Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan dan Informatika
Vol. 1, No. 3, September 2025
e-ISSN: xxxx-xxxx, p-ISSN: xxxx-xxxx, Hlm. 30-47

Analisis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas dengan Metode *Greenshields*

Analysis of The Volume, Speed and Density of Traffic with Greenshields Methods

Muhammad Zaini Iqbal[1*], Muhamad Yunus[2], Heri Pramono[3], Abdul Khamid[4], Wahidin[5]
[1,2,3,4,5]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia
E-mail: [1]muhzeeniqbal@gmail.com, [2]yunus.gb89@gmail.com, [3]heripramono@gmail.com, [4]abdulkhamid.mt@gmail.com, [5]wahidinnaures@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:
Received: July, 07, 2025
Revised: August, 04, 2025
Accepted: Sept, 05, 2025
Published: Sept, 20, 2025

Keywords:
Greenshields,
Traffic Characteristics,
Volume,
Speed,
Density

ABSTRACT

The road is a place for people to carry out transportation activities to move from one point to another. The fields of education, economy, and all other activities can be carried out by the community through the highway. The longer each year there are more vehicles passing the road, so research is needed to analyze the traffic characteristics on a road, One of the roads carried out by the study is Jalan Teuku Umar which is located in Tegal City which is located in the south of Tegal City. The purpose of this study is to determine traffic characteristics and for reference materials for those in need. This research was conducted using the Greenshields method, so that volume (Q), velocity (V) and density (D) will be calculated, by surveying directly to the field and calculating it directly. The results of the study obtained a maximum volume (Qmax) of 1831 – 2540 smp/km, a maximum speed (Vm) of 36.21 – 37.55 km/h, and a maximum density (Dj) of 97.77 – 140.3 smp/hour with a Determinant coefficient (r2) of 0.49 – 0.74.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:
Muhammad Zaini Iqbal
Email: muhzeeniqbal@gmail.com

Abstrak

Jalan merupakan tempat masyarakat untuk melakukan kegiatan transportasi untuk berpindah dari titik satu ke titik lainya. Bidang pendidikan, ekonomi, dan segala aktivitas lainya bisa dilakukan masyarakat melalui jalan raya. Semakin lama tiap tahunnya kendaraan yang melewati jalan semakin banyak, sehingga perlu adanya penelitian untuk menganalisis karakteristik lalu lintas di sebuah jalan, Salah satu jalan yang dilakukan penelitian adalah Jalan Teuku Umar yang berada di Kota Tegal yang lokasinya berada di selatan Kota Tegal. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik lalu lintas dan untuk bahan referensi bagi yang membutuhkan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Greenshields,* sehingga akan dihitung volume (Q), kecepatan (V) dan density (D), dengan cara survei langsung ke lapangan dan menghitungnya secara langsung. Hasil penelitian didapatkan volume maksimal (Qmax) 1831 – 2540 smp/km, kecepatan maksimal (Vm) 36,21 – 37,55 km/jam, dan kepadatan maksimal (Dj) 97,77 – 140,3 smp/jam dengan koefisien Determinan (r2) 0,49 – 0,74.
Kata kunci: Greenshields, Karakteristik Lalu Lintas, Volume, Kecepatan, Kepadatan

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk semakin banyak, begitu pula pertumbuhan ekonomi, maka makin banyak pula penduduk yang menggunakan jalan raya untuk memenuhi kebutuhan ekonomi maupun keperluan lainnya. Para pengguna kendaraan semakin banyak. Menurut catatan Badan Pusat Statistik (BPS) 2020, jumlah kendaraan naik sekitar lima persen sejak tahun 2018 hingga tahun 2019 yang lalu. Pada tahun 2019, jumlah kendaraan naik bertambah 7.108.236 unit atau meningkat 5,3 persen menjadi 133.617.012 unit dari tahun sebelumnya sebanyak 126.508.776 unit. Jumlah kendaraan di tahun 2018 naik 5,9 persen dari tahun 2017 sejumlah 118.922.708 unit.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, jalan perkotaan didefinisikan sebagai segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan atau jalan di dekat pusat

perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa [1]. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang semakin tinggi, kebutuhan akan mobilitas juga meningkat. Penduduk memerlukan akses yang lebih baik ke tempat kerja, pusat perbelanjaan, pendidikan, kesehatan, dan tempat lainnya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Penggunaan jalan raya menjadi salah satu pilihan utama sebagai sarana transportasi, terutama di daerah yang belum memiliki infrastruktur transportasi publik yang memadai.

Pertumbuhan penduduk yang semakin banyak berarti populasi suatu wilayah terus bertambah dari waktu ke waktu. Selain itu, pertumbuhan ekonomi yang meningkat menandakan adanya peningkatan aktivitas ekonomi dan tingkat kemakmuran masyarakat. Kedua faktor ini secara langsung maupun tidak langsung berkontribusi pada peningkatan mobilitas dan kebutuhan transportasi bagi masyarakat. Akibatnya semakin meningkat penggunaan jalan raya oleh penduduk untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dan keperluan lainnya.

Peningkatan jumlah kendaraan ini dipicu oleh pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang mengakibatkan lebih banyak orang menggunakan kendaraan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dan keperluan lainnya. Kenaikan jumlah kendaraan berdampak pada padatnya lalu lintas di jalan raya, terutama pada daerah yang padat penduduk dan ekonominya. Penyebab meningkatnya jumlah kendaraan ini dapat menjadi tantangan bagi pemerintah dan pihak terkait untuk mengelola lalu lintas dengan baik, sehingga tetap dapat memastikan kelancaran, keselamatan, dan efisiensi dalam sistem transportasi. Solusi yang mungkin perlu dipertimbangkan adalah memperbaiki dan memperluas infrastruktur jalan, mempromosikan penggunaan transportasi massal, menerapkan aturan lalu lintas yang ketat, serta menggalakkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya berbagi kendaraan dan berpindah ke alternatif transportasi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, perlu ditingkatkan pula sistem transportasi pintar yang memanfaatkan teknologi untuk mengoptimalkan pengelolaan lalu lintas dan mengurangi kemacetan.

Jalan raya sendiri memiliki kapasitas dan karakteristik yang tetap. Kecepatan, kepadatan, dan volume ruas jalan saling berhubungan. Kepadatan Lalu Lintas yang tinggi menyebabkan kemacetan, sehingga kecepatan kendaraan berkurang, dengan padatnya lalu lintas maka volume kendaraan yang memenuhi jalan tersebutpun semakin banyak [2]. Jalan Teuku umar Kota Tegal merupakan salah satu jalan alternatif utama yang menghubungkan antara Kota Tegal dan Kabupaten Tegal. Jalan ini memiliki bertipe 2/2 UD yang berarti jalan ini jalan 2 arah tanpa pembatas jalan dengan lebar jalan yang bervariasi. Jalan ini termasuk jalan yang lancar namun juga padat di saat jam sibuk. Karena jalan ini sering di pakai aktifitas warga yang dari Kabupaten Tegal berkendara menuju Kota Tegal, yang mana Kota Tegal sendiri ramai karena banyaknya pusat perbelanjaan, pendidikan, wisata dan kuliner. Begitupun sebaliknya banyak warga yang dari Kota Tegal berkendara menuju Kabupaten Tegal.

Di jalan ini pula banyak kios maupun tempat perbelanjaan, sehingga kadang jalan ini macet karena adanya aktivitas bongkar muat dan parkiran warga yang mampir di lokasi tersebut. Terdapat juga sekolahan, sehingga pada jam berangkat dan pulang kerja sering terjadi macet. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui informasi tentang gerak lalu lintas. Peningkatan volume arus lalu lintas akan menyebabkan perubahan perilaku lalu lintas di suatu ruas jalan, khususnya di daerah perkotaan. Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan akan sarana transportasi, sehingga diperlukan ruang yang cukup untuk prasarana lalu lintas seperti jalan dan lokasi parkir. Kegiatan transportasi menciptakan pergerakan arus lalu lintas. Dalam ilmu rekayasa lalu lintas, untuk mempelajari perilaku arus lalu lintas, terdapat tiga variabel utama yang sangat menentukan, yaitu volume *(flow),* kecepatan *(speed),* serta kepadatan *(density).* Ketiga variabel ini berhubungan erat dan saling mempengaruhi [3].

Adapun beberapa metode yang digunakan dalam analisis lalu lintas untuk memahami hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan meliputi analisis data lalu lintas, pengamatan lapangan, pemodelan matematis, dan teknik simulasi [4]. Dengan memahami hubungan ketiga variabel ini, pihak berwenang dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan lalu lintas serta mengatasi kemacetan di jalan-jalan perkotaan. Model Greenshield memberikan pandangan yang sederhana namun berguna dalam memahami perilaku aliran lalu lintas. Dengan memahami hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas, pihak berwenang dapat merencanakan infrastruktur jalan yang efisien, mengoptimalkan sistem transportasi, dan mengatasi kemacetan lalu lintas di jalan-jalan perkotaan. Salah satu cara

yang bisa digunakan untuk memahami karakter adalah dengan menjabarkan dalam bentuk hubungan matematis dan grafis yang akan penulis gunakan dengan model *Greenshield.*

Model Greenshield, yang juga dikenal sebagai *Model Fundamental Diagram of Traffic Flow,* adalah salah satu model matematis yang digunakan untuk memahami karakteristik aliran lalu lintas pada jalan raya [5]. Model ini dinamai setelah seorang ahli rekayasa lalu lintas bernama Herman H. Greenshields yang mengembangkannya pada tahun 1935. Model Greenshield menggambarkan hubungan antara volume lalu lintas, kecepatan, dan kepadatan dalam aliran lalu lintas. Pada dasarnya, model Greenshield menyatakan bahwa dalam suatu aliran lalu lintas, terdapat hubungan terbalik antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas, serta hubungan terbalik antara volume lalu lintas dan kecepatan. Artinya, semakin padat lalu lintas (tinggi kepadatan), maka kecepatan kendaraan akan menurun, dan semakin tinggi volume lalu lintas, maka kecepatan kendaraan akan menurun juga.

