

c76fbf9f62fc0d0f_Turnitin
By By Turnitin

WORD COUNT

2557

TIME SUBMITTED

30-APR-2026 06:15AM

PAPER ID

121389102

Analisis Pola Arus Lalu Lintas di Perempatan Jalan Menggunakan Konsep Divergensi Medan Vektor

Georgy Stevan Tarigan¹, Mutiara Anatasya², Ranti Turnip³, Yasmin⁴, Zaskia Khanaya⁵
^{1,2,3,4,5}Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Jalan Willem Iskandar, Pasar V Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara

¹georgytarigan289@gmail.com

²mutiaraanatasya@gmail.com

³rantiturnip106@gmail.com

⁴yasminhasibuan277@gmail.com

⁵zaskiakhana10@gmail.com

Abstrak

Persimpangan jalan menjadi lokasi krusial yang kerap memicu kemacetan karena menjadi titik temu berbagai arus kendaraan. Penelitian ini bertujuan mengkaji pola pergerakan lalu lintas di perempatan melalui pendekatan matematis dengan menerapkan konsep divergensi medan vektor, di mana arus kendaraan diperlakukan layaknya aliran fluida yang kontinu. Data yang digunakan dalam studi ini merupakan data simulasi volume kendaraan yang dikelompokkan ke dalam tiga skenario kepadatan, yaitu kondisi normal, padat, dan macet. Pergerakan kendaraan direpresentasikan sebagai medan vektor kecepatan dua dimensi, selanjutnya nilai divergensi ($\nabla \cdot v$) dihitung menggunakan metode turunan parsial untuk mendeteksi area yang berpotensi mengalami akumulasi kendaraan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa nilai divergensi mengalami peningkatan yang signifikan seiring bertambahnya kepadatan lalu lintas. Pada skenario normal dengan total 250 kendaraan, nilai divergensi tercatat sebesar 1,872 yang mencerminkan arus lalu lintas masih mengalir lancar dan menyebar. Pada skenario padat dengan total 430 kendaraan, nilai divergensi naik menjadi 3,222 yang menandakan mulai terjadi peningkatan konsentrasi kendaraan di kawasan persimpangan. Sementara pada skenario macet dengan total 710 kendaraan, nilai divergensi mencapai 5,328 yang mengonfirmasi terjadinya penumpukan kendaraan dan potensi kemacetan parah. Visualisasi medan vektor pada ketiga kondisi juga memperlihatkan perubahan pola aliran, di mana pada kondisi macet distribusi arus kendaraan tampak kurang merata dengan penurunan laju pergerakan akibat tingginya tingkat kepadatan. Pendekatan divergensi medan vektor terbukti handal dalam mengkuantifikasi tingkat kepadatan lalu lintas secara matematis dan spasial. Metodologi ini menyediakan kerangka analitis yang menjanjikan untuk pemetaan titik-titik rawan kemacetan di persimpangan jalan secara kuantitatif.

Kata kunci: Arus lalu lintas, divergensi, medan vektor, perempatan jalan, kemacetan

Abstract

Road intersections are crucial locations that often trigger traffic jams because they serve as meeting points for various vehicle flows. This study aims to examine traffic movement patterns at intersections through a mathematical approach by applying the concept of vector field divergence, where vehicle flow is treated like a continuous fluid flow. The data used in this study are simulated vehicle volume data grouped into three density scenarios: normal, dense, and congested. Vehicle movement is represented as a two-dimensional velocity vector field, and the divergence value ($\nabla \cdot v$) is then calculated using the partial derivative method to detect areas with potential vehicle accumulation. The research findings show that the divergence value increases significantly with increasing traffic density. In the normal scenario with a total of 250 vehicles, the divergence value is recorded at 1.872, indicating that traffic flow is still flowing smoothly and evenly. In the congested scenario with a total of 430 vehicles, the divergence value increases to 3.222, indicating an increase in vehicle concentration at the intersection area. Meanwhile, in the traffic jam scenario with a total of 710 vehicles, the divergence value reached 5.328, confirming the occurrence of vehicle buildup and the potential for severe congestion. Vector field visualization in all three conditions also shows changes in flow patterns, where in traffic jam conditions the distribution of vehicle flow appears less even with a decrease in movement speed

due to high density levels. The vector field divergence approach has proven reliable in quantifying traffic density levels mathematically and spatially. This methodology provides a promising analytical framework for quantitatively mapping congestion-prone points at road intersections.

