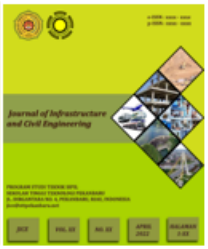
JICE - Journal of Infrastructure and Civil Engineering
Vol. 6, No. 3, (Nov, 2026),
Hal. 297-303

Diterima redaksi : 09 01 2026
Revisi akhir : 08 03 2026
Diterbitkan online : 09 11 2026

JICE
JOURNAL OF INFRASTRUCTURE AND CIVIL ENGINEERING
Web: http://jice.sttp-yds.ac.id/index.php/jice/index
ISSN: 2809-5030 (online) 2809-5227 (print)



Analisis Hubungan Kecepatan, Volume, dan Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Data Survei Lapangan (Studi Kasus: Merdeka Timur, Kota Lhokseumawe)

M. Rafiq Riskullah[1*], Muhammad Haikal Khairawan[2], Maisya Ramadhani[3], Rauzatul Ulvia[4], Rayyan Mouqtada[5]

[1,2,3,4,5]*Politeknik Negeri Lhokseumawe*

[*]*mhmdrfk080604@gmail.com*

Abstrak

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan utama pada sistem transportasi perkotaan yang berdampak pada efisiensi perjalanan dan tingkat pelayanan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas berdasarkan data survei lapangan. Survei dilakukan di Jalan Merdeka Timur, Kota Lhokseumawe, pada tanggal 10 November 2025 pada pukul 16.00–18.00 WIB. Data dikumpulkan melalui observasi langsung selama satu hari dengan interval pengamatan 15 menit dan difokuskan pada kendaraan ringan. Metode analisis yang digunakan meliputi analisis deskriptif dan analisis hubungan fundamental lalu lintas dengan pendekatan hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan lalu lintas menyebabkan penurunan kecepatan kendaraan, sedangkan volume lalu lintas dipengaruhi oleh perubahan kecepatan dan kepadatan. Hubungan ketiga parameter tersebut sesuai dengan teori dasar lalu lintas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam evaluasi kinerja ruas jalan dan perencanaan manajemen lalu lintas perkotaan.

Kata Kunci: *lalu lintas, kecepatan, volume, kepadatan, jalan kota*

1. Pendahuluan

Perkembangan wilayah perkotaan di Indonesia berimplikasi langsung terhadap meningkatnya kebutuhan mobilitas masyarakat. Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi menyebabkan bertambahnya volume lalu lintas pada jaringan jalan perkotaan, yang sering kali tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas infrastruktur jalan. Kondisi tersebut menimbulkan berbagai permasalahan lalu lintas, seperti penurunan kecepatan kendaraan, peningkatan kepadatan, dan kemacetan, terutama pada jam sibuk [1], [2].

Karakteristik arus lalu lintas secara umum dapat dijelaskan melalui hubungan antara tiga parameter utama, yaitu kecepatan, volume, dan kepadatan. Hubungan ketiga parameter ini dikenal sebagai hubungan fundamental lalu lintas dan menjadi dasar dalam analisis kinerja ruas jalan [3],[4]. Pemahaman yang baik terhadap hubungan tersebut sangat penting dalam perencanaan, pengelolaan, dan evaluasi sistem transportasi perkotaan.

https://doi.org/10.35583/jice.v6i3.151

Berbagai model matematis telah dikembangkan untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Model Greenshields merupakan model klasik yang mengasumsikan hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan, di mana kecepatan akan menurun secara proporsional terhadap peningkatan kepadatan [5]. Meskipun sederhana, model ini masih banyak digunakan karena kemudahannya dalam penerapan dan interpretasi hasil [6].