Model *Greenshield* ini diilustrasikan dalam bentuk diagram fundamental yang memuat tiga variabel utama. Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu ruas jalan pada periode waktu tertentu [6]. Volume *(flow)* merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau ruas jalan dalam satu periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam satuan kendaraan per jam (VPH). Volume *(flow)* mengacu pada jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau ruas jalan dalam satu periode waktu tertentu. Semakin tinggi volume lalu lintas, semakin banyak kendaraan yang melintas dalam waktu tertentu. Kecepatan *(speed):* Menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas di suatu titik atau ruas jalan, diukur dalam satuan kilometer per jam (km/jam) atau mil per jam (mph). Kecepatan *(speed)* adalah kecepatan rata-rata kendaraan saat melewati titik atau ruas jalan. Kecepatan lalu lintas dapat dipengaruhi oleh volume lalu lintas, kondisi jalan, dan faktor lainnya. Kepadatan *(density)* merupakan jumlah kendaraan dalam satu unit panjang jalan, seperti kendaraan per kilometer atau per mil. Kepadatan *(density)* adalah jumlah kendaraan dalam satu unit panjang jalan, seperti kendaraan per kilometer atau per mil. Kepadatan lalu lintas berkaitan dengan seberapa rapat kendaraan berada di jalan tersebut [7].

Penelitian model *Greenshield* adalah model matematis yang digunakan untuk memahami karakteristik aliran lalu lintas. Dengan menggunakan model ini, penelitian akan menganalisis data lalu lintas dan menghasilkan hubungan matematis dan grafis yang dapat menggambarkan kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada berbagai kondisi lalu lintas [8]. Penelitian ini diharapkan akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang aliran lalu lintas di jalan yang bersangkutan dan membantu dalam mengidentifikasi solusi untuk mengatasi kemacetan dan masalah lalu lintas lainnya. Penggunaan model *Greenshield* dapat memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait perencanaan dan pengelolaan lalu lintas di jalan ini, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan lalu lintas secara keseluruhan.

Dalam diagram fundamental model *Greenshield*, hubungan antara ketiga variabel tersebut digambarkan dalam bentuk kurva. Ketika volume lalu lintas rendah (misalnya di awal pagi atau larut malam), kecepatan lalu lintas cenderung tinggi karena jalan tidak begitu padat. Namun, ketika volume lalu lintas meningkat (misalnya selama jam sibuk), kecepatan lalu lintas cenderung menurun karena jalan menjadi lebih padat. Hubungan antara ketiga variabel ini membantu untuk mengetahui arus lalu lintas maksimum atau kapasitas jalan tersebut. Kapasitas jalan adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu titik atau ruas jalan dalam waktu tertentu tanpa mengalami kemacetan atau gangguan lalu lintas [5].

Tindakan yang diambil untuk menghadapi permasalahan ini haruslah berdasarkan data yang akurat dan penelitian mendalam, sehingga kebijakan yang diambil dapat memberikan dampak positif dan berkelanjutan dalam mengatasi tantangan lalu lintas yang semakin kompleks akibat pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang terus berkembang. Dampak dari meningkatnya penggunaan jalan raya adalah:

a. Kemacetan lalu lintas: kepadatan dan volume kendaraan yang tinggi dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas di jalan-jalan utama dan ruas jalan padat.
b. Peningkatan polusi udara: jumlah kendaraan yang besar menghasilkan emisi gas buang yang berkontribusi pada polusi udara dan dampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia.

c. Kecelakaan lalu lintas: lonjakan jumlah kendaraan juga berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas jika tidak diimbangi dengan infrastruktur dan aturan lalu lintas yang memadai.
d. Pembebanan infrastruktur: jumlah kendaraan yang banyak juga berarti pembebanan pada infrastruktur jalan raya seperti jalan, jembatan, dan fasilitas penunjang lainnya.
e. Ketergantungan pada bahan bakar fosil: Jika mayoritas kendaraan menggunakan bahan bakar fosil, maka peningkatan penggunaan jalan raya akan meningkatkan ketergantungan pada sumber daya energi yang tidak terbarukan [9].

Dalam menghadapi akibat dari meningkatnya penggunaan jalan raya, diperlukan upaya untuk mengelola lalu lintas dengan baik, merencanakan infrastruktur transportasi yang berkelanjutan, mendorong penggunaan transportasi publik, dan mengadopsi teknologi dan kebijakan yang mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan kualitas hidup manusia [10].

Tingkat kepemilikan kendaraan yang semakin meninggi telah menjadi masalah utama yang mempengaruhi lalu lintas di daerah tersebut [11]. Pertumbuhan jumlah kendaraan menyebabkan arus lalu lintas menjadi tidak stabil, dan rendahnya tingkat kesadaran masyarakat dalam mematuhi tata tertib berlalu lintas memperburuk situasi ini dengan sering terjadinya konflik lalu lintas dan kemacetan [12]. Selain itu, kegiatan industri yang berlokasi dekat dengan ruas jalan juga secara tidak langsung turut mempengaruhi arus lalu lintas dengan menambah volume kendaraan yang melewati area tersebut. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan suatu analisis kapasitas dan tingkat pelayanan jalan di daerah tersebut. Analisis ini bertujuan untuk meninjau kondisi jalan dan mengidentifikasi masalah yang ada, serta merumuskan penanganan yang diperlukan ke depan. Penilaian kapasitas jalan akan membantu dalam mengevaluasi apakah jalan tersebut mampu menampung volume lalu lintas yang terjadi saat ini atau jika ada peningkatan kebutuhan lalu lintas di masa depan [13]. Jika kapasitas jalan sudah mencapai batas maksimumnya, maka perlu dirumuskan rencana peningkatan infrastruktur untuk mengatasi masalah tersebut.

Selain itu, analisis juga akan menilai tingkat pelayanan jalan yang mencerminkan kualitas dan efisiensi lalu lintas. Tingkat pelayanan yang rendah akan menunjukkan bahwa jalan tersebut tidak lagi memenuhi kebutuhan dan harapan para pengguna jalan [14]. Dengan mengetahui tingkat pelayanan jalan yang sekarang, dapat dipahami bagaimana tingkat kenyamanan, kelancaran, dan keamanan bagi pengguna jalan. Hasil dari analisis kapasitas dan tingkat pelayanan jalan ini akan menjadi dasar dalam menyusun rencana penanganan dan perbaikan. Rencana tersebut dapat mencakup peningkatan infrastruktur jalan, pengaturan lalu lintas yang lebih efisien, peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya mematuhi peraturan berlalu lintas, dan penerapan teknologi transportasi yang lebih canggih. Dengan mengimplementasikan rencana penanganan yang tepat, diharapkan arus lalu lintas dapat menjadi lebih stabil, konflik lalu lintas dan kemacetan dapat diminimalisir, serta keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan dapat ditingkatkan. Hal ini akan menciptakan jalan yang nyaman dan layak bagi para pengguna, serta meningkatkan efisiensi dan keamanan lalu lintas secara keseluruhan di daerah tersebut [15].

Deskripsi tersebut menggambarkan karakteristik jalan yang memiliki banyak kios dan tempat perbelanjaan, serta adanya sekolah di sekitarnya. Kondisi ini menyebabkan lalu lintas menjadi padat atau macet karena aktivitas bongkar muat dan parkir warga di kawasan tersebut. Penelitian dilakukan untuk memahami gerak lalu lintas dengan menggunakan model Greenshield, yang akan menghasilkan hubungan matematis dan grafis untuk menggambarkan karakteristik lalu lintas di jalan tersebut. Kehadiran banyak kios dan tempat perbelanjaan di sepanjang jalan dapat menarik banyak pengunjung dan pembeli. Aktivitas bongkar muat barang dagangan dan parkirnya kendaraan pelanggan bisa menyebabkan lalu lintas menjadi padat terutama pada jam-jam sibuk. Kehadiran sekolah di sekitar jalan akan mempengaruhi pola lalu lintas, terutama pada jam berangkat dan pulang sekolah. Ketika anak-anak berangkat atau pulang sekolah bersama dengan lalu lintas umum, lalu lintas di sekitar sekolah bisa menjadi lebih padat dan macet. Kepadatan lalu lintas dan keberadaan sekolah serta tempat perbelanjaan menyebabkan kemacetan lalu lintas di jalan ini. Kemacetan tersebut bisa mempengaruhi efisiensi waktu perjalanan dan kenyamanan pengguna jalan.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada ruas jalan Teuku Umar Kota Tegal, tepatnya 200 meter selatan pertigaan Tirus yang merupakan salah satu jalur utama menuju Kabupaten Tegal atau menuju arah Purwokerto. Secara umum kondisi geometrik jalan relatif baik, yaitu terletak pada jalan datar dan lurus. Pada jalan Teuku Umar tersebut kondisi lingkungan sekitar adalah pertokoan. Dilaksanankan selama 3 bulan, yaitu hari Senin sampai Minggu pada jam 06.00 – 22.00 WIB, dengan interval waktu 15 menit. Penelitian ini tidak membahas dari segi analisa biaya, konstruksi jalan, sistem perparkiran dan persimpangan. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis volume lalu lintas terhadap kapasitas Jalan Teuku umar Kota Tegal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui volume lalu lintas terhadap kapasitas Jalan Teuku umar Kota Tegal. Survei yang dilakukan untuk pengumpulan data di lapangan adalah survei inventarisasi jalan, survei volume lalu lintas, dan survei hambatan samping. Teknik analisis data menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997).

