuk menganalisis kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan penilaian tingkat pelayanan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997). Metode tersebut digunakan untuk menentukan nilai berbagai faktor penyesuaian yang digunakan untuk mendapatkan hasil kapasitas jalan. Perilaku pengendara, karakteristik jalan, dan geometrik jalan mempengaruhi volume lalu lintas pada setiap ruas jalan. Ditambah, apabila arus lalu lintas tinggi, maka kondisi suatu wilayah dengan intensitas jumlah penduduk dengan kepadatan yang tinggi mengakibatkan kapasitas jalan rendah, apabila arus lalu lintas tinggi. Hubungan volume lalu lintas dengan kapasitas jalan membentuk derajat kejenuhan (*DS*) pada suatu ruas jalan. Hubungan tersebut akan mempengaruhi tingkat pelayanan jalan (*LOS*). Dengan kata lain, *LOS* menyatakan penilaian suatu kualitas pelayanan yang disediakan oleh suatu jalan dalam kondisi tertentu. Tahapan penelitian penilaian kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan jalan dimulai dengan langkah awal berupa studi literatur untuk mengkaji teori dan referensi terkait. Setelah itu, dilakukan survei lapangan sebagai dasar pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer mencakup informasi terkait geometri jalan, volume lalu lintas, komposisi lalu lintas, kelas fungsi jalan, dan hambatan samping, sedangkan data sekunder meliputi jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode MKJI 1997 untuk mengevaluasi kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan jalan (*Level of Service/LOS*). Hasil dari analisis ini digunakan untuk menyusun kesimpulan dan memberikan saran terkait kondisi jalan yang dievaluasi, sehingga penelitian ditutup dengan rekomendasi yang relevan. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

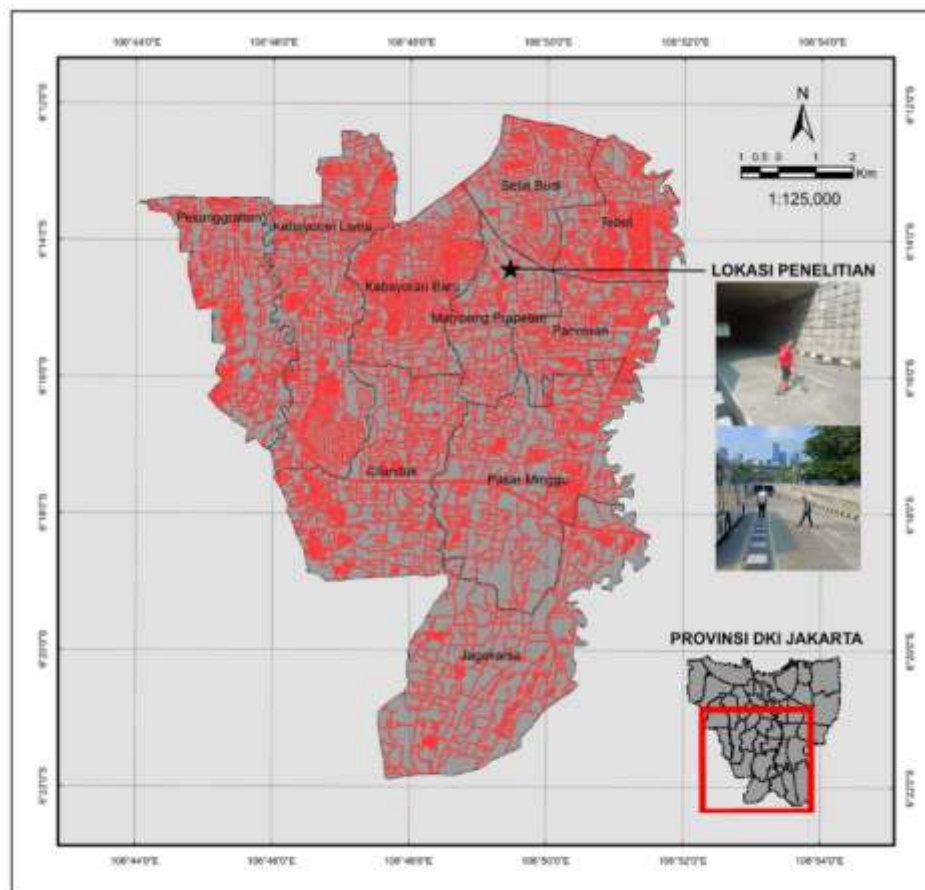
Pengambilan data studi ini dilakukan selama satu hari pada hari libur (*weekend*) dengan pencatatan volume kendaraan selama 16 jam dimulai pukul 04:00 sampai dengan 20:00 WIB dengan interval 15 menit tanpa jeda waktu. Lokasi dan waktu survei telah mempertimbangkan pentingnya jalur yang dilalui kendaraan dan kesibukan jalur lalu lintas. Pengambilan data volume kendaraan pada kedua ruas jalan yang mengarah ke Jakarta Pusat dan sebaliknya. Pencatatan hambatan samping dilakukan untuk mempertimbangkan faktor penyesuaian dalam penilaian kapasitas jalan.



