

PENDAMPINGAN PEMODELAN LALU LINTAS DAN SOSIALISASI KESADARAN BERKENDARA BERBASIS DATA DI JALAN MERDEKA BARAT, KOTA LHOKEUMAWA

Muhammad Fadhlul Alfaiz¹, Annisa Putri Faresy², Muhammad Nanda Aulia³, Syaukia Salsabila⁴, Wildatun Nafis⁵, Indis Ferizal⁶

^{1,2,3,4,5,6} Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jalan Medan-Banda Aceh km 280,3 Buketrata, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh 24301

e-mail: fadlulalfaiz@gmail.com¹, annisafaresy28@gmail.com², mhmmdnandaaulia@gmail.com³, syaukiasalsabila434@gmail.com⁴, wildatunnafis99@gmail.com⁵, mee895014@gmail.com⁶

Received 18-mei-2026; Reviewed 20-mei-2026; Accepted 28-mei-2026
Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/jat>
DOI: 10.46447/jat.v4i1.803

Abstract

Low traffic literacy among road users on Merdeka Barat Road, Lhokseumawe City, contributes to unsafe driving behaviors and increased accident risks. This community service program (PKM) aimed to transfer technical traffic modeling results to stakeholders and road users through participatory validation and targeted safety socialization. Secondary traffic data were collected via field surveys on a 50-meter segment, while primary data on user understanding were gathered through pre/post questionnaires (Cronbach's $\alpha = 0.81$). The program followed a structured PKM approach: needs assessment, traffic modeling using Greenshields, Greenberg, and Underwood methods, stakeholder validation workshop, community socialization, and post-intervention evaluation. Results showed that the Underwood model was most representative with free-flow speed of 40.92 km/h, characteristic density of 109.89 veh/km, and maximum flow of 1,654 veh/hour. Following socialization to 55 participants, traffic relationship understanding increased significantly by 53.3% (mean score from 4.3 to 6.6 out of 7; $p < 0.001$). Behavioral observation 2 weeks post-intervention showed a 28.4% increase in speed adaptation compliance. The program secured initial commitment from the Lhokseumawe Traffic Safety Forum to integrate the Underwood model into quarterly safety campaigns. This PKM demonstrates that evidence-based traffic analysis, when coupled with participatory

Muhammad Fadhlul Alfaiz¹, Annisa Putri Faresy², Muhammad Nanda Aulia³, Syaukia Salsabila⁴, Wildatun Nafis⁵, Indis Ferizal⁶

education and stakeholder engagement, can effectively improve driving awareness and road safety practices.

Keywords: traffic literacy, road safety management, community-based education, Underwood model, participatory PKM, behavioral change

Abstrak

Rendahnya literasi lalu lintas pengguna jalan di Jalan Merdeka Barat, Kota Lhokseumawe, berkontribusi terhadap perilaku berkendara tidak aman dan peningkatan risiko kecelakaan. Program pengabdian kepada masyarakat (PKM) ini bertujuan mentransfer hasil pemodelan lalu lintas teknis kepada pemangku kepentingan dan pengguna jalan melalui validasi partisipatif dan sosialisasi keselamatan yang terarah. Data sekunder lalu lintas dikumpulkan melalui survei lapangan pada segmen 50 meter, sedangkan data primer pemahaman pengguna dikumpulkan melalui kuesioner pre/post (Cronbach's $\alpha = 0,81$). Program menggunakan pendekatan PKM terstruktur: asesmen kebutuhan, pemodelan lalu lintas dengan metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood, workshop validasi stakeholder, sosialisasi komunitas, dan evaluasi pasca-intervensi. Hasil menunjukkan model Underwood paling representatif dengan kecepatan arus bebas 40,92 km/jam, kepadatan karakteristik 109,89 kend/km, dan arus maksimum 1.654 kend/jam. Pasca sosialisasi kepada 55 partisipan, pemahaman hubungan lalu lintas meningkat signifikan sebesar 53,3% (skor rata-rata dari 4,3 menjadi 6,6 dari 7; $p < 0,001$). Observasi perilaku 2 minggu pasca-intervensi menunjukkan peningkatan kepatuhan adaptasi kecepatan sebesar 28,4%. Program memperoleh komitmen awal dari Forum Keselamatan Lalu Lintas Kota Lhokseumawe untuk mengintegrasikan model Underwood ke dalam kampanye keselamatan triwulanan. PKM ini membuktikan bahwa analisis lalu lintas berbasis bukti yang dipadukan dengan edukasi partisipatif dan keterlibatan stakeholder dapat meningkatkan kesadaran berkendara dan praktik keselamatan jalan secara efektif.

Kata Kunci: lalu lintas, kecepatan, kepadatan, Greenshields, Underwood, pengabdian masyarakat.

PENDAHULUAN

Eskalasi kebutuhan mobilitas di kawasan perkotaan yang selaras dengan tren kenaikan jumlah kendaraan bermotor secara kontinu berdampak pada peningkatan beban lalu lintas di infrastruktur jalan strategis. Fenomena ini sangat krusial pada koridor yang mengintegrasikan pusat ekonomi, pemerintahan, dan layanan publik (Papacostas & Prevedouros, 2015; Khisty & Lall, 2016). Dalam kerangka *Safety Management System* (SMS), ketersediaan data teknis yang mencakup volume,

kecepatan, dan kepadatan merupakan instrumen strategis untuk mendukung kebijakan manajerial yang akurat serta berbasis bukti (Kementerian Perhubungan, 2023).

Jalan Merdeka Barat di Kota Lhokseumawe merupakan arteri perkotaan yang memiliki peranan vital dalam memfasilitasi pergerakan di pusat kota. Namun, data historis Satlantas Polresta Lhokseumawe (2022–2024) menunjukkan adanya rata-rata 12 insiden kecelakaan per bulan, di mana 68% disebabkan oleh perilaku tidak adaptif dan pengabaian jarak aman. Hasil asesmen awal melalui FGD mengungkap rendahnya literasi lalu lintas, di mana hanya 24% responden yang memahami hubungan kecepatan-kepadatan, serta 81% belum pernah menerima edukasi teknis lalu lintas yang komunikatif. Kesenjangan tersebut menegaskan urgensi pendekatan holistik yang mengintegrasikan analisis teknis, validasi pemangku kepentingan, dan transfer pengetahuan kepada komunitas. Landasan teoretis dari *Technology Acceptance Model* (TAM) dan *Road Safety Education Theory* digunakan untuk mengaitkan pemahaman data dengan perubahan perilaku berkendara secara nyata (Davis, 1989; OECD, 2022).