Pengambilan data dilakukan secara langsung di lokasi penelitian di ruas Jalan Teuku Umar, Kota Tegal. Data lalu lintas diambil dengan mencatat tipe kendaraan yang melintasi jalan tersebut dan dikategorikan ke dalam beberapa jenis kendaraan, yaitu: a). MC *(Motorcycles)* merupakan sepeda motor, b) LV *(Light Vehicles)* merupakan kendaraan ringan seperti mobil, angkot, oplet, mikrobus, pick-up, dan truk kecil, c) HV *(Heavy Vehicles)* merupakan kendaraan berat seperti bus, truk 2 as, truk 3 as, dan kontainer, dan d) UM *(Unmotories)* merupakan kendaraan tak bermotor seperti sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong. Data volume lalu lintas dihitung dengan mengamati jumlah kendaraan dari setiap jenis kendaraan yang melintasi jalan dalam interval waktu 15 menit. Data survei tersebut kemudian diolah dan direkapitulasi menjadi data per 1 jam. Survei volume kendaraan dilakukan selama satu minggu untuk setiap segmen ruas Jalan Teuku Umar Kota Tegal.

Hasil dari survei ini akan memberikan informasi tentang volume lalu lintas kendaraan pada setiap jenis kendaraan dalam satu jam di ruas Jalan Teuku Umar Kota Tegal. Data ini penting untuk memahami karakteristik aliran lalu lintas di jalan tersebut, mengevaluasi beban lalu lintas, dan merumuskan solusi perencanaan transportasi yang lebih efektif dan efisien di masa depan. Dengan mengumpulkan data secara terstruktur dan komprehensif selama satu minggu, analisis volume lalu lintas akan memberikan gambaran yang akurat dan dapat diandalkan tentang situasi lalu lintas di Jalan Teuku Umar. Data ini dapat menjadi dasar untuk mengambil keputusan strategis dalam mengelola lalu lintas, meningkatkan keamanan jalan, serta merencanakan dan mengoptimalkan infrastruktur jalan yang ada [16].

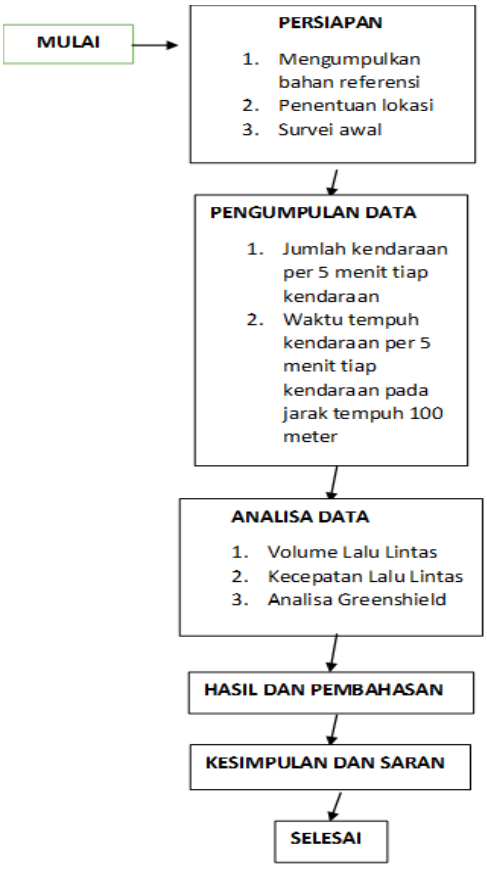
Alat penelitian yang digunakan dalam studi ini terdiri dari beberapa jenis untuk mengumpulkan dan menganalisis data terkait geometrik jalan, jumlah kendaraan, dan kecepatan lalu lintas [17]. Berikut adalah deskripsi dari masing-masing alat:

a. Alat Pengukur Geometrik Jalan
   1) Formulir survei digunakan untuk mencatat data geometrik jalan seperti lebar jalan, batas sisi jalan, lebar bahu, lebar median, dan petunjuk arah. Formulir survei ini akan menjadi panduan untuk mencatat data secara sistematis.
   2) Meteran digunakan untuk mengukur dimensi geometrik jalan, seperti panjang ruas jalan, lebar jalan, dan panjang median.
b. Alat Pengukur Jumlah Kendaraan
   1) Formulir survei digunakan untuk mencatat jumlah dan jenis kendaraan yang melintasi jalan. Formulir ini akan membantu dalam mengelompokkan kendaraan berdasarkan jenisnya.
   2) Tally counter digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan secara akurat. Peneliti dapat menggunakan *tally counter* untuk mencatat jumlah kendaraan sesuai dengan jenisnya yang tercantum pada formulir survei.
   3) Meteran digunakan sebagai penunjuk waktu saat memulai dan mengakhiri waktu penelitian. Hal ini penting untuk mengetahui periode waktu pengamatan lalu lintas.
c. Alat Pengukur Kecepatan
   1) Formulir survei digunakan untuk mencatat kecepatan kendaraan yang melintasi jalan. Formulir ini akan mencatat kecepatan kendaraan beserta jenisnya yang teridentifikasi pada saat survei.

2) Meteran digunakan sebagai penunjuk waktu saat memulai dan mengakhiri waktu penelitian untuk setiap kecepatan yang diukur.
3) Stop watch digunakan untuk menghitung waktu tempuh kendaraan dari satu titik ke titik lain, sehingga dapat menghitung kecepatan kendaraan dengan akurat.
4) Komputer digunakan untuk memproses dan menganalisis data yang telah terkumpul. Data dari formulir survei, pengukuran geometrik, jumlah kendaraan, dan kecepatan akan dimasukkan dan dianalisis menggunakan perangkat lunak khusus untuk mendapatkan informasi yang relevan tentang aliran lalu lintas di jalan tersebut.

Dengan menggunakan alat-alat penelitian yang lengkap dan tepat, studi ini diharapkan dapat memberikan data yang akurat dan dapat diandalkan tentang kondisi geometrik jalan, jumlah kendaraan, dan kecepatan lalu lintas. Data ini akan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut dan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang aliran lalu lintas di jalan yang diteliti.

Tahapan penelitian diawali dengan melakukan studi pendahuluan. Tujuan dari studi pendahuluan adalah untuk menentukan parameter data yang akan disurvei dan juga menentukan metode yang diperlukan untuk mengumpulkan data terlebih dahulu. Langkah berikutnya adalah studi pustaka, dilanjutkan dengan identifikasi masalah dan penetapan tujuan penelitian. Setelah penetapan tujuan, tahap selanjutnya adalah pengumpulan data. Data yang dibutuhkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dengan cara melakukan survei di lapangan. Sementara data sekunder adalah data yang digunakan untuk menunjang data primer, di mana data sekunder tersebut diperoleh dari instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan objek penelitian.



Gambar 1. Tahan Penelitian

Setelah data terkumpul, kemudian dilanjutkan dengan tahap analisis data. Proses analisis data bertujuan untuk memahami dan menginterpretasi data yang telah dikumpulkan [18]. Hasil analisis ini akan membantu dalam memperoleh temuan dan informasi yang relevan dengan tujuan penelitian. Hasil dari analisis data kemudian disimpulkan pada tahap simpulan dan saran. Simpulan adalah kesimpulan yang diambil dari hasil analisis data dan menjawab pertanyaan penelitian. Sementara saran adalah rekomendasi atau tindakan yang diusulkan berdasarkan temuan penelitian

untuk meningkatkan atau memperbaiki kondisi yang diteliti. Dengan demikian, tahapan penelitian yang dimulai dengan studi pendahuluan, pengumpulan data, analisis data, dan simpulan serta saran, merupakan proses yang sistematis dan terstruktur untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan [19].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometrik Ruas Jalan

Data geometrik ini penting untuk memahami kondisi fisik jalan dan membantu dalam perencanaan dan pengelolaan lalu lintas di ruas Jalan Teuku Umar. Informasi tentang lebar jalan, batas sisi jalan, lebar bahu, lebar median, dan petunjuk arah akan menjadi dasar dalam menentukan kapasitas dan tingkat pelayanan jalan, serta mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan atau peningkatan infrastruktur untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Dari pengamatan secara visual pada ruas Jalan Teuku Umar 200 meter ke selatan diperoleh data sebagai bahwa Jalan Teuku Umar merupakan jalan perkotaan, terdapat median, dan tipe arus lalu lintas dua arah dengan dua lajur terbagi (2/2 UD). Hasil pengukuran geometrik jalan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahan Penelitian

Keterangan Data	Nilai
Panjang jalan yang diamati	100 m
Lebar jalur (tiap lajur)	3,4 m
Lebar perkerasan	6,8 m

Sumber: Data yang diolah

Kecepatan

Pengamatan menunjukkan bahwa kecepatan kendaraan memiliki kecepatan rata-rata tertinggi sebesar 50,51 km/jam pada jam 11.00 - 12.00 WIB di hari Senin. Pada rentang waktu ini, lalu lintas cenderung lebih lancar dan kendaraan dapat bergerak dengan kecepatan yang relatif tinggi. Sementara itu, kecepatan rata-rata terendah terjadi pada jam 17.00 - 18.00 WIB sebesar 34,75 km/jam pada hari Senin. Pada periode ini, terlihat adanya penurunan kecepatan kendaraan karena kemungkinan terjadinya kepadatan lalu lintas dan kemacetan akibat jam pulang kerja. Situasi ini menyebabkan pergerakan kendaraan menjadi lebih lambat dan mengakibatkan kecepatan rata-rata menurun. Hasil pengukuran kecepatan lalu lintas ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kecepatan