Gambar 2. Flowchart/bagan alir penelitian

Penetapan lokasi penelitian mempertimbangkan beberapa aspek karakteristik dan geometrik jalan. Beberapa hal yang diperhatikan pada studi ini yaitu: (1) meminimalisir pengaruh langsung akibat antrian dari pertemuan jalan dan persimpangan jalan, (2) menghindari antrian kendaraan akibat adanya tempat pemutaran arah (*u-turn*), (3) kestabilan volume lalu lintas dan menghindari terjadinya kemacetan total. Pertimbangan tersebut akan mempengaruhi keakuratan dan ketepatan dari asumsi-asumsi dalam perhitungan hasil analisis.

Studi ini berlokasi di ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan yang mempunyai panjang ruas jalan 827 m dengan tipe jalan 4/2 terbagi seperti pada Gambar 3. Ruas jalan ini merupakan jalan perkotaan yang menghubungkan jalan ke pusat kota Jakarta dan sebaliknya. Pengamatan pengaruh hambatan samping yang kecil diakibatkan tidak adanya penyempitan, aktivitas perdagangan, dan parkir yang ada di ruas jalan tersebut. Pengukuran geometrik jalan dilakukan untuk perhitungan kapasitas jalan, yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 2. Hasil tersebut berperan penting untuk penetapan faktor penyesuaian yang digunakan untuk penilaian derajat kepadatan dan tingkat pelayanan ruas jalan. Telah dijelaskan diatas, jumlah penduduk di Jakarta Selatan yang dilewati *underpass* Mampang Prapatan sekitar 2,4 juta. Ukuran kota yang padat berimplikasi pada aktivitas masyarakat yang cepat dan berdampak pada kemampuan jalan untuk menampung dan mengalirkan arus lalu lintas.