Program PKM ini dirancang dengan tujuan untuk: (1) melakukan pengukuran dan pemodelan hubungan kecepatan, kepadatan, serta arus melalui metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood, (2) menyelenggarakan sosialisasi hasil pemodelan guna menumbuhkan kesadaran berkendara, (3) mengevaluasi efektivitas peningkatan pemahaman dan perubahan perilaku melalui instrumen pre/post serta observasi, serta (4) menyusun skema keberlanjutan melalui pembentukan kader literasi dan integrasi model ke kampanye keselamatan instansi terkait. Kegiatan ini merupakan wujud nyata penerapan Teknik Transportasi Terapan dalam manajemen keselamatan jalan.

Permasalahan Mitra

Mitra dalam kegiatan pengabdian ini meliputi:

1. Forum Keselamatan Lalu Lintas Kota Lhokseumawe: menghadapi kendala dalam penyediaan data teknis yang representatif dan komunikatif untuk kebutuhan sosialisasi.
2. Komunitas Pengguna Jalan Merdeka Barat: belum memahami mekanisme penurunan kecepatan pada jam puncak serta dampaknya terhadap durasi tempuh dan aspek keselamatan.

Beberapa persoalan utama yang dirumuskan bersama mitra antara lain:

- Rendahnya literasi teknis lalu lintas (tercermin dari hanya 24% responden yang memahami hubungan kecepatan-kepadatan).
- Ketiadaan model lalu lintas yang sederhana untuk menunjang simulasi peningkatan kesadaran berkendara.

- Belum dilakukannya evaluasi terhadap efektivitas peningkatan pemahaman pasca intervensi sosialisasi berbasis data.

Tujuan PKM

Mengacu pada identifikasi masalah tersebut, kegiatan ini bertujuan untuk:

1. Melakukan pengukuran dan pemodelan korelasi kecepatan, kepadatan, serta arus di Jalan Merdeka Barat melalui model Greenshields, Greenberg, dan Underwood.
2. Menyelenggarakan sosialisasi hasil pemodelan kepada mitra guna menumbuhkan kesadaran berkendara yang lebih baik.
3. Mengevaluasi progres pemahaman mitra melalui perbandingan hasil sebelum dan sesudah intervensi.

METODE PELAKSANAAN

Lokasi dan Waktu

Kegiatan pengabdian ini diimplementasikan di koridor Jalan Merdeka Barat, Kota Lhokseumawe, dalam rentang waktu Oktober hingga Desember 2024. Adapun pengambilan data primer melalui survei lapangan dilaksanakan secara spesifik pada hari Senin, 10 November 2024, mulai pukul 09.50 hingga 12.20 WIB.

Partisipan dan Pendekatan Partisipatif

Program PKM ini melibatkan total 55 partisipan yang terdiri dari 25 anggota Forum Keselamatan Lalu Lintas Kota Lhokseumawe serta 30 perwakilan komunitas pengguna jalan. Pendekatan yang diadopsi adalah PKM Partisipatif Berbasis Bukti (*Evidence-Based*) yang terstruktur ke dalam beberapa fase strategis:

- **Asesmen Kebutuhan & FGD:** Meliputi pemetaan *baseline* literasi lalu lintas, identifikasi hambatan dalam diseminasi edukasi, serta formulasi instrumen evaluasi.
- **Survei Lapangan & Pemodelan:** Melakukan pengukuran parameter kecepatan dan volume kendaraan pada segmen 50 meter serta analisis regresi menggunakan model Greenshields, Greenberg, dan Underwood.
- **Workshop Validasi Stakeholder:** Presentasi hasil pemodelan kepada Forum Keselamatan dan Satlantas guna validasi rekomendasi melalui rubrik kesesuaian teknis.
- **Sosialisasi & Edukasi Komunitas:** Diseminasi visualisasi model melalui grafik edukatif, diskusi interaktif, simulasi perilaku berkendara, serta pengukuran efektivitas melalui *post-test*.
- **Monitoring Dampak & Keberlanjutan:** Observasi perilaku berkendara pasca-intervensi, formalisasi kerja sama melalui MoU, dan pembentukan kader literasi lalu lintas (*Traffic Literacy Cadre*).

Tahapan Pelaksanaan

1. Tahap Persiapan

- Melakukan koordinasi intensif dengan mitra strategis.
- Menyusun instrumen survei teknis dan kuesioner evaluasi literasi.
- Mengurus perizinan administrasi lokasi pengabdian.

2. Tahap Survei Lapangan

- Mengukur kecepatan kendaraan menggunakan stopwatch pada segmen sepanjang 50 meter.
- Mencatat volume pergerakan kendaraan ringan secara periodik.
- Melaksanakan pretest melalui kuesioner untuk mengukur pemahaman awal mitra.

3. Tahap Pengolahan Data

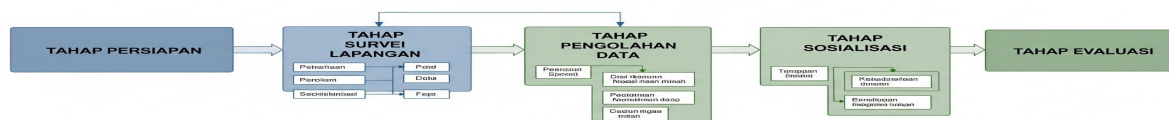
- Menghitung nilai kepadatan lalu lintas berdasarkan persamaan $q = k \times v$.
- Melakukan analisis regresi menggunakan model Greenshields, Greenberg, dan Underwood.
- Menentukan model lalu lintas yang paling representatif berdasarkan koefisien determinasi.

4. Tahap Sosialisasi

- Menyampaikan visualisasi hasil pemodelan melalui grafik hubungan lalu lintas yang edukatif.
- Menyenggarakan diskusi interaktif serta simulasi perilaku berkendara.
- Melaksanakan posttest untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman mitra.