Selain model Greenshields, model Greenberg dikembangkan dengan pendekatan logaritmik yang lebih sesuai untuk kondisi lalu lintas dengan kepadatan tinggi, khususnya pada ruas jalan perkotaan [7]. Model ini mengasumsikan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan mengikuti fungsi logaritma natural. Sementara itu, model Underwood menggambarkan hubungan eksponensial antara kecepatan dan kepadatan, yang dinilai lebih realistis dalam merepresentasikan penurunan kecepatan pada tingkat kepadatan menengah hingga tinggi [8],[9].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa tidak ada satu model yang selalu paling tepat untuk semua kondisi lalu lintas. Kesesuaian model sangat dipengaruhi oleh karakteristik ruas jalan, jenis lingkungan jalan, serta perilaku pengemudi [10],[11]. Oleh karena itu, diperlukan analisis empiris berbasis data lapangan untuk menentukan model yang paling sesuai dengan kondisi lalu lintas pada suatu lokasi tertentu.

Jalan Merdeka Timur di Kota Lhokseumawe merupakan salah satu ruas jalan perkotaan yang memiliki aktivitas lalu lintas cukup tinggi, terutama pada periode sore hari. Kondisi ini menjadikan ruas jalan tersebut menarik untuk dianalisis dalam rangka memahami karakteristik arus lalu lintas yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas pada ruas Jalan Merdeka Timur menggunakan model Greenshields, Greenberg, dan Underwood, serta membandingkan tingkat kesesuaian masing-masing model terhadap kondisi lalu lintas aktual di lokasi penelitian.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian karakteristik lalu lintas perkotaan serta menjadi bahan pertimbangan dalam upaya evaluasi kinerja ruas jalan dan perencanaan manajemen lalu lintas di wilayah perkotaan.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei lalu lintas untuk menganalisis hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas. Penelitian dilaksanakan pada ruas Jalan Merdeka Timur, Kota Lhokseumawe, yang merupakan jalan kota dengan aktivitas lalu lintas cukup tinggi, khususnya pada periode sore hari. Survei lalu lintas dilakukan pada 10 November 2025 pada rentang waktu pukul 16.00–18.00 WIB, yang mewakili kondisi lalu lintas pada jam sibuk sore.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh melalui observasi langsung di lapangan selama satu hari pengamatan. Pengambilan data dilakukan dengan interval waktu 15 menit dan difokuskan pada kendaraan ringan. Data hasil survei meliputi kecepatan kendaraan (v), volume lalu lintas (q), dan kepadatan lalu lintas (k), yang seluruhnya diperoleh langsung dari hasil pengamatan dan telah direkapitulasi dalam bentuk tabel.

Metode analisis data dilakukan dengan menganalisis hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas berdasarkan model hubungan fundamental lalu lintas, yaitu model Greenshields, Greenberg, dan Underwood. Ketiga model tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik arus lalu lintas serta untuk mengetahui pola hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan yang diteliti.

Model Greenshields digunakan dengan mengasumsikan hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Asumsi ini menyatakan bahwa peningkatan kepadatan lalu lintas akan diikuti oleh penurunan kecepatan kendaraan secara proporsional. Secara matematis, hubungan antara kecepatan dan kepadatan pada model Greenshields dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

.

$$v = vf\left(1 - \frac{k}{kj}\right) \quad (1)$$

atau dalam bentuk linier:

$$v = a - bk \quad (2)$$

Model Greenberg digunakan dengan pendekatan logaritmik yang menyatakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas mengikuti fungsi logaritma natural. Model ini mengasumsikan bahwa perubahan kecepatan menjadi lebih signifikan pada tingkat kepadatan yang tinggi. Secara matematis, hubungan antara kecepatan dan kepadatan pada model Greenberg dirumuskan sebagai berikut:

$$v = c\ln\left(\frac{kj}{k}\right) \quad (3)$$

Model Underwood digunakan untuk menggambarkan hubungan eksponensial antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Model ini mengasumsikan bahwa kecepatan kendaraan akan menurun secara nonlinier seiring dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas. Secara matematis, hubungan antara kecepatan dan kepadatan pada model Underwood dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$v = vf \times e^{\left(-\frac{k}{k_0}\right)} \quad (4)$$