Keywords: Traffic flow, divergence, vector field, intersection, congestion

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di wilayah perkotaan menyebabkan meningkatnya kepadatan lalu lintas pada jaringan jalan. Permasalahan tersebut sering terjadi pada titik persimpangan karena persimpangan merupakan tempat bertemunya arus kendaraan dari berbagai arah. Kondisi ini sering menimbulkan perlambatan arus kendaraan bahkan kemacetan lalu lintas (Putra & Hidayat, 2021).

Kemacetan pada persimpangan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, tetapi juga dipengaruhi oleh pola distribusi arus kendaraan yang masuk dan keluar dari persimpangan. Oleh karena itu diperlukan analisis yang mampu menggambarkan pola pergerakan kendaraan secara sistematis (Rahman et al., 2022).

Dalam beberapa penelitian, arus lalu lintas sering dimodelkan menggunakan pendekatan matematis yang memandang lalu lintas sebagai suatu sistem aliran. Pendekatan matematis memungkinkan analisis yang lebih terstruktur terhadap dinamika pergerakan kendaraan pada jaringan jalan (Prasetyo Wibowo, 2022).

Salah satu konsep matematika yang dapat digunakan untuk menganalisis pola arus kendaraan adalah konsep medan vektor. Dalam konteks lalu lintas, arah dan besar pergerakan kendaraan dapat direpresentasikan sebagai suatu medan vektor yang menggambarkan distribusi arus kendaraan pada suatu wilayah tertentu (Sari & Nugroho, 2023).

Konsep divergensi dalam medan vektor dapat digunakan untuk mengetahui apakah suatu aliran mengalami penyebaran atau justru mengalami penumpukan pada suatu titik tertentu. Dalam sistem lalu lintas, nilai divergensi dapat digunakan untuk mengidentifikasi area yang berpotensi mengalami kepadatan kendaraan (Pratama et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola arus lalu lintas pada persimpangan empat arah menggunakan konsep divergensi medan vektor melalui pendekatan simulasi matematis.

II. METODE

Dalam penelitian ini, analisis pola arus lalu lintas pada persimpangan empat arah dilakukan menggunakan metode simulasi matematis dalam kerangka pendekatan kuantitatif. Pendekatan ini digunakan untuk memodelkan distribusi arus kendaraan secara matematis menggunakan konsep medan vektor dan divergensi. Metode simulasi dipilih karena penelitian ini tidak menggunakan data lapangan secara langsung, tetapi menggunakan data yang disimulasikan untuk menggambarkan kondisi arus kendaraan pada persimpangan jalan.

Objek penelitian dalam studi ini adalah arus kendaraan yang melewati persimpangan empat arah yang terdiri dari arah utara, selatan, timur, dan barat. Arus kendaraan dari setiap arah direpresentasikan sebagai vektor yang memiliki arah dan besar tertentu. Dalam model ini, pergerakan kendaraan dinyatakan dalam sistem koordinat dua dimensi dengan sumbu x dan y.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data simulasi jumlah kendaraan yang melewati persimpangan dalam interval waktu tertentu. Data simulasi tersebut dibagi ke dalam tiga kondisi lalu lintas, yaitu kondisi lalu lintas normal, kondisi lalu lintas padat, dan kondisi kemacetan. Data simulasi jumlah kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Simulasi Jumlah Kendaraan pada Persimpangan

Kondisi Lalu Lintas	Arah Utara	Arah Selatan	Arah Timur	Arah Barat
Normal	65 Kendaraan	55 Kendaraan	70 Kendaraan	60 Kendaraan

	n	n	n	n
Padat	110 kendaraan	95 kendaraan	120 kendaraan	105 kendaraan
Macet	180 kendaraan	165 kendaraan	190 kendaraan	175 kendaraan