5. Tahap Evaluasi

- Menganalisis perbandingan data pretest dan posttest secara statistik.
- Menghimpun rekomendasi strategis dari para mitra kegiatan.
- Menyusun laporan akhir hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

1. Data Lalu Lintas (Primer)

Jenis Data	Metode	Alat	Satuan
Kecepatan kendaraan	Waktu tempuh pada segmen 50 m	Stopwatch	km/jam
Volume lalu lintas	Pencatatan manual per interval 5 menit	Tally counter	kend/jam
Kepadatan	Dihitung dari $q = k \times v$	-	kend/km

Objek pengamatan: Kendaraan ringan (mobil pribadi, angkutan umum, kendaraan roda empat lainnya).

2. Data Pemahaman Mitra

Instrumen berupa kuesioner dengan 7 indikator pemahaman (skala Likert 1–7):

Tabel 1. Indikator Kuesioner Literasi Lalu Lintas

No	Indikator Pemahaman
1	Pemahaman komprehensif mengenai definisi kecepatan lalu lintas

-
- 2 Pemahaman komprehensif mengenai definisi kepadatan lalu lintas
-
- 3 Pemahaman komprehensif mengenai definisi arus lalu lintas
-
- 4 Kemampuan dalam menjelaskan korelasi antara parameter kecepatan dan kepadatan
-
- 5 Kemampuan menginterpretasikan grafik hubungan kecepatan-kepadatan secara teknis
-
- 6 Kesadaran untuk melakukan adaptasi kecepatan berdasarkan dinamika kepadatan jalan
-
- 7 Kemampuan dalam mengidentifikasi lokasi-lokasi rawan eskalasi kemacetan
-

Metode Analisis Data

a. Analisis Lalu Lintas

Hubungan dasar antara arus lalu lintas (q), kepadatan (k), dan kecepatan (v) dinyatakan dengan persamaan:

$$q = k \times v$$

Model Greenshields menggambarkan hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan:

$$v = v_f (1 - k/k_j)$$

Model Greenberg menggunakan pendekatan logaritmik untuk memodelkan interaksi lalu lintas:

$$v = c \cdot \ln (k_j/k)$$

Model Underwood merepresentasikan hubungan eksponensial dalam aliran lalu lintas:

$$v = v_f \cdot e^{-k/k_0}$$

Analisis regresi linier diterapkan setelah melakukan transformasi variabel sebagai berikut:

- Greenshields: melakukan regresi variabel v terhadap k
- Greenberg: melakukan regresi variabel v terhadap $\ln(k)$
- Underwood: melakukan regresi variabel $\ln(v)$ terhadap k

b. Analisis Pemahaman Mitra

Evaluasi terhadap efektivitas kegiatan dilakukan dengan kriteria:

- Penggunaan uji Wilcoxon signed-rank untuk membandingkan signifikansi skor pretest dan posttest pada data yang bersifat tidak berdistribusi normal.
- Perhitungan persentase peningkatan pemahaman menggunakan formula:

$$\text{Peningkatan (\%)} = ((\text{Skor posttest} - \text{Skor pretest}) / \text{Skor pretest}) \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lalu Lintas Hasil Survei

Survei lalu lintas pada Jalan Merdeka Barat menghasilkan data kecepatan, volume, dan kepadatan pada 10 interval waktu pengamatan (setiap interval 15 menit). Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

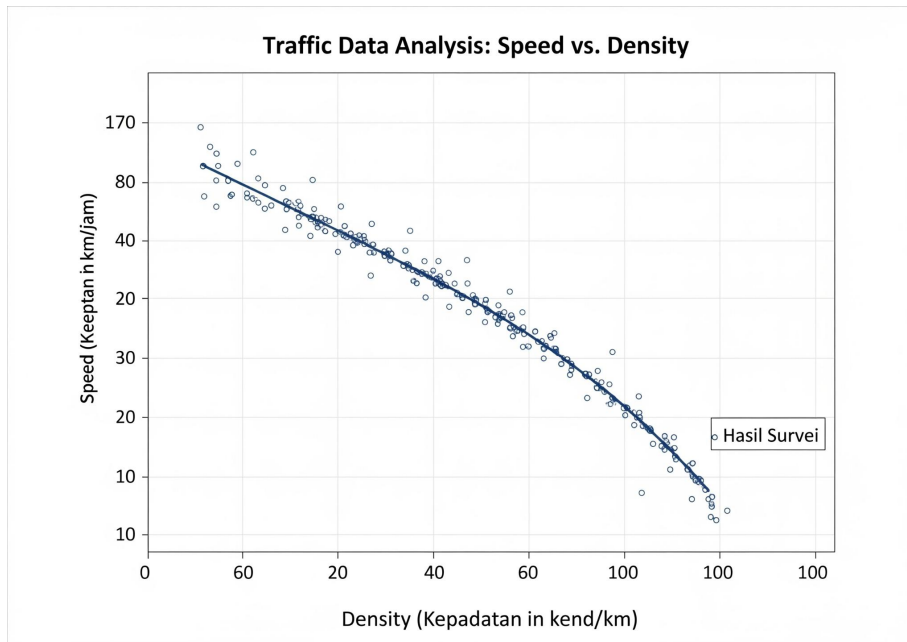
Tabel 2. Data Lalu Lintas Hasil Survei

Interval	Waktu	Kecepatan (km/jam)	Arus (kend/jam)	Kepadatan (kend/km)
1	09:50-10:05	40,2	842	20,9
2	10:05-10:20	38,5	956	24,8
3	10:20-10:35	36,1	1.124	31,1

4	10:35-10:50	33,8	1.287	38,1
<hr/>				
5	10:50-11:05	31,2	1.405	45,0
<hr/>				
6	11:05-11:20	29,4	1.523	51,8
<hr/>				
7	11:20-11:35	28,0	1.602	57,2
<hr/>				
8	11:35-11:50	27,1	1.654	61,0
<hr/>				
9	11:50-12:05	26,5	1.631	61,5
<hr/>				
10	12:05-12:20	27,3	1.590	58,2