Sabtu, 1 Juli 2023	Jarak Tempuh	Jumlah Data pengamatan	Waktu Tempuh	Space Mean Speed	
Waktu	(m)		(detik)	(m/det)	(km/jam)
06.00-07.00	100	12	8.63	11.59	41.74
07.00-08.00	100	12	7.26	13.78	49.62
11.00-12.00	100	12	7.88	12.69	45.69
12.00-13.00	100	12	9.35	10.70	38.52
16.00-17.00	100	12	8.76	11.42	41.10
17.00-18.00	100	12	7.69	13.00	46.80
Minggu, 2 Juli 2023	Jarak Tempuh	Jumlah Data pengamatan	Waktu Tempuh	Space Mean Speed	
Waktu	(m)		(detik)	(m/det)	(km/jam)
06.00-07.00	100	12	7.31	13.67	49.22
07.00-08.00	100	12	9.50	10.52	37.88
11.00-12.00	100	12	8.92	11.21	40.37
12.00-13.00	100	12	7.97	12.55	45.18
16.00-17.00	100	12	7.24	13.81	49.72
17.00-18.00	100	12	9.04	11.06	39.80
Senin, 3 Juli 2023	Jarak Tempuh	Jumlah Data pengamatan	Waktu Tempuh	Space Mean Speed	
Waktu	(m)		(detik)	(m/det)	(km/jam)
06.00-07.00	100	12	8.16	12.25	44.10
07.00-08.00	100	12	8.26	12.10	43.56
11.00-12.00	100	12	7.13	14.03	50.51
12.00-13.00	100	12	7.55	13.25	47.68
16.00-17.00	100	12	7.29	13.72	49.41
17.00-18.00	100	12	10.36	9.65	34.75

Sumber: Data yang diolah

Informasi tentang pola kecepatan kendaraan pada berbagai jam dan hari ini penting untuk memahami karakteristik aliran lalu lintas di ruas Jalan Teuku Umar. Data kecepatan ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jam-jam padat dan berpotensi terjadinya kemacetan, serta merencanakan pengaturan lalu lintas yang lebih efisien untuk meningkatkan kelancaran dan keamanan jalan. Dengan memanfaatkan hasil pengukuran kecepatan, perencanaan transportasi dan manajemen lalu lintas di daerah tersebut dapat diarahkan untuk memberikan pengalaman berkendara yang lebih baik bagi pengguna jalan.

Kepadatan

Uji kepadatan lalu lintas ini dilakukan dengan meninjau beberapa parameter penting, yaitu *Space Mean Speed* (Us) yang diukur dalam kilometer per jam [20], *Volume* (Q) yang diukur dalam satuan kendaraan per jam (smp/jam), *Rate of Flow* yang juga diukur dalam satuan kendaraan per jam (smp/jam), dan Kepadatan yang diukur dalam satuan kendaraan per kilometer (smp/km). *Space Mean Speed* (Us) merupakan kecepatan rata-rata kendaraan pada suatu segmen jalan dalam periode tertentu. Pengukuran kecepatan ini memberikan informasi tentang seberapa cepat kendaraan bergerak pada ruas jalan yang ditinjau. Volume (Q) adalah jumlah total kendaraan yang melewati suatu segmen jalan dalam satu jam. Data volume ini penting untuk mengidentifikasi beban lalu lintas pada jalan tersebut. *Rate of Flow* merupakan jumlah kendaraan yang melintas dalam satu jam pada suatu segmen jalan. Parameter ini juga membantu dalam memahami intensitas lalu lintas pada ruas jalan yang diuji.

Kepadatan mencerminkan seberapa padatnya kendaraan pada suatu segmen jalan dalam satu kilometer. Data kepadatan memberikan gambaran tentang tingkat kemacetan dan kondisi lalu lintas pada jalan yang ditinjau. Melalui pengamatan dan analisis parameter-parameter ini, dapat dihasilkan informasi yang komprehensif tentang kepadatan lalu lintas dan performa jalan di daerah yang diteliti. Hasil uji kepadatan ini akan memberikan wawasan yang relevan dan mendalam tentang tingkat pelayanan jalan, kelancaran lalu lintas, serta potensi masalah yang perlu ditangani dalam rangka meningkatkan mobilitas dan efisiensi transportasi di area tersebut. Hasil pengukuran kepadatan lalu lintas ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kepadatan

No	Sabtu, 1 Juli 2023	Space Mean Speed	Volume (Q)	Rate Of Flow	Kepadatan (D)
	Waktu	(Us) (km/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)
1	06.00-07.00	41.74	1521.9	6087.60	145.9
2	07.00-08.00	49.62	1948.3	7793.20	157.1
3	11.00-12.00	45.69	2030.9	8123.60	177.8
4	12.00-13.00	38.52	1792.9	7171.60	186.2
5	16.00-17.00	41.10	1815.3	7261.20	176.7
6	17.00-18.00	46.80	2009.3	8037.20	171.7
No	Minggu, 2 Juli 2023	Space Mean Speed	Volume (Q)	Rate Of Flow	Kepadatan (D)
	Waktu	(Us) (km/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)
1	06.00-07.00	49.22	1785	7140.00	145.1
2	07.00-08.00	37.88	1542.9	6171.60	162.9
3	11.00-12.00	40.37	1710.4	6841.60	169.5
4	12.00-13.00	45.18	1417.6	5670.40	125.5
5	16.00-17.00	49.72	1903.6	7614.40	153.1
6	17.00-18.00	39.80	1751.9	7007.60	176.1
No	Senin, 3 Juli 2023	Space Mean Speed	Volume (Q)	Rate Of Flow	Kepadatan (D)
	Waktu	(Us) (km/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)
1	06.00-07.00	44.10	1426	5704.00	129.3
2	07.00-08.00	43.56	2426.1	9704.40	222.8
3	11.00-12.00	50.51	2134.4	8537.60	169.0
4	12.00-13.00	47.68	2369.2	9476.80	198.7
5	16.00-17.00	49.41	2505.6	10022.40	202.9
6	17.00-18.00	34.75	2461.5	9846.00	283.3

Volume Kendaraan

Volume kendaraan merujuk pada jumlah total kendaraan yang melewati suatu ruas jalan atau segmen jalan dalam periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam satuan kendaraan per jam (smp/jam) [18]. Pengukuran volume kendaraan merupakan informasi kunci dalam memahami karakteristik aliran lalu lintas di suatu area atau lokasi tertentu. Data volume kendaraan penting dalam berbagai aspek perencanaan dan manajemen transportasi. Volume kendaraan membantu mengidentifikasi tingkat beban lalu lintas pada ruas jalan yang ditinjau. Dengan mengetahui volume kendaraan, dapat dianalisis apakah kapasitas jalan sudah mencukupi untuk menampung jumlah kendaraan yang melewatinya.

Data volume kendaraan dapat membantu mengidentifikasi jam-jam padat atau jam sibuk di ruas jalan tertentu. Informasi ini penting untuk mengelola lalu lintas pada periode waktu tersebut dan mengurangi potensi kemacetan. Volume kendaraan juga digunakan sebagai dasar dalam merencanakan pengembangan dan peningkatan infrastruktur jalan. Data volume membantu menentukan ukuran dan kapasitas jalan yang sesuai dengan kebutuhan lalu lintas. Dengan mengevaluasi volume kendaraan dari waktu ke waktu, dapat diukur kinerja lalu lintas dan efisiensi sistem transportasi dalam melayani mobilitas masyarakat.

Pengukuran volume kendaraan biasanya dilakukan dengan menggunakan alat seperti tally counter atau perangkat otomatis yang terpasang di jalan, atau dengan metode survei manual melalui pengamatan langsung oleh peneliti atau petugas lalu lintas. Data volume kendaraan ini kemudian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan informasi yang relevan dan berguna bagi perencanaan dan pengelolaan lalu lintas di suatu wilayah atau jalan tertentu. Hasil pengukuran volume kendaraan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Volume Kepadatan

Waktu	Jumlah kendaraan (Kend/jam) (Sabtu, 1 Juli 2023)					Jumlah kendaraan (Smp/jam)				
	LV	HV	MC	UM	Total	LV	HV	MC	UM	Total
06.00-07.00	988	19	1227	23	2257	988	24.7	490.8	18.4	1521.9
07.00-08.00	1238	15	1677	25	2955	1238	19.5	670.8	20	1948.3
11.00-12.00	1224	25	1910	13	3172	1224	32.5	764	10.4	2030.9
12.00-13.00	1176	17	1449	19	2661	1176	22.1	579.6	15.2	1792.9
16.00-17.00	983	19	1965	27	2994	983	24.7	786	21.6	1815.3
17.00-18.00	1283	23	1687	27	3020	1283	29.9	674.8	21.6	2009.3
Waktu	Jumlah kendaraan (Kend/jam) (Minggu, 2 Juli 2023)					Jumlah kendaraan (Smp/jam)				
	LV	HV	MC	UM	Total	LV	HV	MC	UM	Total
06.00-07.00	1186	30	1354	23	2593	1186	39	541.6	18.4	1785
07.00-08.00	975	7	1379	9	2370	975	9.1	551.6	7.2	1542.9
11.00-12.00	966	28	1718	26	2738	966	36.4	687.2	20.8	1710.4
12.00-13.00	953	18	1061	21	2053	953	23.4	424.4	16.8	1417.6
16.00-17.00	1219	26	1589	19	2853	1219	33.8	635.6	15.2	1903.6
17.00-18.00	994	35	1717	32	2778	994	45.5	686.8	25.6	1751.9
Waktu	Jumlah kendaraan (Kend/jam) (Senin, 3 Juli 2023)					Jumlah kendaraan (Smp/jam)				
	LV	HV	MC	UM	Total	LV	HV	MC	UM	Total
06.00-07.00	925	14	1165	21	2125	925	18.2	466	16.8	1426
07.00-08.00	1406	13	2416	46	3881	1406	16.9	966.4	36.8	2426.1
11.00-12.00	1286	16	2043	13	3358	1286	20.8	817.2	10.4	2134.4
12.00-13.00	1485	22	2081	29	3617	1485	28.6	832.4	23.2	2369.2
16.00-17.00	1499	14	2411	30	3954	1499	18.2	964.4	24	2505.6
17.00-18.00	1455	37	2336	30	3858	1455	48.1	934.4	24	2461.5