Gambar 3. Lokasi survei



Gambar 4. Potongan melintang jalan dan tampilan skematis 3D

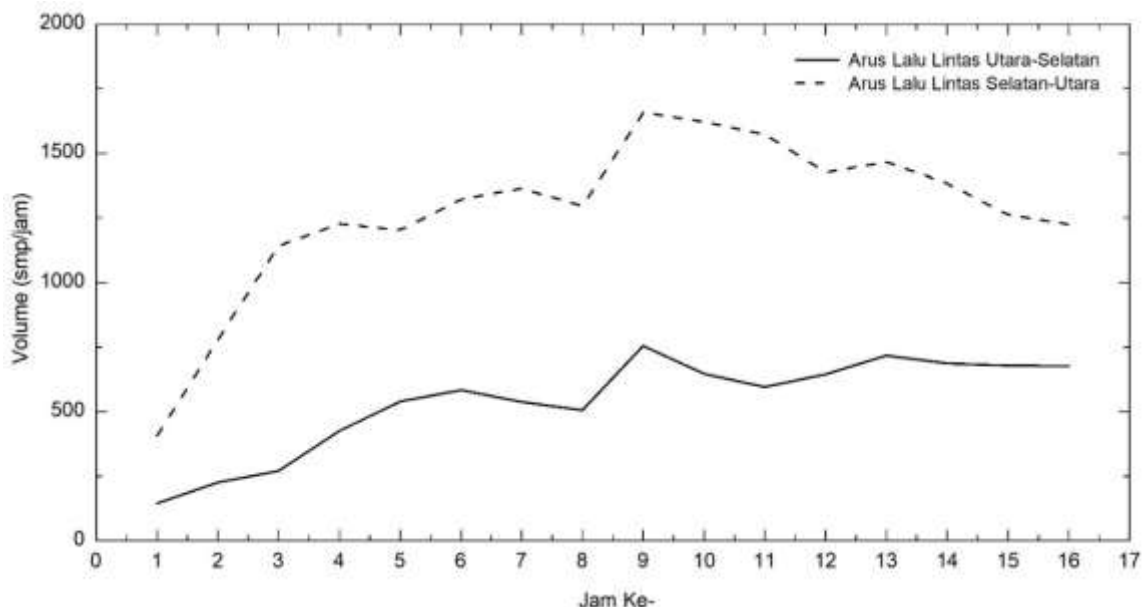
Tabel 2. Geometrik jalan

Elemen Lebar Jalan	Dimensi (m)
Lajur	6,0
Jalur	3,0
Bahu jalan	0,2
Median jalan	0,5
Kerb	0,2

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan di ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan menunjukkan bahwa geometrik jalan perkotaan yang telah direncanakan dan dikonstruksi sesuai dengan Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021) untuk umur rencana 20 tahun. Total arus lalu lintas kedua arah tahun 2023 dengan berbagai jenis kendaraan sebanyak 1812 smp/jam. Hasil tersebut menunjukkan pilihan kriteria desain teknik dalam menetapkan tipe jalan untuk jalan perkotaan yaitu 2/2 TT, dimana 2 jalur 2 arah tidak terbagi dan lebar ruang manfaat jalan adalah 11 m. Hasil pengamatan geometrik jalan dengan pemisah jalan 50/50 ditunjukkan pada Tabel 2 telah sesuai dengan kriteria desain eksisting di ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan. Hasil ini dibuktikan dengan situasi arus lalu lintas yang masih rendah dan pengendara bebas mengatur kecepatan. Korelasi tersebut menghasilkan penilaian tingkat pelayanan jalan yang rendah.

Gambar 5 menunjukkan volume lalu lintas pada kedua arus lalu lintas dari utara-selatan dan sebaliknya. Hasil ini menyatakan bahwa arus lalu lintas arah selatan-utara lebih tinggi dibandingkan dengan utara-selatan. Total volume kendaraan yang melintas pada jalan *underpass* Mampang Prapatan untuk arus lalu lintas selatan-utara dan utara-selatan pada tahun 2023 adalah 1272 dan 540 smp/jam, secara berturut-turut. Arus lalu lintas selatan-utara lebih tinggi 135% dari arus yang berlawanan. Hal ini dipicu banyaknya pengendara yang bertujuan ke arah Jakarta Pusat. Jam puncak kendaraan terjadi pada jam ke-9 dari survei pengamatan yang dimulai pada pukul 04:00 WIB. Dengan kata lain, pada waktu istirahat makan siang atau kerja yaitu pukul 12:00 WIB sampai dengan 13:00 WIB para pengendara banyak melakukan aktivitas di sekitar jalan *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan. Volume lalu lintas maksimal pada arus lalu lintas selatan-utara dan utara-selatan adalah 1659 dan 755 smp/jam, secara berturut-turut. Ruas jalan *underpass* didominasi oleh kendaraan sepeda motor yaitu 70% untuk kedua ruas. Hasil komposisi kedua arus lalu lintas dipengaruhi pemberlakuan ganjil genap, sehingga volume kendaraan mobil penumpang dan kendaraan niaga/muatan tidak besar. Hasil analisis volume lalu lintas juga ditetapkan pada waktu *weekend* dan *weekdays*. Namun, hasil ini akan meningkat seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan yang bertambah. Hasil regresi linear prediksi laju pertumbuhan kendaraan menyatakan bahwa 30 tahun ke depan volume lalu lintas pada ruas jalan *underpass* Mampang Selatan untuk ruas jalan selatan-utara dan sebaliknya adalah 2603 dan 1103 smp/jam. Hasil analisis prediksi ini meningkat secara signifikan dibanding tahun 2023.