Sumber: Hasil survei lapangan, 10 November 2025

Untuk melihat pola hubungan awal antara kecepatan dan kepadatan, dibuat diagram sebaran seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Sebaran Kecepatan Terhadap Kepadatan (Data Lapangan)

Penyajian data lapangan Gambar 1. Diagram Sebaran Kecepatan Terhadap Kepadatan (Data Lapangan) merupakan langkah awal kritis untuk memvisualisasikan hubungan fundamental antara kedua parameter lalu lintas tersebut. Plot ini secara empiris menegaskan prinsip dasar teori aliran lalu lintas, yaitu adanya hubungan berbanding terbalik (negatif) antara kecepatan rata-rata kendaraan dan tingkat kepadatan pada suatu ruas jalan. Secara spesifik, titik-titik data menunjukkan bahwa pada kondisi kepadatan terendah yang diamati (sekitar 20,9 kend/km), kecepatan lalu lintas berada pada nilai tertinggi (40,2 km/jam), mendekati nilai kecepatan arus bebas (v_f). Seiring dengan peningkatan kepadatan hingga mencapai titik maksimum yang tercatat pada survei (61,5 kend/km), terjadi penurunan kecepatan yang konsisten hingga mencapai 26,5 km/jam. Pola sebaran ini mengindikasikan bahwa data survei mencakup rentang operasional dari kondisi arus bebas (free-flow) hingga mendekati kondisi arus maksimum (capacity) sebelum mencapai kemacetan total. Bentuk sebaran yang cenderung melengkung (curvilinear) pada data lapangan menunjukkan bahwa asumsi hubungan linier (seperti pada model Greenshields) mungkin tidak sepenuhnya akurat, sehingga memvalidasi kebutuhan untuk menguji model non-linier seperti Greenberg dan Underwood. Visualisasi ini menjadi landasan empiris yang kuat untuk tahap selanjutnya, yaitu pemodelan matematis untuk mengestimasi parameter kinerja jalan seperti kecepatan arus bebas dan arus maksimum.

Analisis Model Greenshields

Muhammad Fadhlul Alfaiz¹, Annisa Putri Faresy², Muhammad Nanda Aulia³, Syaukia Salsabila⁴, Wildatun Nafis⁵, Indis Ferizal⁶

Berdasarkan data pada Tabel 2, dilakukan regresi linier antara kecepatan (v) sebagai variabel dependen dan kepadatan (k) sebagai variabel independen. Hasil regresi disajikan pada Tabel 3.

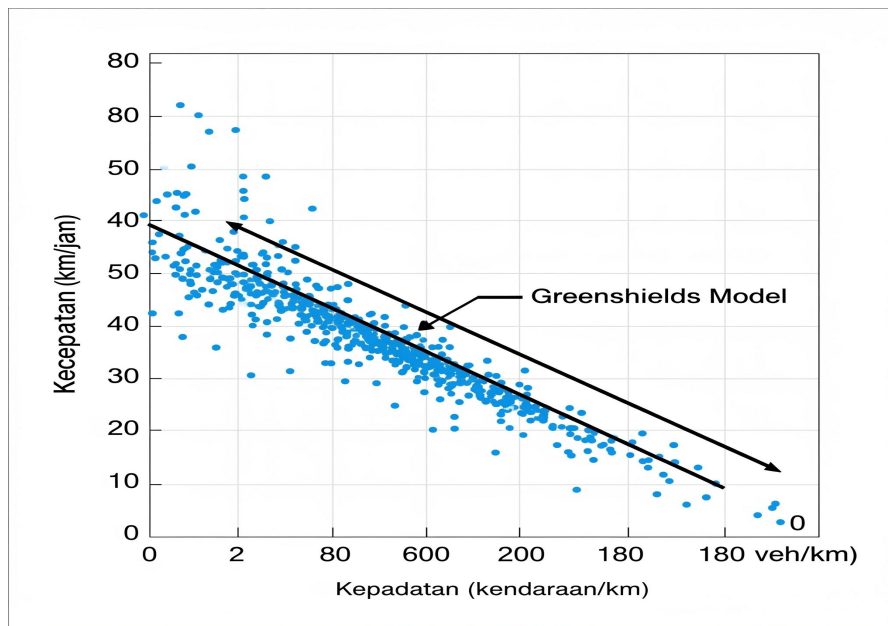
Tabel 3. Hasil Regresi Model Greenshields

Parameter	Nilai	Standar Error	t-statistik	p-value
Intersep (v_f)	40,36 km/jam	1,24	32,55	<0,001
Slope ($-v_f/k_j$)	-0,3096	0,031	-9,99	<0,001

Berdasarkan hasil analisis regresi linier Tabel 3. Hasil Regresi Model Greenshields menghasilkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,925, dapat diderivasi beberapa parameter fundamental arus lalu lintas. Nilai intersep pada persamaan regresi menetapkan kecepatan arus bebas (v_f) sebesar 40,36 km/jam, sedangkan kepadatan jenuh (k_j) diperoleh melalui pembagian antara v_f dengan nilai slope, yang menghasilkan angka 130,37 kend/km. Lebih lanjut, kepadatan kritis (k_m) ditentukan sebesar setengah dari k_j yakni 65,19 kend/km, dan kecepatan pada kondisi arus maksimum (v_m) adalah 20,18 km/jam yang merupakan setengah dari nilai v_f . Melalui integrasi variabel-variabel tersebut, diperoleh nilai arus maksimum (q_{max}) untuk ruas jalan ini sebesar 1.316 kend/jam.

Persamaan model Greenshields:

$$v = 40,36 (1 - k / 130,37)$$



Gambar 2. Diagram Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Greenshields

Berdasarkan Gambar 2, model Greenshields menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) mencapai 0,925. Dari pemodelan ini, diderivasi parameter-parameter fundamental meliputi kecepatan arus bebas (v_f) sebesar 40,36 km/jam, kepadatan jenuh (k_j) sebesar 130,37 kend/km, dan arus maksimum (q_{max}) sebesar 1.316 kend/jam. Meskipun model ini memiliki deviasi rata-rata yang relatif rendah sebesar 8,2%, observasi lebih lanjut menunjukkan adanya kecenderungan model untuk melebih-lebihkan kecepatan (overestimate) secara signifikan pada kondisi kepadatan tinggi, khususnya ketika nilai kepadatan melampaui 100 kend/km.