Dari data tersebut, terlihat bahwa nilai volume tertinggi mencapai 2505,6 satuan kendaraan per jam (smp/jam) pada jam 16.00 - 17.00 WIB. Pada periode waktu ini, terjadi lonjakan jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan yang ditinjau. Volume lalu lintas yang tinggi pada jam 16.00 - 17.00 WIB ini dapat mengindikasikan adanya jam sibuk atau jam padat lalu lintas. Kemungkinan besar, pada jam tersebut terjadi arus kendaraan yang lebih tinggi karena banyaknya kendaraan yang pulang kerja atau sedang melakukan perjalanan dalam jam sibuk.

Informasi tentang volume lalu lintas yang tinggi ini penting untuk mengidentifikasi jam-jam sibuk dan area-area rawan kemacetan di ruas Jalan Teuku Umar. Data volume yang diperoleh akan membantu dalam merencanakan pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan efisien untuk mengurangi kemacetan dan meningkatkan kelancaran aliran kendaraan. Dengan mengevaluasi hasil pengukuran volume lalu lintas ini, perencanaan transportasi dan pengelolaan lalu lintas di daerah tersebut dapat diarahkan untuk mengoptimalkan pelayanan jalan, mengatasi kemacetan, serta meningkatkan mobilitas dan keselamatan pengguna jalan.

Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan dengan Metode *Greenshields*

Dalam metode *Greenshields*, hubungan antara kecepatan (V) dan volume (Q) diwakili oleh kurva aliran lalu lintas, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi volume lalu lintas, maka kecepatan rata-rata kendaraan akan cenderung menurun. Ini berarti, pada saat volume kendaraan meningkat, kecepatan rata-rata akan berkurang. Selain itu, metode Greenshields juga menyatakan bahwa ada hubungan terbalik antara kecepatan (V) dan kepadatan (K) lalu lintas. Artinya, semakin tinggi kepadatan kendaraan, maka kecepatan rata-rata kendaraan akan cenderung menurun. Jadi, ketika kepadatan lalu lintas meningkat, kecepatan kendaraan akan berkurang. Hasil hubungan antara kecepatan, volume dankepadatan dengan metode Greenshields ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Volume Kepadatan

			Sabtu	1 Juli 2023			
No	Waktu	Volume (Q) (smp/jam)	Yi (Us)	Xi (D)	Yi2	Xi2	Xi * Yi
1	06.00-07.00	1521.9	41.74	145.9	1741.83	21275.88	6087.6
2	07.00-08.00	1948.3	49.62	157.1	2462.23	24666.29	7793.2
3	11.00-12.00	2030.9	45.69	177.8	2087.48	31613.64	8123.6
4	12.00-13.00	1792.9	38.52	186.2	1483.61	34666.59	7171.6
5	16.00-17.00	1815.3	41.10	176.7	1688.90	31218.63	7261.2
6	17.00-18.00	2009.3	46.80	171.7	2190.01	29495.98	8037.2
	Total	11118.6	263.456	1015.3414	11654.05541	172937.015	44474.4
			Minggu	2 Juli 2023			
No	Waktu	Volume (Q) (smp/jam)	Yi (Us)	Xi (D)	Yi2	Xi2	Xi * Yi
1	06.00-07.00	1785	49.22	145.1	2422.92	21040.60	7140
2	07.00-08.00	1542.9	37.88	162.9	1434.93	26543.82	6171.6
3	11.00-12.00	1710.4	40.37	169.5	1629.99	28716.44	6841.6
4	12.00-13.00	1417.6	45.18	125.5	2041.66	15748.67	5670.4
5	16.00-17.00	1903.6	49.72	153.1	2472.26	23451.84	7614.4
6	17.00-18.00	1751.9	39.80	176.1	1584.30	30995.68	7007.6
	Total	10111.4	262.187	932.125321	11586.06197	146497.048	40445.6
			Senin	3 Juli 2023			
No	Waktu	Volume (Q) (smp/jam)	Yi (Us)	Xi (D)	Yi2	Xi2	Xi * Yi
1	06.00-07.00	1426	44.10	129.3	1944.65	16730.85	5704
2	07.00-08.00	2426.1	43.56	222.8	1897.65	49627.39	9704.4
3	11.00-12.00	2134.4	50.51	169.0	2550.78	28575.77	8537.6
4	12.00-13.00	2369.2	47.68	198.7	2273.70	39499.43	9476.8
5	16.00-17.00	2505.6	49.41	202.9	2441.04	41149.81	10022.4
6	17.00-18.00	2461.5	34.75	283.3	1207.86	80260.86	9846
	Total	13322.8	270.01	1206.06582	12315.6802	255844.113	53291.2

Metode Greenshields memungkinkan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas di suatu ruas jalan berdasarkan data volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas yang diukur atau dihitung. Informasi ini dapat digunakan untuk merencanakan pengaturan lalu lintas yang lebih efektif,

mengidentifikasi potensi kemacetan, serta mengoptimalkan kapasitas dan kelancaran aliran kendaraan. Dengan menggunakan metode Greenshields, analisis volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas dapat dilakukan secara lebih sistematis dan menyeluruh, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik aliran lalu lintas di suatu ruas jalan dan membantu dalam pengambilan keputusan perencanaan dan manajemen lalu lintas.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Volume Max, Kecepatan Max dan Kepadatan dengan Metode *Greenshield*

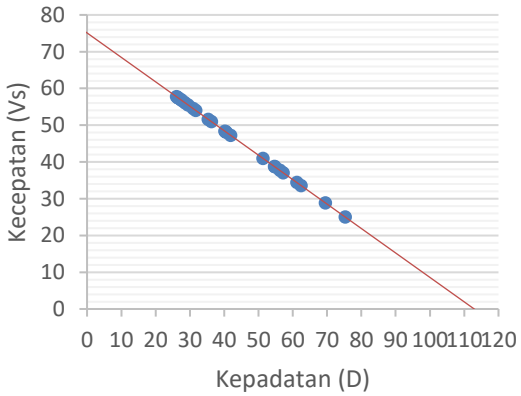
Hari	Qm (spm/jam)	Vm (km/jam)	a (Vf) (km/jam)	Dj (smp/km)	Dm (smp/km)	r2
Sabtu	2119.74	37.55	75.09	112.91	56.46	0.741
Minggu	1831.01	37.46	74.91	97.77	48.88	0.494
Senin	2540.01	36.21	72.42	140.30	70.15	0.659

Hubungan Kepadatan dan Kecepatan

Hubungan antara kepadatan dan kecepatan lalu lintas merupakan salah satu aspek kunci dalam analisis dan pengelolaan lalu lintas di suatu ruas jalan. Pemahaman tentang hubungan antara kepadatan dan kecepatan lalu lintas sangat penting dalam perencanaan dan manajemen lalu lintas. Data tentang kepadatan dan kecepatan lalu lintas di suatu ruas jalan dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi masalah kemacetan, mengevaluasi kinerja lalu lintas, dan merencanakan pengaturan lalu lintas yang lebih efektif. Dengan memahami hubungan ini, upaya dapat dilakukan untuk meningkatkan kelancaran aliran kendaraan dan memberikan pengalaman berkendara yang lebih baik bagi pengguna jalan.

Pada tanggal 1 Juli 2023, 2 Juli 2023, dan 3 Juli 2023, dilakukan pengukuran kepadatan (D) dan kecepatan (Vs) lalu lintas di suatu ruas jalan. Data tersebut diwakili dalam bentuk grafik hubungan antara kepadatan dan kecepatan lalu lintas pada setiap tanggal. Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan, Sabtu, 1 Juli 2023: Persamaan: Vs = 75,09 - 0,665 * D.