Gambar 5. Arus lalu lintas utara-selatan & selatan-utara

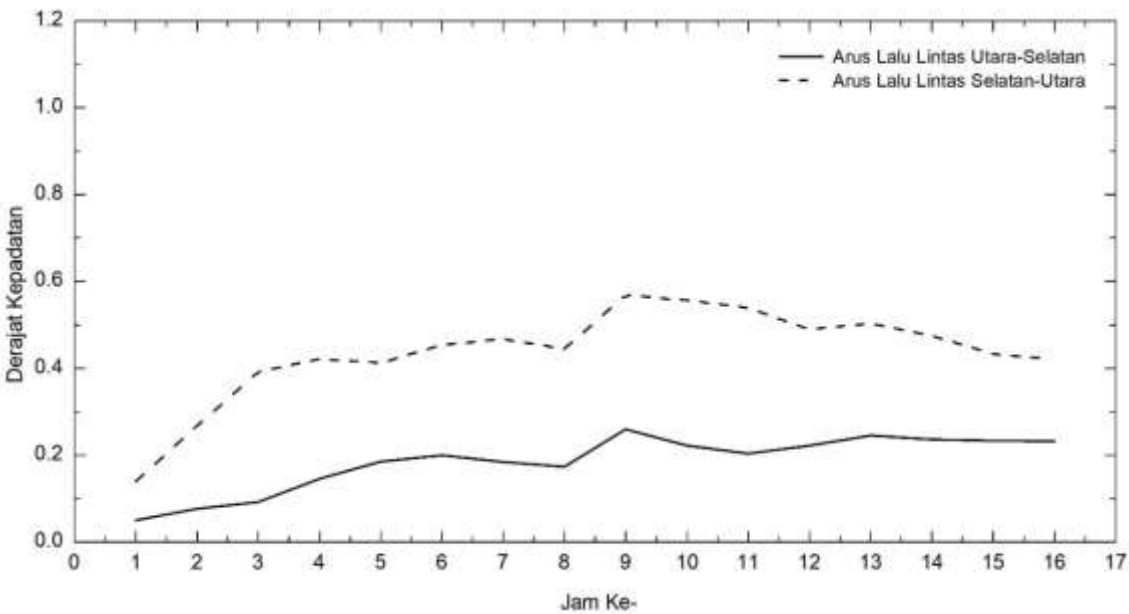
Nilai volume lalu lintas mencerminkan komposisi lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Beberapa parameter analisis kapasitas jalan sudah ditetapkan pada Tabel 3. Perhitungan kapasitas jalan diadopsi dari persamaan 2 (MKJI, 1997) dengan nilai hambatan samping sangat kecil. Asumsi tersebut dibuktikan dengan pengamatan langsung dan analisis dimana tidak ada

penyempitan jalan, parkir, dan perdagangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas ruas jalan arus lalu lintas selatan-utara dan sebaliknya pada tahun 2023 adalah 2915 smp/jam. Hasil tersebut dipengaruhi oleh aktivitas pengendara dan pejalan kaki yang lewat. Kapasitas akan stabil apabila tidak ada pengendara yang memutar balik, aktivitas sosial, dan perdagangan. Peningkatan nilai kapasitas jalan sebanding dengan arus lalu lintas yang meningkat, sehingga pengendara bebas mengatur kecepatannya. Ditambah, kepadatan jalan akan menurun seiring dengan kapasitas jalan meningkat.

Tabel 3. Parameter faktor penyesuaian kapasitas jalan

Parameter	Nilai
Kapasitas dasar, C_0 (smp/jam)	3300
Faktor penyesuaian untuk kapasitas lebar jalur, FC_W	0,92
Faktor penyesuaian untuk pemisah arah, FC_{SP}	1,00
Faktor penyesuaian untuk hambatan samping, FC_{SF}	0,96
Faktor penyesuaian untuk ukuran kota, FC_{CS}	1,00

Gambar 6 menunjukkan hubungan derajat kepadatan dengan waktu pengamatan selama survei. Hasil ini menjelaskan perbandingan volume lalu lintas terhadap kapasitas untuk menentukan tingkat kinerja suatu ruas jalan. Penilaian ini akan membuktikan ruas jalan yang disurvei mempunyai permasalahan kapasitas, misalnya kepadatan yang tinggi akibat kemacetan atau ketidakmampuan suatu ruas jalan untuk menopang kapasitas. Derajat kepadatan pada arus lalu lintas selatan-utara secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan arus lalu lintas utara-selatan. Hasil ini berkorelasi dengan volume lalu lintas pada suatu ruas jalan. Peningkatan volume lalu lintas dengan nilai kapasitas yang tetap secara umum akan berdampak pada bertambahnya derajat kepadatan.