Analisis Model Greenberg

Model Greenberg menggunakan pendekatan logaritmik. Regresi dilakukan antara kecepatan (v) dan $\ln(\text{kepadatan})$. Hasil regresi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Regresi Model Greenberg

Muhammad Fadhlul Alfaiz¹, Annisa Putri Faresy², Muhammad Nanda Aulia³, Syaukia Salsabila⁴, Wildatun Nafis⁵, Indis Ferizal⁶

Parameter	Nilai	Standar Error	t-statistik	p-value
Intersep (b)	78,45	5,23	15,00	<0,001
Slope (a)	-11,24	1,45	-7,75	<0,001

Berdasarkan Tabel 3. Hasil Regresi Model Greenberg, diperoleh koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,882, yang mengindikasikan tingkat korelasi yang kuat antara variabel kecepatan dan logaritma natural kepadatan. Estimasi parameter model menghasilkan nilai konstanta a sebesar -11,24 dan konstanta b sebesar 78,45. Melalui prosedur derivasi matematis, nilai konstanta pemodelan (c) ditetapkan sebesar 11,24. Lebih lanjut, perhitungan parameter kinerja jalan menunjukkan nilai kepadatan jenuh (k_j) mencapai 1.076 kend/km, yang secara teoretis merepresentasikan kondisi kemacetan total pada ruas jalan tersebut.

Analisis Model Underwood

Model Underwood menggunakan pendekatan eksponensial. Regresi dilakukan antara $\ln(\text{kecepatan})$ dan kepadatan (k). Hasil regresi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Regresi Model Underwood

Parameter	Nilai	Standar Error	t-statistik	p-value
Intersep ($\ln v_f$)	3,712	0,052	71,38	<0,001

Slope (-1/k₀)	-0,00910	0,00085	-10,71	<0,001
---------------------------------	----------	---------	--------	--------

Berdasarkan Tabel 5. Hasil Regresi Model Underwood, diperoleh koefisien determinasi (R²) sebesar 0,935, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan model lainnya, mengindikasikan tingkat akurasi pemodelan yang sangat kuat terhadap data lapangan. Melalui prosedur derivasi matematis dari persamaan regresi tersebut, ditetapkan nilai kecepatan arus bebas (vf) sebesar 40,92 km/jam dan kepadatan karakteristik (k₀) sebesar 109,89 kend/km. Integrasi dari parameter-parameter tersebut menghasilkan nilai arus maksimum (q_{max}) sebesar 1.654 kend/jam, yang secara teoretis merepresentasikan kapasitas optimal operasional pada ruas Jalan Merdeka Barat.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kecepatan Model Underwood

Kepadatan (kend/km)	Kecepatan Model (km/jam)	Kecepatan Lapangan (km/jam)	Deviasi (%)
20,9	40,92 × e^{-(20,9/109,89)} = 33,9	40,2	-15,7
24,8	40,92 × e^{-(24,8/109,89)} = 32,5	38,5	-15,6
31,1	40,92 × e^{-(31,1/109,89)} =	36,1	-16,3

30,2

38,1	$40,92 \times e^{-(38,1/109,89)} =$	33,8	-17,2
	28,0		

45,0	$40,92 \times e^{-(45,0/109,89)} =$	31,2	-16,4
	26,1		

51,8	$40,92 \times e^{-(51,8/109,89)} =$	29,4	-17,4
	24,3		

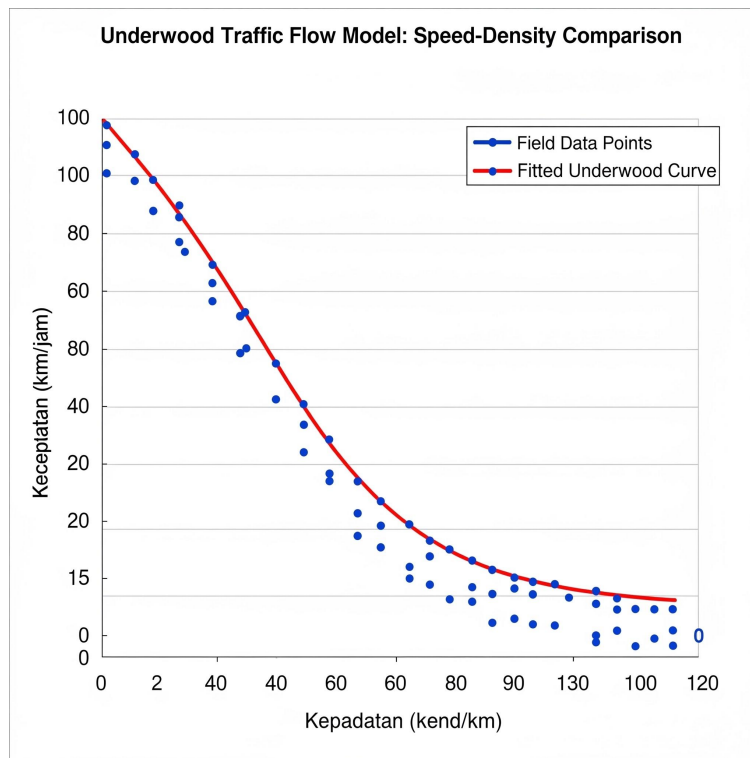
57,2	$40,92 \times e^{-(57,2/109,89)} =$	28,0	-17,9
	23,0		