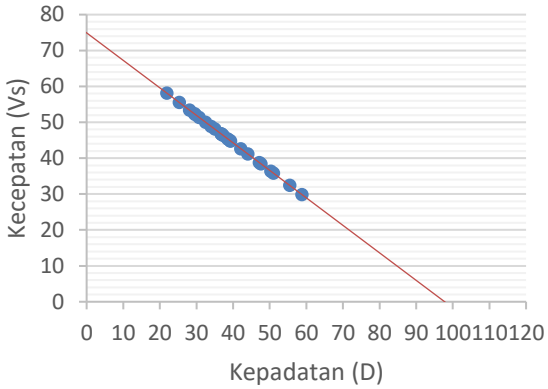
Grafik 1. Hasil Uji Hubungan Kepadatan dan Kecepatan per 1 Juli 2023



Grafik hubungan ini menunjukkan bagaimana kecepatan rata-rata kendaraan berubah seiring dengan perubahan kepadatan lalu lintas. Kepadatan yang diukur dalam smp/km akan menjadi sumbu x pada grafik, sedangkan kecepatan yang diukur dalam km/jam akan menjadi sumbu y. Grafik tersebut kemungkinan menunjukkan bahwa semakin tinggi kepadatan lalu lintas (D), kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) cenderung menurun. Hal ini menggambarkan hubungan terbalik antara kepadatan dan kecepatan yang umum terjadi pada ruas jalan dengan lalu lintas yang padat. Grafik ini juga menunjukkan hubungan antara kepadatan (D) lalu lintas dalam satuan kendaraan per kilometer (smp/km) dan kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) dalam kilometer per jam (km/jam) pada tanggal 1 Juli 2023. Dalam grafik ini, terlihat bahwa semakin tinggi kepadatan lalu lintas, kecepatan rata-rata kendaraan cenderung menurun. Hal ini menggambarkan hubungan

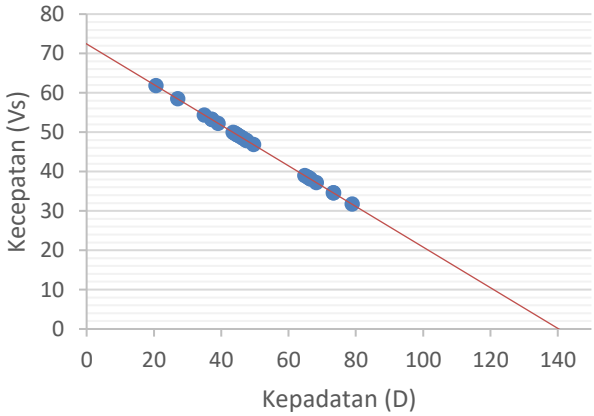
terbalik antara kepadatan dan kecepatan yang umum terjadi pada ruas jalan dengan lalu lintas yang padat.

Grafik 2. Hasil Uji Hubungan Kepadatan dan Kecepatan 2 Juli 2023



Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan, Minggu, 2 Juli 2023: Persamaan: Vs = 74,91 - 0,766 * D. Grafik ini menunjukkan hubungan antara kepadatan (D) lalu lintas dan kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) pada tanggal 2 Juli 2023. Seperti grafik sebelumnya, terlihat bahwa semakin tinggi kepadatan lalu lintas, kecepatan rata-rata kendaraan cenderung menurun.

Grafik 3. Hasil Uji Hubungan Kepadatan dan Kecepatan 3 Juli 2023



Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan, Senin, 3 Juli 2023: Persamaan: Vs = 72,42 - 0,516 * D. Grafik ini menunjukkan hubungan antara kepadatan (D) lalu lintas dan kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) pada tanggal 3 Juli 2023. Sama seperti grafik sebelumnya, terlihat bahwa semakin tinggi kepadatan lalu lintas, kecepatan rata-rata kendaraan cenderung menurun. Melalui grafik-gafik ini, dapat dipahami bagaimana hubungan antara kepadatan dan kecepatan berubah pada tanggal-tanggal tertentu, sehingga dapat membantu dalam merencanakan pengaturan lalu lintas yang efektif dan mengatasi kemacetan pada jam-jam padat di setiap tanggal tersebut. Informasi ini penting untuk meningkatkan kelancaran aliran kendaraan dan mengoptimalkan kinerja lalu lintas di ruas jalan yang ditinjau pada setiap tanggal tertentu.

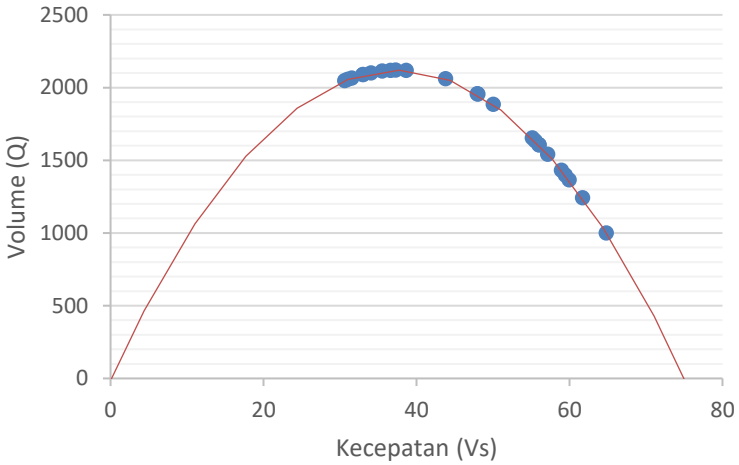
Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan antara volume lalu lintas dan kecepatan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis dan pengelolaan lalu lintas di suatu ruas jalan. Hubungan ini erat kaitannya dengan kapasitas jalan dan kinerja lalu lintas secara keseluruhan. Secara umum, terdapat hubungan terbalik antara volume lalu lintas dan kecepatan rata-rata kendaraan. Artinya, ketika volume kendaraan meningkat, kecepatan rata-rata kendaraan cenderung menurun. Hal ini terjadi karena semakin banyak kendaraan yang ada di jalan, maka ruang yang tersedia untuk setiap kendaraan menjadi lebih terbatas. Akibatnya, kendaraan harus bergerak lebih lambat untuk menjaga jarak yang aman dengan kendaraan lain di sekitarnya, menghindari tabrakan, dan mengurangi risiko

kemacetan. Pemahaman tentang hubungan antara volume dan kecepatan lalu lintas penting dalam perencanaan dan pengelolaan lalu lintas. Data tentang volume dan kecepatan lalu lintas dapat digunakan untuk mengidentifikasi jam-jam padat, mengelola lalu lintas dengan lebih efektif, dan merencanakan pengaturan lalu lintas yang tepat untuk meningkatkan kelancaran dan keamanan aliran kendaraan.

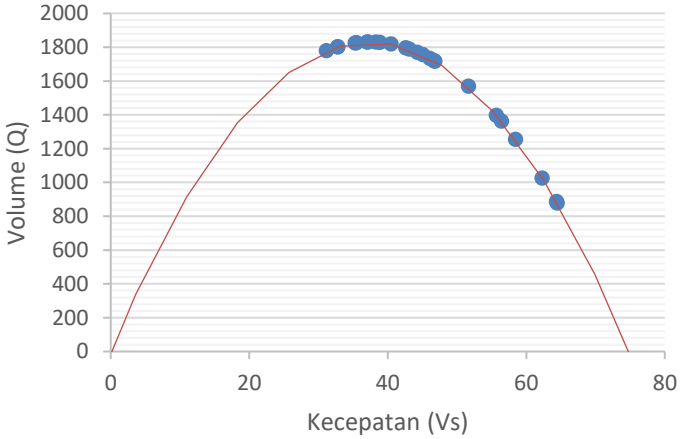
Pada tanggal 1 Juli 2023, 2 Juli 2023, dan 3 Juli 2023, dilakukan pengukuran volume (Q) dan kecepatan (Vs) lalu lintas di suatu ruas jalan. Data tersebut diwakili dalam bentuk grafik hubungan antara volume dan kecepatan lalu lintas pada setiap tanggal.

Grafik 4. Hasil Uji Hubungan Volume dan Kecepatan, Sabtu, 1 Juli 2023



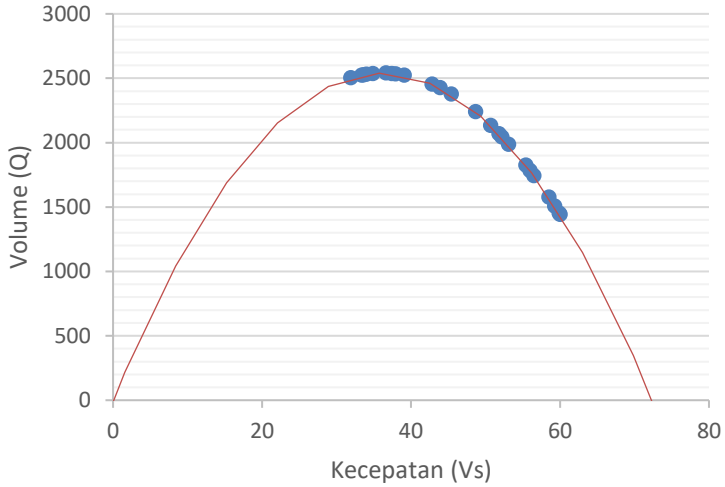
Grafik Hubungan Volume dan Kecepatan, Sabtu, 1 Juli 2023: Persamaan: Q = 112.91 * Vs - 1.504 * Vs^2. Grafik ini menunjukkan hubungan antara volume lalu lintas (Q) dalam satuan kendaraan per jam (smp/jam) dan kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) dalam kilometer per jam (km/jam) pada tanggal 1 Juli 2023. Dalam grafik ini, terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan rata-rata kendaraan. Namun, grafik ini juga menunjukkan bahwa ada batasan tertentu dalam peningkatan volume kendaraan ketika kecepatan semakin tinggi.

Grafik 5. Hasil Uji Hubungan Volume dan Kecepatan, Minggu 2 Juli 2023



Grafik Hubungan Volume dan Kecepatan, Minggu, 2 Juli 2023: Persamaan: Q = 97.768 * V. Grafik ini menunjukkan hubungan antara volume lalu lintas (Q) dan kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) pada tanggal 2 Juli 2023. Dalam grafik ini, terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat secara proporsional dengan kecepatan rata-rata kendaraan. Hubungan linear ini menunjukkan bahwa volume kendaraan bertambah secara langsung seiring dengan peningkatan kecepatan kendaraan.