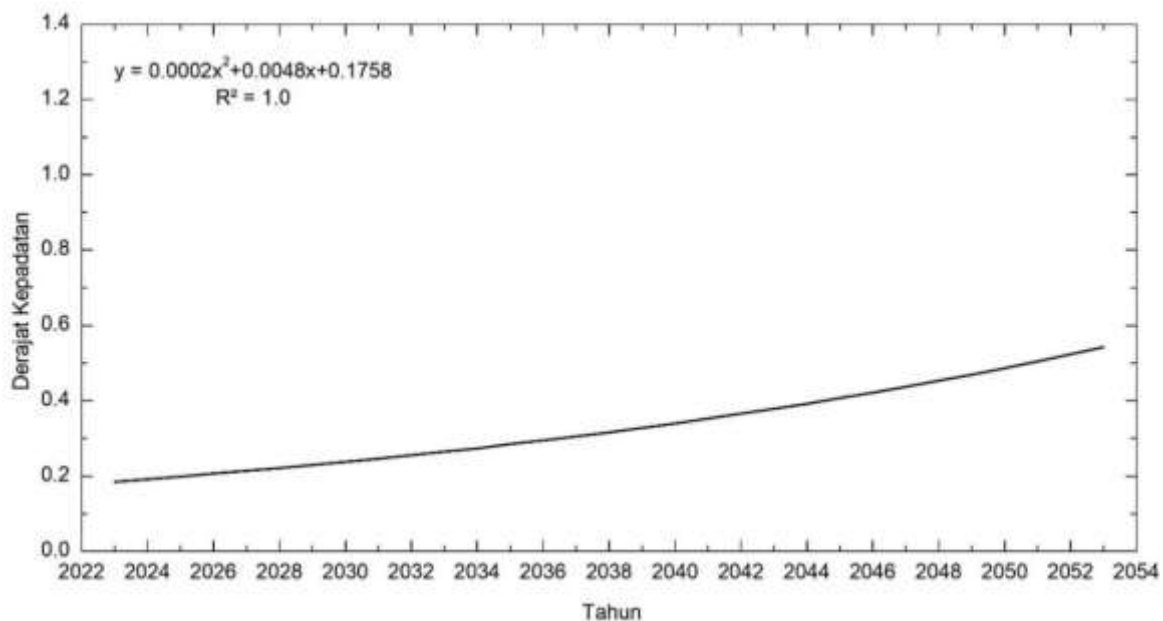
Gambar 6. Derajat kepadatan per jam arus lalu lintas utara-selatan & selatan-utara

Derajat kepadatan pada arus lalu lintas utara-selatan meningkat pada jam ke-9 dan berangsur-angsur turun setelah mencapai puncak pada jam ke-13 dengan nilai derajat kepadatan ($DS = 0,25$) dan tingkat pelayanan ($LOS = B$). Arus lalu lintas pada arah selatan-utara secara umum terjadi peningkatan lebih awal dibanding arah yang berlawanan. Tercatat nilai derajat kepadatan pada jam ke-6 dan mencapai puncak pada jam ke-9 ($DS = 0,57$; $LOS = C$). Perbedaan derajat kepadatan pada kedua arus ini diakibatkan aktivitas dan pola kehidupan masyarakat sekitar. Namun, secara umum derajat kepadatan meningkat pada jam ke-9 untuk kedua arus lalu lintas. Apabila tingkat pelayanan jalan pada nilai C menunjukkan karakter lalu lintas stabil, kecepatan dan gerak kendaraan dapat dikendalikan. Derajat kepadatan pada arus lalu

lintas selatan-utara akan cenderung menurun sampai mendekati tingkat pelayanan jalan yang stabil ($LOS = B$). Hasil ini membuktikan infrastruktur *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan yang dibangun telah mampu menopang kapasitas volume lalu lintas dan memberikan dampak yang positif pada aktivitas kehidupan masyarakat sekitar. Meskipun survei dilakukan pada *weekend* yang mana merupakan pengecualian aturan ganjil genap, jalan *underpass* Mampang Prapatan dinilai mampu mengatasi permasalahan transportasi akibat volume lalu lintas.