Pada ketiga model yang digunakan dalam penelitian ini, variabel v menyatakan kecepatan kendaraan yang dinyatakan dalam satuan kilometer per jam (km/jam), sedangkan variabel k merepresentasikan kepadatan lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan kendaraan per kilometer (kend/km). Parameter vf menunjukkan kecepatan arus bebas, kj merupakan kepadatan jenuh, serta parameter lainnya seperti c, a, b, dan k_0 adalah konstanta model yang mencerminkan karakteristik lalu lintas pada lokasi penelitian. Nilai-nilai parameter tersebut diperoleh melalui proses kalibrasi berdasarkan hasil analisis data survei lalu lintas yang dikumpulkan secara langsung di lapangan, sehingga diharapkan mampu menggambarkan kondisi lalu lintas yang sesungguhnya.

Hasil pemodelan yang diperoleh dari ketiga pendekatan tersebut kemudian dianalisis dan dibandingkan secara kuantitatif untuk menilai tingkat kesesuaian masing-masing model terhadap kondisi lalu lintas aktual di lokasi penelitian. Perbandingan ini dilakukan dengan memperhatikan ukuran kinerja statistik tertentu guna mengetahui model mana yang paling representatif. Model yang menunjukkan tingkat kecocokan terbaik selanjutnya dipilih dan digunakan sebagai dasar dalam menjelaskan serta menginterpretasikan karakteristik lalu lintas, termasuk hubungan antara kecepatan dan kepadatan, pada ruas Jalan Merdeka Timur, Kota Lhokseumawe. Model terpilih ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai perilaku lalu lintas setempat serta menjadi referensi dalam perencanaan dan pengelolaan transportasi di kawasan tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Survei Lalu Lintas

Berdasarkan hasil survei lalu lintas yang dilaksanakan di Jalan Merdeka Timur, Kota Lhokseumawe, diperoleh data primer berupa kecepatan kendaraan, volume lalu lintas, serta kepadatan lalu lintas. Pengumpulan data dilakukan dengan interval waktu pengamatan setiap 15 menit selama periode pengamatan sore hari, yaitu pada pukul 16.00 hingga 18.00 WIB, yang merupakan salah satu rentang waktu dengan aktivitas lalu lintas yang cukup tinggi. Pemilihan

interval dan periode waktu tersebut bertujuan untuk menangkap dinamika perubahan kondisi lalu lintas secara lebih rinci dan representatif.

Data hasil survei menunjukkan adanya variasi kondisi lalu lintas yang cukup signifikan pada setiap interval waktu pengamatan. Variasi tersebut tercermin dari perubahan nilai kecepatan kendaraan, fluktuasi volume lalu lintas, serta tingkat kepadatan yang berbeda-beda seiring dengan meningkat dan menurunnya aktivitas pergerakan kendaraan. Kondisi ini mengindikasikan adanya pengaruh waktu terhadap karakteristik arus lalu lintas di ruas Jalan Merdeka Timur, sehingga data yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis lebih lanjut, khususnya dalam pemodelan hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas pada lokasi penelitian.