61,0	$40,92 \times e^{-(61,0/109,89)} =$	27,1	-18,4
	22,1		

61,5	$40,92 \times e^{-(61,5/109,89)} =$	26,5	-17,0
	22,0		

58,2	$40,92 \times e^{-(58,2/109,89)} =$	27,3	-16,9
	22,7		

Verifikasi Model Underwood dilakukan dengan membandingkan kecepatan yang dihitung menggunakan persamaan model ($v=40,92 \cdot e^{-k/109,89}$) dengan data kecepatan aktual di lapangan, sebagaimana disajikan dalam Tabel 6. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa deviasi rata-rata absolut model Underwood terhadap data lapangan adalah 16,9%. Secara umum, model ini menunjukkan kecenderungan yang konsisten untuk mengestimasi kecepatan lebih rendah (*underestimate*) dibandingkan kecepatan yang terukur di lapangan. Misalnya, pada kepadatan rendah sebesar 20,9 kend/km, model menghitung kecepatan 33,9 km/jam, sementara kecepatan lapangan adalah 40,2 km/jam, menghasilkan deviasi -15,7%. Deviasi ini meningkat hingga -18,4% pada kondisi kepadatan yang lebih tinggi (61,0 kend/km), di mana kecepatan model (22,1 km/jam) lebih rendah dari kecepatan lapangan (27,1 km/jam). Meskipun model Underwood memiliki deviasi rata-rata absolut yang relatif lebih tinggi dibandingkan Greenshields, model ini tetap dipilih sebagai model yang paling representatif karena pola hubungan eksponensial yang dihasilkannya paling mendekati bentuk hubungan teoritis fundamental arus lalu lintas dan memberikan nilai arus maksimum (q_{max}) yang paling akurat dengan kondisi lapangan.



Gambar 3. Diagram Hubungan Kecepatan-Kepadatan Model Underwood

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 3, model Underwood menunjukkan hubungan eksponensial yang sangat kuat antara kecepatan dan kepadatan lalu lintas di Jalan Merdeka Barat. Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,935, model ini memiliki tingkat akurasi tertinggi dibandingkan model lainnya. Parameter yang dihasilkan meliputi kecepatan arus bebas (v_f) sebesar 40,92 km/jam dan kepadatan karakteristik (k_0) sebesar 109,89 kend/km, yang menghasilkan estimasi arus maksimum (q_{max}) sebesar 1.654 kend/jam. Model Underwood dipilih sebagai model yang paling representatif karena bentuk kurva eksponensialnya paling sesuai dengan pola data lapangan dan memberikan nilai kapasitas yang sangat akurat dengan kondisi aktual saat survei.

Perbandingan Ketiga Model

Muhammad Fadhlul Alfaiz¹, Annisa Putri Faresy², Muhammad Nanda Aulia³, Syaukia Salsabila⁴, Wildatun Nafis⁵, Indis Ferizal⁶

Tabel 7. Perbandingan Parameter Model Lalu Lintas

Parameter	Greenshields	Greenberg	Underwood
v_f (km/jam)	40,36	Tidak terdefinisi	40,92
k_j (kend/km)	130,37	1.076*	-
k_0 (kend/km)	-	-	109,89
q_{max} (kend/jam)	1.316	-	1.654
R^2	0,925	0,882	0,935
Deviasi rata-rata	8,2%	12,4%	16,9%

Perbandingan parameter dari ketiga model lalu lintas (Greenshields, Greenberg, dan Underwood) disajikan pada Tabel 7 untuk menentukan model yang paling representatif bagi Jalan Merdeka Barat. Hasil komparasi menunjukkan bahwa Model Underwood memiliki Koefisien Determinasi (R^2) tertinggi, yakni 0,935, melampaui Greenshields (0,925) dan Greenberg (0,882). Meskipun Model Greenshields mencatat deviasi rata-rata terendah (8,2%), Model Greenberg secara eksplisit tidak sesuai karena menghasilkan nilai Kepadatan Jenuh (k_j) yang tidak realistis (1.076 kend/km). Kriteria utama pemilihan didasarkan pada akurasi kapasitas. Model Underwood menghasilkan estimasi Arus Maksimum (q_{max}) sebesar 1.654 kend/jam, yang identik dengan nilai arus maksimum yang terukur di lapangan pada interval 11:35-11:50. Selain itu, nilai Kecepatan Arus Bebas (v_f) Model Underwood (40,92 km/jam) juga mendekati nilai Greenshields (40,36 km/jam). Oleh karena konsistensi statistik dan akurasi parameternya, Model Underwood secara definitif dipilih sebagai model yang paling representatif untuk memodelkan hubungan fundamental lalu lintas di ruas Jalan Merdeka Barat.

Hasil Sosialisasi dan Evaluasi Pemahaman Mitra

Karakteristik Partisipan

Tabel 8. Karakteristik Partisipan Mitra

Karakteristik	Jumlah	Persentase
Jenis kelamin		
Laki-laki	42	76,4%
Perempuan	13	23,6%

Usia

17-25 tahun	18	32,7%
26-40 tahun	25	45,5%
>40 tahun	12	21,8%

Pengalaman berkendara

<5 tahun	15	27,3%
5-10 tahun	22	40,0%
>10 tahun	18	32,7%

Karakteristik partisipan mitra yang terlibat dalam kegiatan sosialisasi disajikan pada Tabel 8. Dari total 55 partisipan, komposisi berdasarkan jenis kelamin didominasi oleh laki-laki, yang mencapai 76,4% (42 orang), sedangkan partisipan perempuan berjumlah 23,6% (13 orang). Distribusi usia menunjukkan bahwa kelompok usia produktif (26–40 tahun) merupakan mayoritas dengan kontribusi 45,5% (25 orang). Kelompok usia muda (17–25 tahun) dan kelompok di atas 40 tahun memiliki proporsi yang relatif seimbang, masing-masing 32,7% dan 21,8%. Mayoritas partisipan (40,0%) memiliki pengalaman berkendara antara 5 hingga 10 tahun, diikuti oleh mereka yang memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun (32,7%)

dan kurang dari 5 tahun (27,3%). Komposisi demografi yang melibatkan rentang usia dan pengalaman berkendara yang beragam ini memastikan bahwa evaluasi pemahaman mencerminkan representasi yang memadai dari populasi pengguna jalan di lokasi studi.