Grafik 6. Hasil Uji Hubungan Volume dan Kecepatan, Senin, 3 Juli 2023



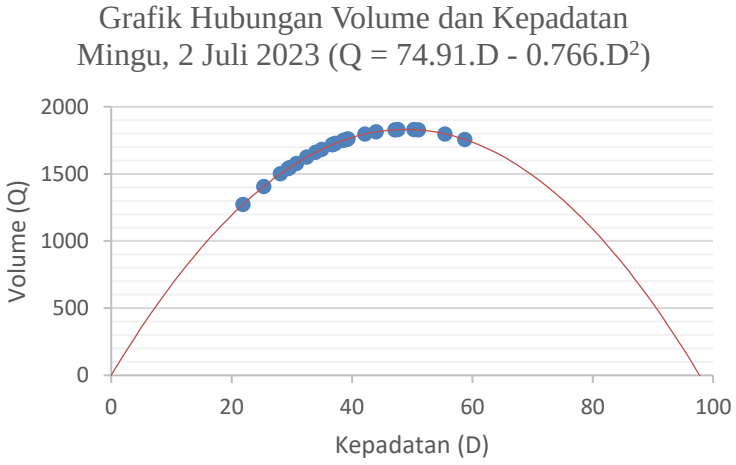
Grafik Hubungan Volume dan Kecepatan, Senin, 3 Juli 2023: Persamaan: Q = 140.3 * Vs - 1.94 * Vs^2. Grafik ini menunjukkan hubungan antara volume lalu lintas (Q) dan kecepatan rata-rata kendaraan (Vs) pada tanggal 3 Juli 2023. Dalam grafik ini, terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan rata-rata kendaraan. Namun, seperti grafik pada tanggal 1 Juli 2023, grafik ini juga menunjukkan bahwa ada batasan tertentu dalam peningkatan volume kendaraan ketika kecepatan semakin tinggi.

Melalui grafik-grafik ini, dapat dipahami bagaimana hubungan antara volume dan kecepatan berubah pada setiap tanggal tertentu, sehingga dapat membantu dalam merencanakan pengaturan lalu lintas yang efektif dan mengatasi kemacetan pada jam-jam padat di setiap tanggal tersebut. Informasi ini penting untuk meningkatkan kelancaran aliran kendaraan dan mengoptimalkan kinerja lalu lintas di ruas jalan yang ditinjau pada setiap tanggal tertentu.

Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan antara volume lalu lintas dan kepadatan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis dan pemahaman tentang kinerja lalu lintas di suatu ruas jalan. Hubungan ini mempengaruhi tingkat pelayanan jalan, tingkat kemacetan, dan efisiensi pergerakan kendaraan di jalan tersebut. Ketika volume kendaraan meningkat, kepadatan lalu lintas juga cenderung meningkat. Hal ini terjadi karena semakin banyak kendaraan yang ada di jalan dalam satu waktu tertentu, ruang yang tersedia untuk setiap kendaraan menjadi lebih terbatas, dan akhirnya kepadatan kendaraan meningkat.

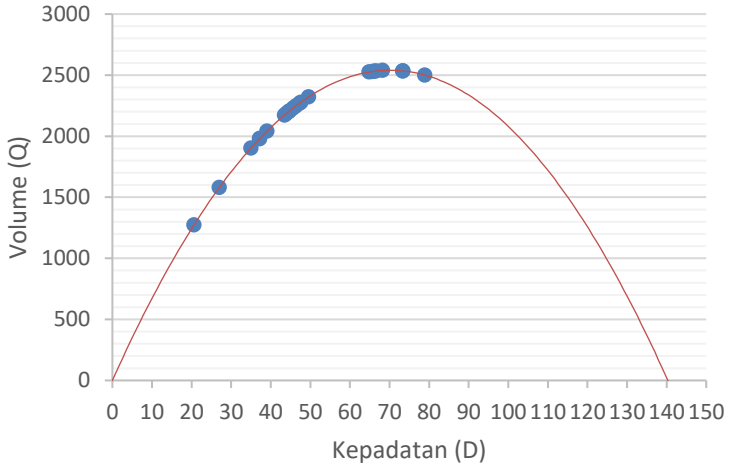
Grafik 7. Hasil Uji Hubungan Volume dan Kepadatan, Sabtu, 1 Juli 2023



Pada tanggal 1 Juli 2023, 2 Juli 2023, dan 3 Juli 2023, dilakukan pengukuran volume lalu lintas (Q) dan kepadatan kendaraan (D) di suatu ruas jalan. Data tersebut diwakili dalam bentuk grafik hubungan antara volume dan kepadatan lalu lintas pada setiap tanggal. Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan, Sabtu, 1 Juli 2023: Persamaan: Q = 75.09 * D - 0.665 * D^2. Grafik ini menunjukkan hubungan antara volume lalu lintas (Q) dalam satuan kendaraan per jam (smp/jam) dan kepadatan kendaraan (D) dalam satuan kendaraan per kilometer (smp/km) pada tanggal 1 Juli 2023. Dalam grafik ini, terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat secara linier dengan peningkatan kepadatan kendaraan. Namun, ketika kepadatan mencapai suatu titik tertentu, volume lalu lintas cenderung mulai menurun karena adanya batasan kapasitas jalan.

Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan, Minggu, 2 Juli 2023: Persamaan: Q = 74.91 * D - 0.766 * D^2.

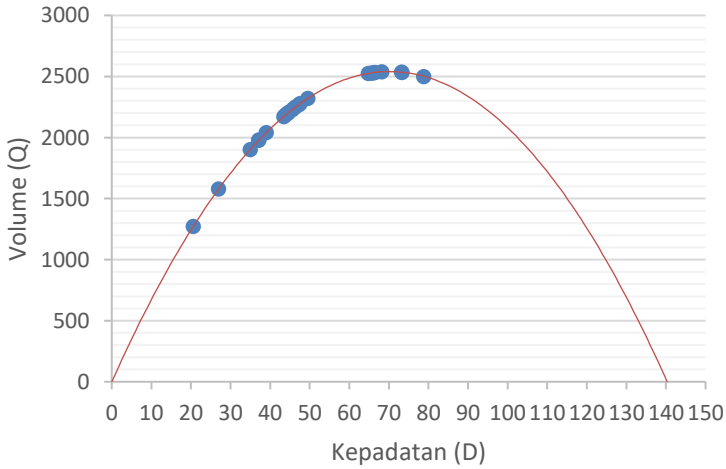
Grafik 8. Hasil Uji Hubungan Volume dan Kepadatan, Minggu, 2 Juli 2023



Grafik ini menunjukkan hubungan antara volume lalu lintas (Q) dan kepadatan kendaraan (D) pada tanggal 2 Juli 2023. Seperti grafik pada tanggal 1 Juli 2023, terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat secara linier dengan peningkatan kepadatan kendaraan. Namun, seperti sebelumnya, ada batasan tertentu dalam peningkatan volume lalu lintas ketika kepadatan semakin tinggi.

Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan, Senin, 3 Juli 2023: Persamaan: Q = 72.42 * D - 0.516 * D^2

Grafik 9. Hasil Uji Hubungan Volume dan Kepadatan, Senin, 3 Juli 2023



Grafik ini menunjukkan hubungan antara volume lalu lintas (Q) dan kepadatan kendaraan (D) pada tanggal 3 Juli 2023. Sama seperti grafik sebelumnya, terlihat bahwa volume lalu lintas meningkat secara linier dengan peningkatan kepadatan kendaraan. Namun, seperti sebelumnya, ada batasan tertentu dalam peningkatan volume lalu lintas ketika kepadatan semakin tinggi.

Melalui grafik-grafik ini, dapat dipahami bagaimana hubungan antara volume dan kepadatan berubah pada setiap tanggal tertentu, sehingga dapat membantu dalam merencanakan pengaturan lalu lintas yang efektif dan mengatasi kemacetan pada jam-jam padat di setiap tanggal tersebut. Informasi ini penting untuk meningkatkan kelancaran aliran kendaraan dan mengoptimalkan kinerja lalu lintas di ruas jalan yang ditinjau pada setiap tanggal tertentu. Hubungan antara volume dan kepadatan sangat relevan dalam menilai tingkat kemacetan di suatu ruas jalan. Ketika volume lalu lintas mencapai atau melebihi kapasitas maksimum jalan, kepadatan kendaraan akan meningkat dan berpotensi menyebabkan kemacetan. Oleh karena itu, pemantauan dan pemahaman tentang hubungan ini membantu dalam mengidentifikasi potensi masalah kemacetan pada ruas jalan yang ditinjau. Pemahaman tentang hubungan antara volume dan kepadatan lalu lintas penting dalam perencanaan dan pengelolaan lalu lintas. Data tentang volume dan kepadatan lalu lintas dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas, mengidentifikasi potensi kemacetan, dan merencanakan pengaturan lalu lintas yang lebih efektif.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [5] bahwa Kecepatan dan volume akan mempengaruhi kepadatan lalu lintas, bahwa hubungan antara volume dan kecepatan merupakan fungsi logaritmik [20], hubungan antara volume dan kepadatan juga merupakan fungsi logaritmik [20].