Tabel 1. Data hasil survey lalu lintas

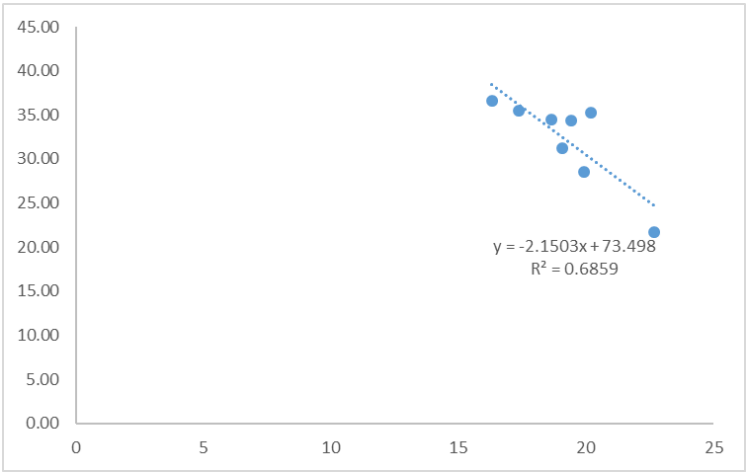
Interval	v(km/jam)	q (kend/jam)	k (kend/km)
16.00 - 16.15	21.68	492	23
16.15 - 16.30	31.25	596	19
16.30 - 16.45	28.53	568	20
16.45 - 17.00	34.37	668	19
17.00 - 17.15	35.44	616	17
17.15 - 17.30	36.55	596	16
17.30 - 17.45	34.52	644	19
17.45 - 18.00	35.24	712	20

Hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada ruas Jalan Merdeka Timur dianalisis dengan menggunakan tiga model hubungan fundamental lalu lintas, yaitu model Greenshields, model Greenberg, dan model Underwood. Ketiga model tersebut dipilih karena masing-masing memiliki asumsi dan karakteristik yang berbeda dalam menggambarkan perilaku arus lalu lintas, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antara kecepatan dan kepadatan pada lokasi penelitian.

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan pola hubungan antara kecepatan dan kepadatan yang diperoleh dari hasil survei lalu lintas di lapangan dengan pola teoritis yang dihasilkan oleh masing-masing model. Proses ini mencakup evaluasi kesesuaian bentuk kurva, kecenderungan perubahan kecepatan terhadap peningkatan kepadatan, serta kemampuan model dalam merepresentasikan kondisi lalu lintas aktual. Hasil perbandingan tersebut selanjutnya digunakan untuk menilai tingkat kecocokan setiap model, sehingga dapat ditentukan model yang paling sesuai dalam menggambarkan karakteristik lalu lintas pada ruas Jalan Merdeka Timur.

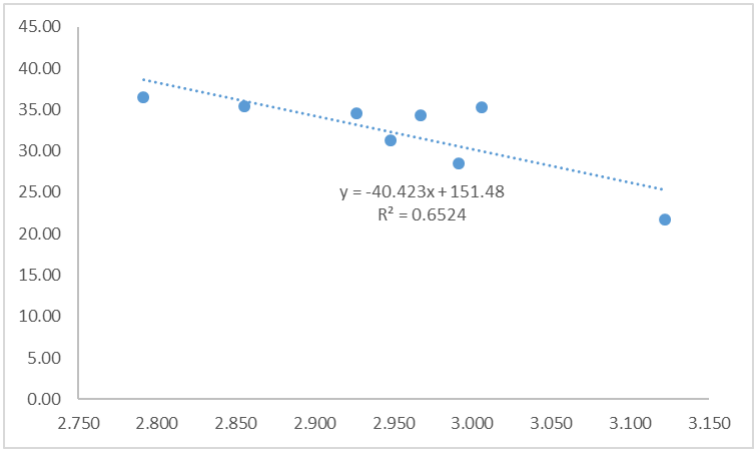
3.2 Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas

Hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas dalam penelitian ini dianalisis menggunakan tiga model hubungan fundamental lalu lintas, yaitu model Greenshields, Greenberg, dan Underwood. Ketiga model tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik perilaku arus lalu lintas berdasarkan pendekatan matematis yang berbeda. Analisis dilakukan dengan membandingkan pola hubungan kecepatan–kepadatan yang diperoleh dari hasil survei lalu lintas di lapangan dengan karakteristik teoritis masing-masing model, sehingga dapat diketahui model yang paling sesuai dalam merepresentasikan kondisi lalu lintas pada lokasi penelitian.