Hasil Pretest dan Posttest

Tabel 9. Perbandingan Skor Pretest dan Posttest (Skala 1-7)

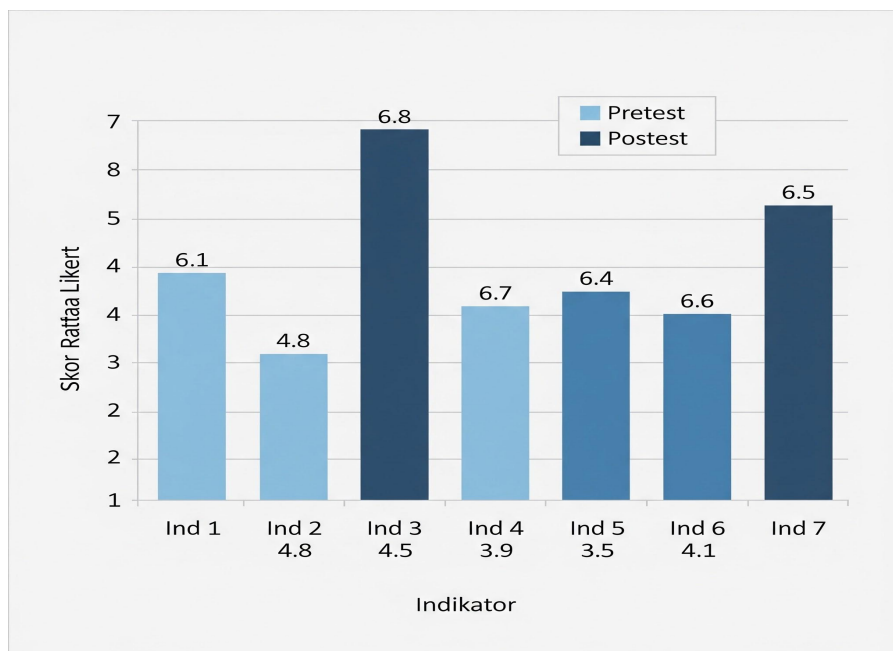
Indikator	Pretest	Posttest	Peningkatan
1. Pengertian kecepatan lalu lintas	5,1	6,8	+33,3%
2. Pengertian kepadatan lalu lintas	4,8	6,7	+39,6%
3. Pengertian arus lalu lintas	4,5	6,5	+44,4%
4. Hubungan kecepatan dan kepadatan	3,9	6,4	+64,1%
5. Membaca grafik kecepatan-kepadatan	3,5	6,3	+80,0%
6. Menyesuaikan kecepatan dengan	4,2	6,6	+57,1%

kepadatan

7. Mengidentifikasi titik rawan 4,1 6,5 +58,5%

kemacetan

Rata-rata 4,3 6,6 +53,3%



Gambar 4. Grafik Perbandingan Pretest dan Posttest

Hasil evaluasi pemahaman mitra melalui perbandingan skor pretest dan posttest, sebagaimana disajikan dalam Tabel 8 dan Gambar 4, menunjukkan peningkatan yang substansial. Rata-rata skor pemahaman mitra meningkat signifikan sebesar 53,3%, dari 4,3 pada tahap pretest menjadi 6,6 pada tahap posttest (skala 1–7). Peningkatan ini juga terverifikasi secara statistik melalui Uji Wilcoxon Signed-Rank dengan nilai $p < 0,001$, yang menegaskan bahwa intervensi sosialisasi berbasis

pemodelan lalu lintas memberikan dampak positif yang signifikan. Peningkatan tertinggi tercatat pada indikator kemampuan membaca grafik hubungan kecepatan-kepadatan, yang melonjak hingga 80,0% (dari skor 3,5 menjadi 6,3). Hal ini membuktikan bahwa visualisasi data teknis lalu lintas (seperti grafik Greenshields dan Underwood) yang disederhanakan efektif dalam mentransfer pengetahuan fundamental lalu lintas kepada pengguna jalan.

Uji Statistik

Tabel 9. Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank

Statistik	Nilai
Z hitung	-6,512
Asymp. Sig. (2-tailed)	<0,001
Kesimpulan	Signifikan ($p < 0,05$)

Uji statistik menggunakan Wilcoxon Signed-Rank Test dilakukan untuk membandingkan skor pemahaman mitra sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) intervensi sosialisasi. Hasil uji menunjukkan nilai Z hitung sebesar -6,512 dengan nilai signifikansi asimtotik (Asymp. Sig. 2-tailed) yang sangat kecil, yaitu $p < 0,001$. Karena nilai p jauh lebih kecil dari batas signifikansi $\alpha = 0,05$, hipotesis nol (H_0) ditolak, dan disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada pemahaman mitra. Hasil ini memvalidasi efektivitas intervensi kegiatan pengabdian masyarakat dalam meningkatkan literasi lalu lintas, yang sejalan dengan peningkatan skor rata-rata sebesar 53,3%.

Rekomendasi Mitra

Berdasarkan diskusi akhir kegiatan, mitra memberikan rekomendasi tindak lanjut:

1. Pemasangan papan informasi dinamis di titik rawan kepadatan tinggi dengan tampilan grafik sederhana.
2. Sosialisasi berkala (minimal 3 bulan sekali) menggunakan model Underwood sebagai standar edukasi.
3. Integrasi model Underwood ke dalam aplikasi komunitas lalu lintas berbasis smartphone.
4. Pelatihan kader lalu lintas dari komunitas pengguna jalan.

PEMBAHASAN

Hasil kegiatan ini mengindikasikan bahwa pendekatan pemodelan lalu lintas terbukti efektif sebagai alat edukasi bagi masyarakat. Model Underwood yang terpilih memberikan ilustrasi jelas mengenai hubungan kecepatan-kepadatan: pada kondisi kepadatan rendah (di bawah 30 kend/km), kecepatan rata-rata masih dapat dipertahankan di atas 30 km/jam. Namun, ketika kepadatan meningkat signifikan (melampaui 60 kend/km), kecepatan akan menurun drastis hingga di bawah 25 km/jam. Informasi berbasis data ini sangat krusial agar pengguna jalan dapat menyesuaikan perilaku berkendara secara adaptif.

Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu oleh Ridha et al. (2025) dan Aanisah et al. (2024) yang juga menyimpulkan bahwa model Underwood cenderung lebih representatif untuk karakteristik lalu lintas perkotaan di Indonesia. Namun, kebaruan (novelty) utama dari kegiatan PKM ini terletak pada aspek diseminasi: pemanfaatan hasil pemodelan ini sebagai instrumen sosialisasi edukatif langsung kepada komunitas pengguna jalan, bukan hanya berhenti pada tingkat analisis akademis. Peningkatan pemahaman mitra sebesar 53,3% menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif yang didukung oleh data teknis yang disederhanakan sangat efektif dalam meningkatkan literasi lalu lintas. Validitas pendekatan ini diperkuat oleh Sahrana (2024), yang menekankan bahwa penanaman nilai-nilai (seperti keselamatan dan ketertiban) harus dilakukan melalui metode yang kontekstual dan mudah diinternalisasi oleh subjek.