Tabel 1 menyajikan data simulasi volume kendaraan pada setiap lengan persimpangan yang dikelompokkan ke dalam tiga tingkat kepadatan lalu lintas. Pada skenario normal, tercatat sebanyak 250 kendaraan melintasi persimpangan dengan sebaran yang cukup merata di keempat arah. Skenario padat menunjukkan peningkatan volume lalu lintas menjadi 430 kendaraan, yang berarti terjadi kenaikan sebesar 72% dibandingkan kondisi normal. Adapun pada skenario macet, volume kendaraan mencapai 710 unit, mengalami peningkatan sekitar 65% dari kondisi padat atau setara dengan lonjakan 184% dari kondisi normal. Variasi volume kendaraan ini selanjutnya akan digunakan untuk mengkaji hubungan antara tingkat kepadatan lalu lintas dengan nilai divergensi medan vektor kecepatan kendaraan.. Medan vektor arus kendaraan dinyatakan dalam bentuk fungsi:

$$F(x, y) = (P(x, y), Q(x, y))$$

di mana $P(x, y)$ merupakan komponen arus kendaraan pada arah sumbu x , sedangkan $Q(x, y)$ merupakan komponen arus kendaraan pada arah sumbu y .

Untuk menganalisis pola distribusi arus kendaraan digunakan konsep divergensi medan vektor yang dirumuskan sebagai:

$$\nabla \cdot F = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y}$$

Nilai divergensi digunakan untuk menentukan apakah suatu titik pada area persimpangan mengalami penyebaran arus kendaraan atau justru mengalami penumpukan kendaraan. Nilai divergensi yang kecil menunjukkan bahwa arus kendaraan relatif stabil, sedangkan nilai divergensi yang besar menunjukkan adanya akumulasi kendaraan yang berpotensi menimbulkan kepadatan lalu lintas.

Tahapan penelitian dalam studi ini dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan model persimpangan jalan sebagai sistem koordinat dua dimensi.
2. Menyusun data simulasi jumlah kendaraan dari setiap arah pada tiga kondisi lalu lintas.
3. Membentuk model medan vektor arus kendaraan berdasarkan data simulasi.
4. Menghitung nilai divergensi dari medan vektor arus kendaraan.
5. Menganalisis hubungan antara nilai divergensi dan tingkat kepadatan lalu lintas pada area persimpangan.

Hasil perhitungan divergensi kemudian digunakan untuk mengidentifikasi pola distribusi arus kendaraan serta potensi terjadinya kepadatan lalu lintas pada persimpangan jalan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Matematis Arus Lalu Lintas

Analisis pola arus lalu lintas pada penelitian ini dimodelkan menggunakan konsep **divergensi medan vektor**. Arus kendaraan pada persimpangan dianggap sebagai suatu aliran kontinu yang dapat dimodelkan menggunakan **persamaan kontinuitas**, yaitu :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

Persamaan tersebut menyatakan bahwa perubahan kepadatan kendaraan terhadap waktu dipengaruhi oleh divergensi dari aliran kendaraan. Dalam penelitian ini diasumsikan kondisi lalu lintas **stasioner**, sehingga:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

Dengan demikian persamaan menjadi:

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{v})$$

3.2 Data Simulasi Arus Kendaraan

Data kendaraan disimulasikan pada sebuah persimpangan empat arah.

Kondisi 1 – Lalu Lintas Normal

Arah	Kendaraan
Utara → Selatan	65
Selatan → Utara	55
Timur → Barat	70
Barat → Timur	60

Total kendaraan :

$$N = 65 + 55 + 70 + 60$$

$$N = 250$$

Misalkan area pengamatan sekitar persimpangan $A = 120 \text{ m}^2$

Maka kepadatan kendaraan:

$$\rho = \frac{N}{A}$$

$$\rho = \frac{250}{120}$$

$$\rho = 2.08 \text{ kendaraan/m}^2$$

Kondisi 2 – Lalu Lintas Padat

Arah	Kendaraan
Utara → Selatan	110
Selatan → Utara	95
Timur → Barat	120
Barat → Timur	105