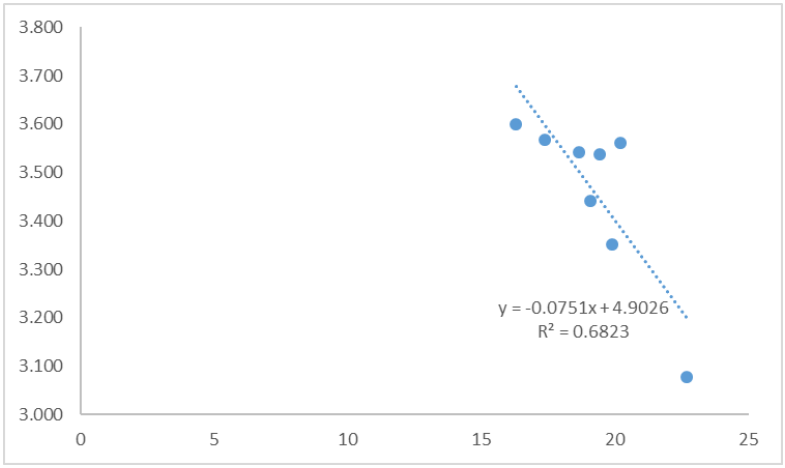
Gambar 1. Diagram hubungan kecepatan dan kepadatan (Model Greenshields)

Berdasarkan diagram tersebut, terlihat bahwa kecepatan kendaraan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin padat arus lalu lintas, ruang gerak kendaraan semakin terbatas sehingga kecepatan kendaraan mengalami penurunan. Pola hubungan yang terbentuk pada diagram menunjukkan kecenderungan linier, yang sesuai dengan asumsi dasar model Greenshields yang menyatakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas bersifat linier, di mana kecepatan akan menurun secara proporsional terhadap peningkatan kepadatan.



Gambar 2. Diagram hubungan kecepatan dan kepadatan (Model Greenberg)

Hasil analisis menggunakan model Greenberg menunjukkan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas mengikuti pola logaritmik. Pada model ini, penurunan kecepatan kendaraan terjadi secara lebih signifikan pada tingkat kepadatan yang tinggi, yang mencerminkan kondisi lalu lintas padat di mana interaksi antar kendaraan semakin intens. Pola tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi kepadatan rendah, perubahan kepadatan belum memberikan pengaruh yang besar terhadap kecepatan, namun pada kepadatan yang semakin tinggi, kecepatan kendaraan menurun secara tajam.



Gambar 3. Diagram hubungan kecepatan dan kepadatan (Model Underwood)

Pada model Underwood, kecepatan kendaraan menurun secara eksponensial terhadap peningkatan kepadatan lalu lintas. Pola hubungan ini menunjukkan bahwa penurunan kecepatan terjadi secara bertahap pada kepadatan rendah, namun menjadi semakin signifikan seiring dengan bertambahnya kepadatan. Model Underwood dinilai mampu menggambarkan kondisi lalu lintas secara lebih realistis, khususnya pada tingkat kepadatan menengah hingga tinggi, karena memperhitungkan karakteristik perilaku pengemudi yang cenderung menyesuaikan kecepatan secara nonlinier terhadap perubahan kepadatan.

3.3 Perbandingan Model Greenshields, Greenberg, dan Underwood

Untuk mengetahui model yang paling sesuai dengan kondisi lalu lintas di lokasi penelitian, dilakukan perbandingan hasil pemodelan dari ketiga model hubungan fundamental lalu lintas, yaitu model Greenshields, Greenberg, dan Underwood. Perbandingan dilakukan dengan meninjau tingkat kesesuaian antara hasil pemodelan dan data hasil survei lapangan, yang ditunjukkan melalui pola hubungan kecepatan–kepadatan serta nilai parameter dan ukuran kesesuaian model yang diperoleh.