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang dilakukan penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

a. Hasil analisis Greenshield hari Sabtu, 1 Juli 2023, menunjukkan beberapa data penting yang menggambarkan karakteristik lalu lintas pada hari tersebut. Kecepatan rata-rata arus bebas (Vf) mencapai 75.09 kilometer per jam (km/jam), mengindikasikan kecepatan kendaraan pada kondisi lalu lintas yang lancar dan tanpa hambatan. Kepadatan pada saat macet total (Dj) tercatat sebesar 112.91 kendaraan per kilometer (smp/jam), menggambarkan tingkat kepadatan maksimum ketika lalu lintas berhenti total atau sangat lambat. Pada arus maksimum, kepadatan (Dm) mencapai 56.46 kendaraan per kilometer (smp/jam), sedangkan kecepatan pada arus maksimum (Vm) adalah 37.55 km/jam. Data ini menggambarkan kondisi lalu lintas ketika jalan beroperasi pada kapasitas maksimumnya. Selain itu, volume maksimum atau kapasitas jalan (Q) tercatat sebesar 2119.74 kendaraan per jam (smp/jam), mengindikasikan jumlah maksimum kendaraan yang dapat dilayani oleh jalan pada kondisi puncaknya. Kesimpulan dari analisis ini memberikan informasi penting dalam merencanakan strategi pengaturan lalu lintas yang efisien, mengatasi potensi kemacetan, serta meningkatkan kelancaran dan keamanan aliran kendaraan di masa mendatang.
b. Hasil analisis Greenshield hari Minggu, 2 Juli 2023, menunjukkan beberapa parameter penting yang menggambarkan karakteristik lalu lintas pada hari tersebut. Kecepatan rata-rata arus bebas (Vf) tercatat sebesar 74.91 kilometer per jam (km/jam), mengindikasikan kecepatan kendaraan pada kondisi lalu lintas yang lancar dan bebas hambatan. Kepadatan pada saat macet total (Dj) mencapai 97.77 kendaraan per kilometer (smp/jam), mencerminkan tingkat kepadatan maksimum ketika lalu lintas mengalami kemacetan total atau sangat lambat. Pada arus maksimum, kepadatan (Dm) tercatat sebesar 48.88 kendaraan per kilometer (smp/jam), sementara kecepatan pada arus maksimum (Vm) adalah 37.46 km/jam. Data ini menunjukkan kondisi lalu lintas ketika jalan beroperasi pada kapasitas maksimumnya. Selain itu, volume maksimum atau kapasitas jalan (Q) tercatat sebesar 1831.01 kendaraan per jam (smp/jam), mengindikasikan jumlah maksimum kendaraan yang dapat dilayani oleh jalan pada kondisi puncaknya. Hasil analisis ini memberikan informasi penting untuk mengembangkan strategi pengaturan lalu lintas yang lebih efektif, mengantisipasi potensi kemacetan, serta meningkatkan kelancaran dan keselamatan aliran kendaraan di masa depan.
c. Hasil analisis Greenshield hari Senin, 3 Juli 2023, menunjukkan beberapa parameter penting yang menggambarkan karakteristik lalu lintas pada hari tersebut. Kecepatan rata-rata arus bebas (Vf) tercatat sebesar 72.42 kilometer per jam (km/jam), mencerminkan kecepatan kendaraan pada kondisi lalu lintas yang lancar dan tidak terkendala. Kepadatan pada saat macet total (Dj) mencapai 140.30 kendaraan per kilometer (smp/jam), menunjukkan tingkat kepadatan maksimum ketika lalu lintas mengalami kemacetan total atau sangat padat. Pada arus

maksimum, kepadatan (Dm) tercatat sebesar 70.15 kendaraan per kilometer (smp/jam), sementara kecepatan pada arus maksimum (Vm) adalah 36.21 km/jam. Data ini menggambarkan kondisi lalu lintas ketika jalan beroperasi pada kapasitas maksimumnya. Selain itu, volume maksimum atau kapasitas jalan (Q) tercatat sebesar 2540.01 kendaraan per jam (smp/jam), mengindikasikan jumlah maksimum kendaraan yang dapat dilayani oleh jalan pada kondisi puncaknya. Hasil analisis ini sangat berarti dalam merencanakan pengaturan lalu lintas yang lebih efisien, mengantisipasi potensi kemacetan, serta meningkatkan kelancaran dan keselamatan aliran kendaraan di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas dengan Metode *Greenshields*". Sesuai dengan yang direncanakan selanjutnya penulis menyampaikan terima kasih kepada**:**

a. Bapak Rektor Universitas Muhadi Setiabudi, Dr. Roby Setiadi, S.Kom., M M.
b. Bapak Dr. Abdul Khamid, S.T. M,T., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhadi Setiabudi.
c. Bapak Wahidin, M.T., selaku Kaprodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi.
d. Bapak Muhamad Yunus, M.T., selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak Heri Pramono, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberi masukan dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
e. Seluruh staf pengajar dan pegawai Administrasi Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.
f. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moril, materil dan dorongan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
g. Teman-teman Teknik Sipil dan teman seperjuangan angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan dalan penyusunan skripsi ini.

REREFENCES

[1] W. B. Setiawan, N. K. S. A. Sukawati, and C. P. Wirasutama, "Analisis Volume Lalu Lintas dan Kapasitas Ruas Jalan Akibat Aktivitas Pasar Tradisional Tegal Darmasaba," *J. Ilm. Tek. Unmas*, vol. 2, no. 2, pp. 15–24, 2022.
[2] A. Khamid and A. Sodikin, "Identifikasi Kerusakan Jalan pada Jalan Larangan Pamulian Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
[3] A. Khamid and H. Wildan, "Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) untuk Peningkatan Ruas Jalan Brebes–Jatibarang Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
[4] M. Yunus and I. Mirajhusnita, "Analisis Kinerja Ruas Jalan Dilihat dari Tingkat Pelayanan Jalan (Lavel of Service) di Kota Tegal (Studi Kasus Jl. Abimanyu, Jl. Semeru dan Jl. Menteri Supeno)," *Eng. J. Bid. Tek.*, vol. 11, no. 1, pp. 34–42, 2020.
[5] W. Widodo, N. Wicaksono, and Harwin, "Analisis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas dengan Metode Greenshields dan Greenberg," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 15, no. 2, pp. 178–184, 2012.
[6] C. A. P. Putra, I. G. R. Purbanto, and I. G. P. S. Suparsa, "Analisis Kinerja Ruas Jalan Raya Sukawati Akibat Bangkitan Pergerakan dari Pasar Seni Sukawati," *J. Ilm. Elektron. Infrastruktur Tek. Sipil*, pp. 2–7, 2012.
[7] B. Saputra and D. Savitri, "Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood," *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 5, no. 1, pp. 43–60, 2021, doi: 10.12962/j26151847.v5i1.8742.
[8] A. Hamid and A. Sodikin, "Identifikasi Kerusakan Jalan pada Jalan Larangan Pamulian Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 21–28, 2020.
[9] A. S. Adi, "Analisis Kepadatan Arus Kendaraan di Kaki Simpangan Jalan Ir. H. Juanda Kota Samarinda," *Kurva S J. Keilmuan dan Apl. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, p. 13, 2020, doi: 10.31293/teknikd.v8i1.6854.
[10] A. Khamid, "Pengaruh Genangan Air Hujan terhadap Kinerja Campuran Aspal Concere - Wearing Course (AC - WC)," *Syntax Lit. J. Ilm. Indones.*, vol. 4, no. 7, pp. 5–24, 2019.

[11] L. A. Widari, S. J. Akbar, and R. Fajar, "Analisis Tingkat Pelayanan Jalan (Studi Kasus Jalan Medan–Banda Aceh km 254+800 s.d km 256+700)," *Teras J.*, vol. 5, no. 2, pp. 89–98, 2021, doi: 10.29103/tj.v5i2.11.
[12] I. Yolanda, "Analisis Kepadatan Lalu Lintas di Perlimaan Jalan (Studi Kasus di Jalan Soekarno Hatta-Tlogosari- Supriyadi-Medoho)," *urnal Mhs. Mat. Undip*, vol. 3, no. 4, 2014.
[13] H. E. Prasetyo and Trijeti, "Analisis Tingkat Pelayanan Jalan (Studi Kasus Jalan Ciledug Raya, Depan Universitas Budhi Luhur Jakarta Selatan)," *J. Tek. Sipil*, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek
[14] F. Basri and M. Harum, "Analisis Volume Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Arteri (Batas. Kabupaten. Majene-Polewali Mandar)," *Bandar J. Civ. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–41, 2020, doi: 10.31605/bjce.v2i1.638.
[15] A. R. Wibowo, "Analisis Kepadatan Lalu Lintas dan Analisis Rute Terpendek Menggunakan Metode Dijkstra," *http://etd.repository.ugm.ac.id/*, 2018, [Online]. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=162033&obyek_id=4
[16] J. Vironika, "Analisis Tingkat Kepadatan Lalu Lintas," *J. Pendidik. Geogr. Undiksha*, vol. 1, no. 3, pp. 1–11, 2013.
[17] E. S. Jaya and N. Najid, "Analisis Kapasitas dan Kinerja Lalu Lintas di Jalan H.R. Rasuna Said Jakarta," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 383, 2021, doi: 10.24912/jmts.v0i0.10551.
[18] W. Widodo, N. Wicaksono, and H. Harwin, "Analisis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas dengan Metode Greenshields dan Greenberg," *Semesta Tek.*, vol. 15, no. 2, pp. 178–184, 2016, doi: 10.18196/st.v15i2.1361.
[19] R. Anisari, "Analisa Kapasitas Jalan dan Derajat Kejenuhan Berdasarkan Survey Lalu Lintas Harian Rata-Rata di Kabupaten Paser Kalimantan Timur," *J. Gradasi Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, p. 62, 2017, doi: 10.31961/gradasi.v1i2.435.
[20] M. Abdullah, "Analisa Volume Lalu Lintas terhadap Kapasitas Jalan Kh. Hasyim Ashari Kota Samarinda," *Jur. Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. 17 Agustus 1945 Samarinda*, vol. L, pp. 1–15, 2019.