Total Kendaraan :

$$N = 110 + 95 + 120 + 105 = 430$$

Misalkan area pengamatan sekitar persimpangan

$$A = 120 \text{ m}^2$$

Maka kepadatan kendaraan:

$$\rho = \frac{N}{A}$$

$$\rho = \frac{430}{120}$$

$$\rho = 3.58 \text{ kendaraan/m}^2$$

Kondisi 3 – Kemacetan

Arah	Kendaraan
Utara → Selatan	180
Selatan → Utara	165
Timur → Barat	190
Barat → Timur	175

Total Kendaraan :

$$N = 180 + 165 + 190 + 175 = 710$$

Misalkan area pengamatan sekitar persimpangan

$$A = 120 \text{ m}^2$$

Maka kepadatan kendaraan:

$$\rho = \frac{N}{A}$$

$$\rho = \frac{710}{120}$$

$$\rho = 5.92 \text{ kendaraan/m}^2$$

3.3 Model Medan Vektor Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan dimodelkan sebagai medan vektor dua dimensi

$$v(x, y) = (u(x, y), v(x, y))$$

dengan model simulasi

Kondisi 1- Lalu Lintas Normal:

$$u(x, y) = 0.4x - 0.2y + 6$$

$$v(x, y) = 0.3x + 0.5y + 4$$

Sehingga:

$$\rho v = \rho \cdot v(x, y)$$

$$\rho v = 2.08(0.4x - 0.2y + 6, 0.3x + 0.5y + 4)$$

Komponen pertama :

$$F_1 = 2.08(0.4x - 0.2y + 6)$$

$$F_1 = 0.832x - 0.416y + 12.48$$

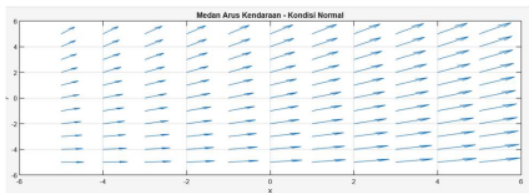
Komponen Kedua :

$$F_2 = 2.08(0.3x + 0.5y + 4)$$

$$F_2 = 0.624x + 1.04y + 8.32$$

Maka:

$$F(x, y) = (0.832x - 0.416y + 12.48, 0.624x + 1.04y + 8.32)$$



Gambar 1. Grafik Medan Arus Kendaraan Normal

Berdasarkan diagram medan arus kendaraan, sebagian besar vektor menunjukkan arah ke timur laut. Hal ini menandakan bahwa aliran kendaraan pada persimpangan cenderung bergerak menuju arah timur dengan komponen gerak ke arah utara. Perubahan panjang vektor dipengaruhi oleh nilai koordinat x dan y , yang merepresentasikan variasi kecepatan kendaraan pada berbagai titik dalam area pengamatan.

Kondisi 2 – Lalu Lintas Padat

$$u(x, y) = 0.4x - 0.2y + 6$$

$$v(x, y) = 0.3x + 0.5y + 4$$

Sehingga:

$$\rho v = \rho \cdot v(x, y)$$

$$\rho v = 3.58(0.4x - 0.2y + 6, 0.3x + 0.5y + 4)$$

Komponen pertama :

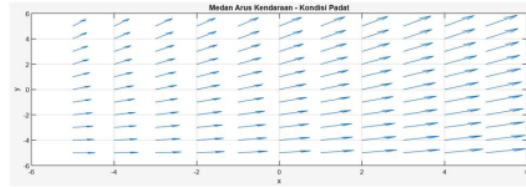
$$F_1 = 1.432x - 0.716y + 21.48$$

Komponen kedua :

$$F_2 = 1.074x + 1.79y + 14.32$$

Maka:

$$F(x, y) = (1.432x - 0.716y + 21.48, 1.074x + 1.79y + 14.32)$$



Gambar 2. Grafik Medan Arus Kendaraan Lalu Lintas Padat

Visualisasi medan arus kendaraan pada kondisi lalu lintas padat memperlihatkan bahwa mayoritas vektor masih memiliki arah dominan menuju timur laut. Hal ini menunjukkan bahwa pergerakan kendaraan di area persimpangan cenderung mengalir ke arah timur dengan tambahan komponen gerak menuju utara. Dibandingkan dengan kondisi lalu lintas normal, panjang vektor pada kondisi padat tampak lebih besar yang menandakan meningkatnya intensitas arus kendaraan seiring bertambahnya kepadatan kendaraan. Selain itu, variasi panjang vektor dipengaruhi oleh perubahan nilai koordinat x dan y , yang menggambarkan perbedaan kecepatan kendaraan pada berbagai titik dalam wilayah pengamatan.

Kondisi 3 – Kemacetan

$$u(x, y) = 0.4x - 0.2y + 6$$

$$v(x, y) = 0.3x + 0.5y + 4$$

Sehingga:

$$\rho v = \rho \cdot v(x, y)$$

$$\rho v = 5.92(0.4x - 0.2y + 6, 0.3x + 0.5y + 4)$$

Komponen pertama :

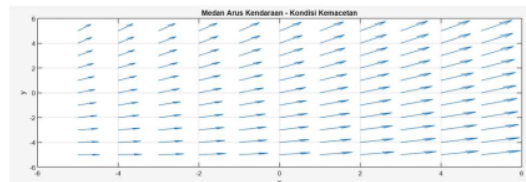
$$F_1 = 2.368x - 1.184y + 35.52$$

Komponen kedua :

$$F_2 = 1.776x + 2.96y + 23.68$$

Maka:

$$F(x, y) = 5.92(0.4x - 0.2y + 6, 0.3x + 0.5y + 4)$$



Gambar 3. Grafik Medan Arus Kendaraan Kemacetan

Visualisasi medan arus kendaraan pada kondisi kemacetan memperlihatkan bahwa sebagian besar vektor tetap mengarah ke timur laut, tetapi distribusi arus kendaraan tampak kurang merata. Kondisi ini menunjukkan bahwa kendaraan masih bergerak dominan ke arah timur dengan komponen ke utara, namun laju pergerakannya menurun karena tingginya tingkat kepadatan lalu lintas. Perbedaan panjang vektor pada beberapa titik mencerminkan variasi kecepatan kendaraan di sekitar area persimpangan.

3.4 Perhitungan Divergensi

Kondisi 1 - Lalu Lintas Normal

$$\nabla \cdot F = \frac{\partial F_1}{\partial x} + \frac{\partial F_2}{\partial y}$$

Turunan Pertama :

$$\frac{\partial}{\partial x}(0.832x - 0.416y + 12.48) = 0.832$$

Turunan Kedua :

$$\frac{\partial}{\partial y}(0.624x + 1.04y + 8.32) = 1.04$$

Sehingga:

$$\nabla \cdot (\rho v) = 0.832 + 1.04$$

$$\nabla \cdot (\rho v) = 1.872$$

Nilai divergensi positif menunjukkan arus kendaraan masih menyebar secara normal, sehingga tidak terjadi penumpukan kendaraan pada pusat persimpangan.

Kondisi 2 – Lalu Lintas Padat

$$\nabla \cdot F = \frac{\partial F_1}{\partial x} + \frac{\partial F_2}{\partial y}$$

Turunan pertama:

$$\frac{\partial}{\partial x}(1.432x - 0.716y + 21.48) = 1.432$$

Turunan kedua:

$$\frac{\partial}{\partial y}(1.074x - 1.79y + 14.32) = 1.79$$

Sehingga:

$$\nabla \cdot (\rho v) = 1.432 + 1.79$$

$$\nabla \cdot (\rho v) = 3.222$$

Nilai divergensi meningkat dibandingkan kondisi normal. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kepadatan arus kendaraan pada area persimpangan.