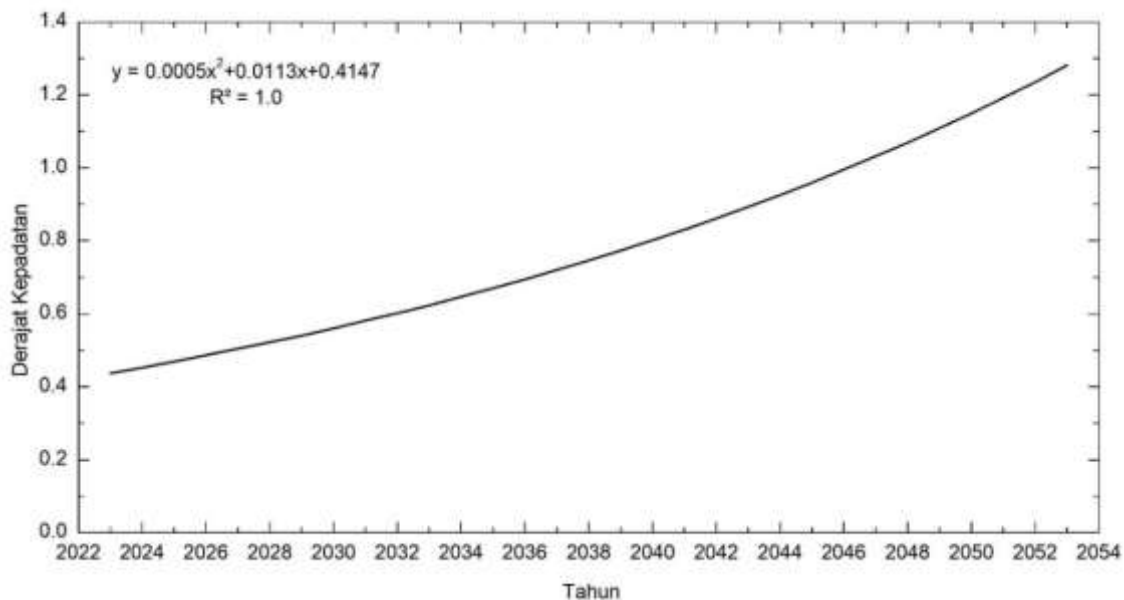
Permasalahan jalan terjadi akibat manifestasi kegagalan kapasitas jalan yang tidak didukung dengan mempertimbangkan berbagai aspek geometrik jalan, karakteristik jalan, pengendara, dan pola kehidupan masyarakat. Efek dari menurunnya kapasitas jalan berpengaruh pada permasalahan yang dapat menimbulkan kerugian dari berbagai sektor hingga mengakibatkan polemik di kemudian hari. Derajat kepadatan merupakan salah satu indikator dalam penilaian tingkat pelayanan jalan. Penilaian ini ditentukan dari berbagai variabel pada jalan yang disurvei. Secara umum, peningkatan kapasitas jalan berpengaruh pada menurunnya nilai derajat kepadatan sehingga mengakibatkan nilai tingkat pelayanan jalan yang baik. Hubungan analisis tersebut saling berkaitan untuk menunjukkan penilaian dari suatu ruas jalan. Studi ini menjadikan dasar dalam penilaian ruas jalan yang tidak hanya digunakan untuk tahun saat survei namun dapat memprediksi beberapa tahun mendatang.

Gambar 7 menunjukkan nilai derajat kepadatan mulai tahun 2023 sampai 30 tahun mendatang. Hasil ini dilaporkan bahwa derajat kepadatan pada arus lalu lintas utara-selatan di jalan *underpass* Mampang Prapatan cenderung meningkat, meskipun nilai DS tidak mencapai 0,55. Arus lalu lintas pada arah utara-selatan tahun 2048 cenderung meningkat dengan kecepatan kendaraan terbatas. Prediksi derajat kepadatan dipengaruhi oleh laju pertumbuhan kendaraan bermotor dengan menggunakan persamaan polinomial dua orde. Hasil koefisien determinasi (R^2) adalah 1,0 pada persamaan derajat kepadatan $y = 0,0002x^2 + 0,0048x + 0,1758$ memiliki kemampuan memberikan informasi yang dibutuhkan, dimana x adalah tahun yang ditinjau.