Tabel 2. Hasil harameter omdel dan inlai kesesuaian

No	Model	Persamaan Model	Parameter Model	R^2
1	Greenshields	$v = a - bk$	a = 73.498; b = 2.1053	0.6859
2	Greenberg	$v = cln(k) + d$	c = 151.48; d = 0.6524	0.6524
3	Underwood	$\ln(v) = e - fk$	e = 4.9026; f = 0.0751	0.6823

Berdasarkan Tabel 2, model dengan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi dianggap paling mampu merepresentasikan kondisi lalu lintas aktual di Jalan Merdeka Timur. Nilai R^2 yang lebih besar menunjukkan bahwa model tersebut memiliki tingkat kesesuaian yang lebih baik dalam menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas berdasarkan data hasil survei lapangan. Dengan demikian, model ini dinilai lebih akurat dibandingkan dengan model lainnya dalam merepresentasikan karakteristik lalu lintas pada lokasi penelitian.

3.4 Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang jelas dan konsisten antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan yang diteliti. Peningkatan kepadatan lalu lintas secara langsung menyebabkan berkurangnya ruang gerak kendaraan, sehingga kecepatan kendaraan cenderung menurun. Penurunan kecepatan tersebut

selanjutnya berdampak pada perubahan volume lalu lintas yang dapat melewati ruas jalan dalam satuan waktu tertentu. Kondisi ini menggambarkan keterkaitan yang erat antara ketiga parameter utama lalu lintas dan menegaskan berlakunya konsep dasar hubungan fundamental lalu lintas pada kondisi aktual di lapangan.

Hasil pemodelan menggunakan model Greenshields, Greenberg, dan Underwood menunjukkan adanya perbedaan dalam pola hubungan yang dihasilkan, yang mengindikasikan bahwa setiap model memiliki karakteristik dan pendekatan tersendiri dalam merepresentasikan kondisi lalu lintas. Model Greenshields cenderung menggambarkan hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan, model Greenberg menunjukkan hubungan logaritmik yang lebih sensitif pada tingkat kepadatan tinggi, sedangkan model Underwood merepresentasikan hubungan eksponensial yang lebih realistis pada kondisi kepadatan menengah hingga tinggi. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan tingkat kesesuaian masing-masing model terhadap data survei lapangan juga berbeda.

Berdasarkan hasil perbandingan tingkat kesesuaian model, model dengan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi dinilai paling mampu merepresentasikan kondisi lalu lintas aktual di Jalan Merdeka Timur. Model tersebut memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menggambarkan hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas dibandingkan dengan model lainnya. Dengan demikian, model terpilih dapat digunakan sebagai pendekatan yang paling representatif untuk menggambarkan karakteristik lalu lintas pada lokasi penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai bahan pertimbangan dalam evaluasi kinerja ruas jalan, perencanaan kapasitas jalan, serta penyusunan strategi manajemen lalu lintas perkotaan yang lebih efektif di Kota Lhokseumawe.

4. Daftar Pustaka

[1] O. Z. Tamin, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: ITB Press, 2000.
[2] S. Warpani, *Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Bharata Karya Aksara, 2010.
[3] A. D. May, *Traffic flow fundamentals*. Prentice Hall, 1990.
[4] C. J. Khisty dan B. K. Lall, *Transportation Engineering: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
[5] B. D. Greenshields, "A study of traffic capacity," *Highw. Res. Board Proc.*, vol. 14, hal. 448–477, 1935.
[6] R. P. Roess, E. S. Prassas, dan W. R. McShane, *Traffic Engineering*. New Jersey: Pearson Education, 2011.
[7] H. Greenberg, "An analysis of traffic flow," *Oper. Res.*, vol. 7, no. 1, hal. 79–85, 1959.
[8] R. T. Underwood, "Speed, volume, and density relationships: Quality and theory of traffic flow," *Highw. Res. Board Proc.*, 1961.
[9] N. J. Garber dan L. A. Hoel, *Traffic and Highway Engineering*. Boston: Cengage Learning, 2015.
[10] C. F. Daganzo, *Fundamentals of Transportation and Traffic Operations*. Oxford: Elsevier, 1997.
[11] C. S. Papacostas dan P. D. Prevedouros, *Transportation Engineering and Planning*. New Jersey: Prentice Hall, 2001.