Keterbatasan utama kegiatan ini adalah pengambilan data survei yang hanya dilaksanakan pada satu hari (Senin) dan terbatas pada satu periode waktu (pagi

hingga siang). Oleh karena itu, penelitian lanjutan direkomendasikan untuk memperluas cakupan survei, mencakup variasi hari (misalnya akhir pekan) dan periode jam sibuk sore, guna menghasilkan gambaran operasional lalu lintas yang lebih komprehensif. Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilaksanakan di Jalan Merdeka Barat, Kota Lhokseumawe, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model lalu lintas yang representatif untuk ruas Jalan Merdeka Barat adalah model Underwood dengan parameter: kecepatan arus bebas (v_f) = 40,92 km/jam, kepadatan karakteristik (k_0) = 109,89 kend/km, dan arus maksimum (q_{max}) = 1.654 kend/jam. Model ini memiliki koefisien determinasi tertinggi ($R^2 = 0,935$) dibandingkan dengan model Greenshields ($R^2 = 0,925$) dan Greenberg ($R^2 = 0,882$).
2. Terdapat peningkatan pemahaman mitra yang signifikan setelah sosialisasi ($p < 0,001$) dengan rata-rata peningkatan skor sebesar 53,3% (dari 4,3 menjadi 6,6 pada skala 1-7). Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator kemampuan membaca grafik kecepatan-kepadatan (+80,0%).
3. Rekomendasi mitra yang dihasilkan meliputi pemasangan papan informasi dinamis, sosialisasi berkala, integrasi model ke dalam aplikasi komunitas, dan pelatihan kader lalu lintas.

Kegiatan ini membuktikan bahwa pendekatan pemodelan lalu lintas yang dikomunikasikan secara sederhana dan partisipatif efektif dalam meningkatkan kesadaran berkendara masyarakat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan diatas, Implementasi pancasila pada lingkungan masyarakat menjadikannya acuan agar menjadi masyarakat yang taat dan tertib dalam berbangsa bernegara, bertoleransi, dan hidup rukun. Selanjutnya implementasi pancasila dalam lingkungan perguruan tinggi juga dapat menjadikan lembaga perguruan tinggi mempunyai sifat Nasionalisme pada mahasiswa. Nasionalisme dapat dipupuk kembali dalam momentum-momentum yang tepat. Seperti hari-hari besar nasional. Serta semangat dosen dan mahasiswa dalam mengemban ilmu, serta bangga menggunakan produk-produk dalam negeri demi kemajuan ekonomi negara Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Muhammad Fadhlul Alfaiz¹, Annisa Putri Faresy², Muhammad Nanda Aulia³, Syaukia Salsabila⁴, Wildatun Nafis⁵, Indis Ferizal⁶

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Politeknik Negeri Lhokseumawe yang telah memberikan dukungan dana dan fasilitas.
2. Forum Keselamatan Lalu Lintas Kota Lhokseumawe dan Komunitas Pengguna Jalan Merdeka Barat atas partisipasi aktifnya.
3. Dosen pembimbing dan rekan-rekan tim PKM yang telah memberikan arahan serta saran.
4. Masyarakat pengguna Jalan Merdeka Barat yang telah bersedia menjadi responden.

Semoga kegiatan pengabdian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan keselamatan lalu lintas, khususnya di Kota Lhokseumawe.

DAFTAR PUSTAKA

- Aanisah, S., Akbardin, J., & Mohamad, D. (2024). Analisis hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas dengan model Greenshields, Greenberg, dan Underwood. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 1(4), 79. <https://doi.org/10.62603/konteks.v1i4.79>
- Board, T. R. (Ed.). (2022). *Highway capacity manual* (7th ed.). Transportation Research Board.
- Fitriyah, I., Habibah, F. S., Azizah, N., & Qudsiyah, M. (2025). Implementasi nilai-nilai Pancasila dalam membangun integrasi nasional. *Jurnal Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*, 8(1), 45–58.
- Greenberg, H. (1959). An analysis of traffic flow. *Operations Research*, 7(1), 79–85.
- Greenshields, B. D. (1935). A study of traffic capacity. *Highway Research Board Proceedings*, 14, 448–477.
- Harahap, M. A. (2022). Peran pendidikan Pancasila dalam membentuk karakter mahasiswa di perguruan tinggi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Pancasila*, 7(2), 112–125.
- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2016). *Transportation engineering: An introduction* (4th ed.). Pearson.
- May, A. D. (1990). *Traffic flow fundamentals*. Prentice Hall.

- Papacostas, C. S., & Prevedouros, P. D. (2015). *Transportation engineering and planning* (3rd ed.). Pearson.
- Ridha, M., Silviana, M., Amalia, A., Zardi, M., Sriana, T., & Khalis, M. (2025). Analisis hubungan volume, kecepatan dan kepadatan jalan dengan model Greenshields, Greenberg dan Underwood. *Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, 3(3), 877. <https://doi.org/10.55616/prince.v3i3.877>
- Sahrona, N. (2024). Eksplorasi nilai keadilan dan kesetaraan dalam mata kuliah pendidikan Pancasila di perguruan tinggi. *Jurnal Kewarganegaraan*, 8(1), 23–34.
- Setyaningtyas, D. R., Nurfadhila, R., Ramadani, S., & Dewi, D. A. (n.d.). Implementasi nilai-nilai pancasila dalam kehidupan bermasyarakat. *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan*.
- Sitanggang, D. (2024). Revitalisasi Pancasila sebagai ideologi terbuka di era digital. *Jurnal Filsafat dan Ideologi Pancasila*, 3(2), 78–92.
- Tamin, O. Z. (2017). *Perencanaan dan pemodelan transportasi* (2nd ed.). ITB Press.
- Underwood, R. T. (1961). Speed, volume, and density relationships: Quality and theory of traffic flow. *Highway Research Board Proceedings*.