Kondisi 3 – Kemacetan

$$\nabla \cdot F = \frac{\partial F_1}{\partial x} + \frac{\partial F_2}{\partial y}$$

Turunan pertama:

$$\frac{\partial}{\partial x}(2.368x - 1.184y + 35.52) = 2.368$$

Turunan kedua:

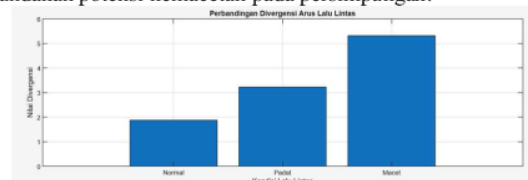
$$\frac{\partial}{\partial y}(1.776x - 2.96y + 23.68) = 2.96$$

Sehingga:

$$\nabla \cdot (\rho v) = 2.368 + 2.96$$

$$\nabla \cdot (\rho v) = 5.328$$

Nilai divergensi yang jauh lebih besar menunjukkan konsentrasi arus kendaraan meningkat secara signifikan, yang menandakan potensi kemacetan pada persimpangan.



Gambar 4. Grafik divergensi setiap kondisi

Berdasarkan grafik perbandingan divergensi, terlihat bahwa nilai divergensi arus kendaraan mengalami peningkatan dari kondisi lalu lintas normal hingga kondisi kemacetan. Pada kondisi normal nilai divergensi sebesar 1,872 yang menggambarkan aliran kendaraan masih cukup stabil. Saat lalu lintas menjadi padat, nilai divergensi meningkat menjadi 3,222 yang menunjukkan adanya peningkatan kepadatan arus kendaraan di persimpangan. Pada kondisi macet, nilai divergensi mencapai 5,328 yang mengindikasikan tingginya akumulasi kendaraan sehingga pergerakan lalu lintas menjadi semakin terhambat.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan konsep divergensi medan vektor untuk mengkaji pola arus lalu lintas di persimpangan jalan melalui simulasi matematis. Dengan memperlakukan pergerakan kendaraan sebagai fluida kontinu yang direpresentasikan dalam medan vektor dua dimensi, nilai divergensi ($\nabla \cdot \mathbf{v}$) terbukti mampu mengukur tingkat kepadatan lalu lintas secara kuantitatif dan terstruktur. Hasil analisis memperlihatkan korelasi positif antara peningkatan jumlah kendaraan dengan kenaikan nilai divergensi. Pada kondisi normal dengan 250 kendaraan, nilai divergensi tercatat 1,872 yang mengindikasikan aliran lalu lintas masih lancar dan terdistribusi dengan baik, diperkuat oleh visualisasi medan vektor yang menunjukkan pola pergerakan teratur menuju timur laut. Saat volume meningkat menjadi 430 kendaraan pada kondisi padat, nilai divergensi naik menjadi 3,222 yang menandakan akumulasi kendaraan mulai terjadi di area persimpangan, terlihat dari panjang vektor yang lebih besar mencerminkan intensitas arus yang meningkat. Pada kondisi macet dengan 710 kendaraan, nilai divergensi mencapai 5,328 yang mengonfirmasi penumpukan kendaraan signifikan, dengan distribusi arus yang tidak merata dan penurunan kecepatan pergerakan akibat kepadatan tinggi. Hal ini membuktikan bahwa metode divergensi medan vektor merupakan alat analisis yang efektif untuk mengidentifikasi lokasi rawan kemacetan dengan ketelitian spasial yang lebih unggul dibandingkan metode konvensional. Konsistensi peningkatan nilai divergensi pada setiap tahap kepadatan menunjukkan sensitivitas metode ini dalam menangkap perubahan dinamika arus kendaraan. Untuk pengembangan selanjutnya, model ini dapat diintegrasikan dengan variabel lapangan seperti durasi lampu lalu lintas, jenis kendaraan, dan data aktual guna meningkatkan akurasi serta relevansinya dalam praktik manajemen lalu lintas perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firmansyah, H., & Yuliana, R. (2021). Pendekatan model matematis pada sistem transportasi perkotaan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(2), 145–153.
- [2] Hidayati, L., & Rahman, A. (2023). Pendekatan matematis dalam analisis kepadatan lalu lintas perkotaan. *Jurnal Ilmiah Transportasi*, 5(1), 25–33.
- [3] Hudzaifah, M., & Rismayadi, A. A. (2021). Peramalan arus lalu lintas berdasarkan waktu tempuh dan cuaca menggunakan metode *time series decomposition*. *Jurnal Responsif*, 3(2), 207–215.
- [4] Iqbal, M., & Kurniawan, R. (2020). Analisis arus lalu lintas pada persimpangan bersinyal menggunakan pendekatan simulasi. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(3), 201–210.
- [5] Kloeden, P. E., & Lorenz, T. (2016). Nonlocal multi-scale traffic flow models: Analysis beyond vector spaces. *Bulletin of Mathematical Sciences*, 6(3), 453–514.
- [6] Nugraha, A., & Saputra, T. (2024). Analisis pola distribusi kendaraan pada persimpangan jalan menggunakan model matematis. *Jurnal Teknik Transportasi*, 7(1), 15–24.
- [7] Prasetyo, S., & Wibowo, A. (2022). Pemodelan dinamika lalu lintas menggunakan persamaan diferensial. *Jurnal Matematika Integratif*, 18(2), 113–122.
- [8] Pratama, F., Wijaya, R., & Santoso, A. (2024). Analisis kepadatan lalu lintas menggunakan pendekatan matematis. *Jurnal Teknik ITS*, 13(1), A45–A50.
- [9] Putra, R., & Hidayat, T. (2021). Analisis kinerja persimpangan jalan pada kawasan perkotaan. *Jurnal Transportasi*, 21(2), 101–110.
- [10] Rahman, A., Setiawan, B., & Nugraha, D. (2022). Model analisis arus lalu lintas pada jaringan jalan perkotaan. *Jurnal Transportasi Nasional*, 14(1), 55–64.
- [11] Saputra, N., & Wulandari, D. (2022). Analisis distribusi arus kendaraan menggunakan metode simulasi. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 11(3), 233–241.
- [12] Sari, D., & Nugroho, H. (2023). Pemodelan matematis arus kendaraan menggunakan pendekatan medan vektor. *Jurnal Matematika dan Aplikasinya*, 22(1), 67–75.
- [13] Wahyunanda, I., Muthohar, I., & Irawan, M. Z. (2021). Model mikrosimulasi arus lalu lintas untuk memprediksi *level of service* terhadap perubahan pola pelayanan angkutan lanjutan (Studi kasus pada kawasan Stasiun Palmerah Jakarta). *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 23(1), 18–29.