Gambar 7. Perkiraan derajat kepadatan arus utara-selatan tahun 2023-2053

Hasil analisis derajat kepadatan pada arus lalu lintas selatan-utara tahun 2023 cenderung tinggi dibandingkan pada arus sebaliknya, terlihat pada Gambar 8. Nilai derajat kepadatan secara umum meningkat, pada tahun 2040 nilai $DS = 0,8$ mengindikasikan bahwa arus lalu lintas jenuh dengan kecepatan pengendara rendah. Apabila kapasitas jalan pada tahun 2040 tidak ditingkatkan, maka berakibat nilai derajat kepadatan pada tahun 2046 $DS = 1,0$ yang ditunjukkan tingkat pelayanan jalan macet ($LOS = F$). Prediksi derajat kepadatan pada arus lalu lintas selatan-utara diadopsi pada persamaan $y = 0,0005x^2 + 0,0113x + 0,4147$; $R^2 = 1,0$. Prediksi nilai derajat kepadatan pada ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan diadopsi dari persamaan diatas dengan menentukan arah ruas dan tahun yang ditinjau.



Gambar 8. Perkiraan derajat kepadatan arus selatan-utara tahun 2023-2053

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah dilakukan untuk menganalisis kapasitas jalan, derajat kepadatan, dan tingkat pelayanan jalan di ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan, Jakarta Selatan menggunakan MKJI 1997. Hasil studi dapat disampaikan sebagai berikut: 1) Volume lalu lintas arah selatan-utara cenderung lebih besar dibanding arus sebaliknya. Peningkatan kapasitas jalan akan secara umum menambah nilai derajat kepadatan dan menurunkan nilai tingkat pelayanan jalan. Kapasitas jalan pada kedua arus lalu lintas utara-selatan dan sebaliknya adalah 2915 smp/jam. Arus lalu lintas maksimal pada kedua arah terjadi pada jam ke-9 (12:00-13:00 WIB); 2) Nilai derajat kepadatan akan cenderung menurun akibat peningkatan hambatan samping dan ukuran penduduk. Nilai derajat kepadatan pada arus lalu lintas selatan-utara secara umum lebih tinggi dan terjadi lebih awal dibanding arah sebaliknya; 3) Penilaian tingkat layanan jalan dipengaruhi oleh derajat kepadatan. Peningkatan derajat kepadatan dengan kapasitas jalan yang tetap mengakibatkan penilaian tingkat pelayanan jalan yang tinggi. Tingkat layanan jalan maksimal pada ruas jalan utara-selatan dan sebaliknya adalah B dan C, secara berturut-turut; 4) Prediksi derajat kepadatan 30 tahun mendatang memberikan penilaian pada desain konstruksi *underpass* Mampang Prapatan. Prediksi derajat kepadatan pada arah selatan-utara cenderung lebih meningkat secara signifikan dibanding arah sebaliknya ($DS \geq 1,0$) pada umur rencana *underpass* Mampang Prapatan 30 tahun.

Hasil analisis yang menunjukkan bahwa derajat kepadatan lalu lintas di ruas jalan *underpass* Mampang Prapatan cenderung meningkat, serta dampak negatif yang mungkin ditimbulkan terhadap tingkat pelayanan jalan, disarankan agar pemangku kepentingan, termasuk pemerintah daerah dan instansi terkait, mempertimbangkan pengembangan kebijakan dan regulasi yang mendukung peningkatan kapasitas jalan. Kebijakan tersebut dapat mencakup pengaturan lalu lintas yang lebih efisien, pembangunan jalur alternatif, serta peningkatan fasilitas transportasi umum untuk mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi. Selain itu, penerapan teknologi manajemen lalu lintas yang canggih juga perlu dipertimbangkan untuk memantau dan mengelola arus lalu lintas secara *real-time*, sehingga dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan kenyamanan pengguna jalan.

Penelitian lanjutan sangat disarankan sebagai tindak lanjut dan penyempurnaan hasil penelitian ini. Penelitian mendatang dapat difokuskan pada analisis dampak kebijakan transportasi baru, termasuk penerapan manajemen lalu lintas berbasis teknologi dan evaluasi efektivitas penggunaan moda transportasi umum dalam mengurangi tingkat kemacetan. Selain itu, diperlukan penelitian yang mendalam mengenai pengaruh pertumbuhan populasi dan kendaraan bermotor terhadap kapasitas jalan dalam jangka panjang. Penelitian tersebut dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perencanaan transportasi perkotaan yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] P. G-Aliste, I. Derpich, and M. Lopes, "Reducing Urban Traffic Congestion via Charging Price," *Sustainability*, Vol. 15, No. 3, 2023, doi: 10.3390/su15032086.
- [2] X. Tao, L. Cheng, R. Zhang, W. K. Chan, H. Chao, and J. Qin, "Towards Green Innovation in Smart Cities: Leveraging Traffic Flow Prediction with Machine Learning Algorithms for Sustainable Transportation Systems," *Sustainability*, 2024, doi: 10.3390/su16010251
- [3] B. Gomes, J. Coelho, and H. Aidos, "A survey on traffic flow prediction and classification," *Intelligent Systems with Applications*, Vol. 20, 2023, doi: 10.1016/su200268
- [4] D. Mitieka, R. Luke, H. Twinomurizi, and J. Mageto, "Smart Mobility in Urban Areas: A Bibliometric Review and Research Agenda," *Sustainability*, Vol. 15, No. 6754, doi: 10.3390/su15086754
- [5] M.R.P. Zaera and M. Soleman, "Faktor dan Dampak dari Peningkatan Urbanisasi di DKI Jakarta pada Tahun 2023," *Jurnal Wahana Bina Pemerintahan*, Vol. 6, No. 1, pp. 38-42, Mei 2024
- [6] M. Rizal, A. Wibowo, and A. Widayanti, "Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Pada Ruas Jalan Menur Pumpungan-Jalan Manyar Indah Raya-Jalan Manyar Tirtoyoso di Kota Surabaya dengan Metode PKJI 2014," 2023.
- [7] H. Prasetyo, T. Yulianto, M.W. Nugroho, & T. Sundari. (2024). Analisis kinerja simpang tiga menggunakan metode PKJI 2023 pada Jl. KH. Wahab Chasbulloh – Jl. Garuda Kabupaten Jombang. *Jurnal Ilmiah REAKTIP*, 4(2), 1–9.
- [8] GridOto. (2024, December 20). "Pantas sering macet panjang, jalan di Jakarta cuma segini, ternyata ini idealnya." *GridOto*. <https://www.gridoto.com/read/221875387/pantas-sering-macet-panjang-jalan-di-jakarta-cuma-segini-ternyata-ini-idealnya>
- [9] BBC News Indonesia. (2017, October 19). Antisipasi kemacetan, Singapura akan batasi jumlah mobil. *BBC News Indonesia*. <https://www.bbc.com/indonesia/dunia-41733105>
- [10] Badan Pusat Statistik, "Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (Unit) di Provinsi DKI Jakarta 2020-2022," <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/786/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis-kendaraan-unit-di-provinsi-dki-jakarta.html>, diakses 30 November 2023.
- [11] Mu'allimah and R.N. Mashpufah, "Analisis Kebijakan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam Mengatasi Permasalahan Transportasi di Perkotaan," *Jurnal Manajemen dan Ilmu Administrasi Publik*, Vol. 3, No. 4, pp. 291-296, 2021
- [12] R.Y.W., Dinnata, "Underpass Mampang-Kuningan Bisa Kurangi Kemacetan 40%," <https://jakarta.bisnis.com/read/20180411/77/783242/underpass-mampang-kuningan-bisa-kurangi-kemacetan-40>, diakses 15 Desember 2023.
- [13] A. Bhardwaj, S.R. Iyer, S. Ramesh, J. White, and L. Subramanian, "Understanding Sudden Traffic Jams: From Emergence to Impact," *Development Engineering* 8, 2023
- [14] T.M. Setyowati, Y. Ashari, and E.P. Perwitasari, "Implementasi Kebijakan Pemerintah atas Perluasan Ganjil Genap terhadap Aktivitas Logistik di Wilayah DKI Jakarta," *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik (JMBTL)*, Vol. 6, No. 3, pp. 213-224, September 2020
- [15] Departemen Pekerjaan Umum. Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997.
- [16] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pedoman Desain Geometrik Jalan. Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021.