6%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	Kevin Marito Sihombing, Sylva Anastasya Situmorang, Ilhamsyah Harefa, Budi Halomoan Siregar. "Peningkatan Pemahaman Konsep Matematika Siswa Pada Materi Teorema Pythagoras Melalui Pendekatan Realistic Mathematics Education Berbantuan Alat Peraga Papan Triple Pythagoras", Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika, 2025 Crossref	29 words — 1%
2	eproceeding.itenas.ac.id Internet	14 words — 1%
3	etd.umy.ac.id Internet	12 words — 1%
4	www.slideshare.net Internet	11 words — < 1%
5	dspace.uii.ac.id Internet	9 words — < 1%
6	www.researchgate.net Internet	9 words — < 1%
7	zombiedoc.com Internet	9 words — < 1%

8 Secilya Nainggolan, Ping A, Angmalisang, Wilmy E. 8 words — < 1 %
Pelle, Darus S. J. Paransa, Royke M. Rampengan, N.
Gustaf F. Mamangkey. "KARAKTERISTIK ARUS PERMUKAAN
LAUT DI PERAIRAN MIANGAS KABUPATEN TALAUD PROVINSI
SULAWESI UTARA", JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS, 2025
Crossref

9 docobook.com 8 words — < 1 %
Internet

10 docplayer.info 8 words — < 1 %
Internet

11 pt.scribd.com 8 words — < 1 %
Internet

12 www.repository.trisakti.ac.id 8 words — < 1 %
Internet

EXCLUDE QUOTES ON
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF