

ANALISIS KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS DENGAN MODEL GREENSHIELDS DAN GREENBERG (STUDI KASUS: RUAS JALAN ADINEGORO, KOTA PADANG)

Priscia Mayang Kania¹, Rizky Indra Utama²

^{1,2} Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: frisciakania12@gmail.com

Abstrak: Pertambahan penduduk dan jumlah kendaraan setiap tahun dapat memicu peningkatan volume kendaraan dan berkontribusi terhadap kemacetan lalu lintas. Ruas Jalan Adinegoro merupakan salah satu jalan utama yang memiliki volume lalu lintas yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas melalui pendekatan dua model matematis yaitu model *Greenshields* dan *Greenberg* untuk mengetahui hubungan volume, kecepatan dan kepadatan serta menentukan model yang paling sesuai dengan kondisi eksisting lalu lintas. Metode *Greenshields* mengasumsikan hubungan kecepatan dan kepadatan yang linier. Sedangkan, model *Greenberg* termasuk dalam metode pemodelan non-linier karena menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan fungsi logaritmik bukan linier seperti pada model *Greenshields*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Greenberg* memberikan nilai koefisien determinasi (r^2) yaitu 0,840 yang memiliki arti bahwa kesesuaian model sebesar 84%. Sedangkan pada model *Greenshields* koefisien determinasinya (r^2) diperoleh 0,786 dengan kesesuaian model 78,6%. Besar koefisien determinasi berkisar antara -1 sampai +1, jika semakin mendekati +1 berarti hubungan antar variabel dapat dikatakan sempurna. Sehingga dari nilai r^2 tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang paling mendekati kondisi eksisting lalu lintas yaitu model *Greenberg*.

Kata Kunci: Arus Lalu Lintas, *Greenshields*, *Greenberg*

Abstract: The annual increase in population and the number of vehicles can lead to a rise in traffic volume and contribute to traffic congestion. Adinegoro Street is one of the main roads with a relatively high traffic volume. This study aims to analyze the characteristics of traffic flow using two mathematical models, namely the *Greenshields* and *Greenberg* models, to determine the relationship between volume, speed, and density, and to identify the model that best fits existing traffic conditions. The *Greenshields* model assumes a linear relationship between speed and density. On the other hand, the *Greenberg* model is classified as a nonlinear modeling method, as it describes the relationship between speed and density using a logarithmic function, unlike the linear approach of the *Greenshields* model. The results show that the *Greenberg* model yields a coefficient of determination (R^2) of 0.840, indicating that the model accounts for 84% of the variation in the data. In comparison, the *Greenshields* model produces an R^2 value of 0.786, meaning it explains 78.6% of the variation. The coefficient of determination ranges from -1 to +1, where values closer to +1 indicate a stronger correlation between variables. Therefore, based on the R^2 values, it can be concluded that the *Greenberg* model more accurately represents the existing traffic conditions on Adinegoro Street.

Keywords: Traffic flow, *Greenshields*, *Greenberg*.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah perkotaan berdampak langsung terhadap meningkatnya kebutuhan mobilitas masyarakat. Salah satu konsekuensi utama dari kondisi ini adalah bertambahnya volume kendaraan di jalan

raya, yang kemudian berkontribusi terhadap permasalahan lalu lintas seperti kemacetan.

Kemacetan lalu lintas merupakan akibat dari ketidakseimbangan antara peningkatan jumlah kendaraan dan perluasan infrastruktur jalan yang disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan

masyarakat akan transportasi dan tingginya daya beli masyarakat (Marunsenge et al., 2015).

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh BPS tahun 2024 Kota Padang memiliki populasi penduduk yang berjumlah sebanyak 942.177 jiwa. Pesatnya pertumbuhan penduduk, jumlah kendaraan dan aktivitas masyarakat juga akan ikut bertambah sehingga tidak sebanding dengan perkembangan sarana dan prasarana dan menimbulkan konflik lalu lintas.

Jalan Adinegoro merupakan salah satu jalan utama di Kota Padang yang memiliki volume lalu lintas yang cukup padat. Jalan ini termasuk dalam kategori jalan arteri sekunder 4/2 D. Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 58 Tahun 2012, Jalan Adinegoro diklasifikasikan sebagai jalan III A dan menghubungkan berbagai pusat kegiatan termasuk pusat pendidikan, perekonomian dan lain-lain. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Ruas Jalan Adinegoro
Sumber: Google Earth, 2025

Jalan ini termasuk dalam kategori jalan arteri sekunder 4/2 D memiliki kecepatan rata-rata 60 km/jam, memiliki panjang 9,4 km dimulai dari Tabing dan berakhir di batas Kota Padang. Salah satu masalah kemacetan yang dapat memperparah kemacetan lalu lintas pada Ruas Jalan Adinegoro adalah adanya hambatan samping. Hambatan samping dapat mempengaruhi kinerja lalu lintas, seperti aktivitas pada sisi jalan termasuk pejalan kaki, kendaraan pribadi atau umum yang berhenti sembarangan sehingga mengurangi kecepatan kendaraan yang melalui jalan tersebut. Berdasarkan penelitian Maptuhi et al., (2018) kemacetan di jalan merupakan akibat utama dari hambatan samping.

Salah satu titik kemacetan di Jalan Adinegoro yaitu di depan Stasiun Tabing. Banyaknya angkutan umum yang berhenti sembarangan mencari penumpang tanpa mempertimbangkan posisi berhenti yang membuat kecepatan kendaraan lain menurun. Selain itu, banyaknya pedagang kaki lima yang berjualan pada sisi jalan yang mengundang pembeli untuk berhenti pada sisi

jalan. Kondisi macet pada Jalan Adinegoro dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi macet Jalan Adinegoro di depan Stasiun Tabing

Sumber: Dokumentasi Lapangan (April 2025)
Hambatan samping ini dapat mengurangi lebar efektif jalan, menurunkan kecepatan dan meningkatkan volume lalu lintas yang pada akhirnya menimbulkan masalah yang signifikan yaitu tundaan lalu lintas.

Untuk memahami dan mengevaluasi kondisi lalu lintas secara kuantitatif, diperlukan model yang mampu merepresentasikan hubungan antara parameter utama arus lalu lintas, yaitu volume, kecepatan, dan kepadatan. Dua model yang umum digunakan dalam analisis lalu lintas adalah model *Greenshields* dan model *Greenberg*.

Model *Greenshields* mengasumsikan hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan, sedangkan model *Greenberg* menggunakan pendekatan non-linier melalui fungsi logaritmik. Pemilihan model yang tepat sangat penting untuk menghasilkan representasi kondisi lalu lintas yang akurat, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pengelolaan transportasi.

Penelitian dengan menggunakan model *Greenshields* dan *Greenberg* juga pernah dilakukan oleh beberapa penelitian lain, seperti penelitian yang dilakukan oleh Atthallah et al., (2024), Irfan Syah et al., (2023), Lasmita et al., (2023) dan Syammaun et al., (2020). Hasil dari penelitian tersebut menghasilkan hubungan volume, kecepatan dan kepadatan.

Dengan menggunakan kedua model tersebut penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas di ruas Jalan Adinegoro, Kota Padang dengan membandingkan dua model tersebut guna menentukan model mana yang paling sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan. Melalui pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan lalu lintas perkotaan dan pengambilan keputusan oleh pihak berwenang terkait peningkatan kinerja jaringan jalan.

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Menurut Sinambela et.al., (2020) metode kuantitatif merupakan suatu jenis penelitian yang menggunakan angka-angka untuk mengolah data dan menghasilkan informasi yang terorganisir. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi yang menjelaskan ciri-ciri objek, peristiwa atau situasi. Model Greenshields dan Greenberg digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yaitu pada Ruas Jalan Adinegoro di depan Stasiun Tabing. Penelitian dilakukan pada hari Sabtu, 19 April 2025, hari Minggu, 20 April 2025 dan hari Senin, 21 April 2025. Penelitian dilakukan selama 6 jam pada pukul 06.45-07.45 WIB bertepatan dengan waktu pergi bekerja atau sekolah, pukul 12.00-14.00 bertepatan dengan waktu pulang sekolah atau kampus, pukul 14.00-16.00 merupakan waktu pulang bekerja.

C. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil survei di lapangan. Survei yang dilakukan meliputi:

- Survei Data Geometrik Jalan
- Survei Jumlah Kendaraan
- Survei Kecepatan Lalu Lintas

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan adalah informasi yang dikumpulkan secara tidak langsung melalui perantara atau pihak lain. Data ini meliputi:

- Peta Lokasi
- Jumlah Penduduk Tahun 2024

D. Teknik Pengolahan Data

Data yang diperoleh berdasarkan survei di lapangan kemudian dianalisis sebagai berikut:

1. Menghitung Volume Lalu Lintas

Perhitungan volume lalu lintas dilakukan setiap interval waktu 15 menit selama 6 jam waktu survei. Setelah data volume terkumpul, maka jumlah kendaraan pada satuan kendaraan per jam (kend/jam) dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (smp), dengan cara dikonversikan jumlah setiap jenis kendaraan kedalam satuan mobil penumpang (smp).

2. Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan lalu lintas diperoleh dengan membagi volume kendaraan (smp/jam) dengan kecepatan (km/jam). Berikut persamaan yang digunakan: $D = \frac{Q}{V}$

Dimana: D = Kepadatan (smp/km)

Q = Volume (smp/jam)

V = Kecepatan (km/jam)

3. Model Greenshields

Menurut Tamin (2008) *Greenshield* menyimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier. Menurut Tamin (2008), model *Greenshields* dapat diuraikan sebagai berikut:

$$V_s = V_f - \frac{V_f}{D_j} \cdot D$$

Dimana:

V_s = kecepatan (km/jam)

V_f = kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)

D_j = kepadatan kondisi jam (smp/jam)

D = kepadatan (smp/km)

Untuk mendapatkan nilai koefisien regresi digunakan persamaan berikut:

$$b = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

$$a = \bar{y}_i - b \cdot \bar{x}_i$$

Kemudian nilai D_j diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$D_j = \frac{V_f}{b}$$

Menentukan volume maksimum dengan persamaan:

$$Q_{maks} = \frac{D_j \times V_f}{4}$$

Nilai kepadatan pada saat volume maksimum (D_m) diperoleh dengan persamaan berikut:

$$D_m = \frac{1}{2} \times D_j$$

Nilai kecepatan saat volume maksimum (V_m) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_m = \frac{V_f}{2}$$

Besar koefisien korelasi berkisar antara -1 sampai +1 ($-1 < r < +1$) (Sudjana, 2002). Variabel independen dan dependen tidak memiliki hubungan jika nilai koefisien korelasi sama dengan 0 (nol), sebaliknya hubungan yang sempurna dikatakan ada jika nilai koefisien korelasi sama dengan 1 (satu).

Untuk memperoleh koefisien determinasi (r^2) dengan persamaan:

$$r = \frac{n \sum xiyi - (\sum xi) - (\sum yi)}{\sqrt{[n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2][n(\sum yi^2) - (\sum yi)^2]}}$$

4. Metode *Greenshields*

Model yang digunakan *Greenberg* (1959) untuk mengukur kecepatan, arus dan kepadatan di Terowongan Lincoln (*Lincoln Tunnel*) dan kemudian menyimpulkan bahwa model non linier yang lebih cocok digunakan yaitu fungsi eksponensial. Model ini dapat dapat diuraikan sebagai berikut:

$$D = V_s \times V_m \cdot \ln(D_j/D)$$

dimana:

V_m = Kecepatan pada saat volume maksimum (km/jam)

D_j = Kepadatan pada saat macet (smp/km)

Untuk mendapatkan nilai koefisien regresi digunakan persamaan berikut:

$$b = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

Kemudian nilai D_j diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$D_j = \exp\left(\frac{V_m}{e}\right)$$

Menentukan volume maksimum dengan persamaan:

$$Q_{maks} = D_j \times \frac{V_m}{e}$$

Nilai kepadatan pada saat volume maksimum (D_m) diperoleh dengan persamaan berikut:

$$D_m = \frac{1}{2} \times D_j$$

Nilai kecepatan saat volume maksimum (V_m) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_s = V_m$$

Besar koefisien korelasi berkisar antara -1 sampai +1 ($-1 < r < +1$) (Sudjana, 2002). Untuk memperoleh koefisien determinasi (r^2) dengan persamaan:

$$r = \frac{n \sum xiyi - (\sum xi) - (\sum yi)}{\sqrt{[n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2][n(\sum yi^2) - (\sum yi)^2]}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Volume Lalu Lintas Maksimum dan Kepadatan Lalu Lintas Maksimum

Berdasarkan data survei dan analisis data yang telah dilakukan, diperoleh volume lalu lintas maksimum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Maksimum

Arah	Hari/Tanggal	Interval Waktu	Volume Lalu Lintas
			Smp/Jam
Utara- Selatan	Sabtu/19 April 2025	17.00-18.00	1621,95
	Minggu/20 April 2025	12.00-13.00	1548,6
	Senin/21 April 2025	17.00-18.00	1982,15
Selatan-Utara	Sabtu/19 April 2025	13.00-14.00	1989,95
	Minggu/20 April 2025	16.00-17.00	1961,55
	Senin/21 April 2025	06.45-07.45	2116,1

Berdasarkan Tabel 1 tentang rekapitulasi nilai maksimum volume lalu lintas tersebut, dapat disimpulkan volume lalu lintas maksimum arah Utara - Selatan terjadi pada hari Senin, 21 April 2025 dengan nilai sebesar 1982,15 smp/jam pada interval waktu 17.00-18.00. Adapun nilai volume lalu lintas maksimum untuk arah Selatan-Utara pada hari Senin, 21 April 2025 pukul 06.45-07.45 dengan nilai sebesar 2116,1 smp/jam. Volume arah Selatan-Utara lebih tinggi daripada arah Selatan-Utara pada hari dan interval waktu yang sama karena banyaknya pengendara pulang bekerja pada jam tersebut.

Sedangkan untuk kepadatan lalu lintas maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Kepadatan Lalu Lintas Maksimum

Arah	Hari/Tanggal	Interval Waktu	Volume Lalu Lintas
			Smp/Jam
Utara- Selatan	Sabtu/19 April 2025	16.00-17.00	75.4116
	Minggu/20 April 2025	17.00-18.00	74.0189
	Senin/21 April 2025	17.00-18.00	78.2883
Selatan-Utara	Sabtu/19 April 2025	12.00-13.00	52.7826
	Minggu/20 April 2025	16.00-17.00	83.1311
	Senin/21 April 2025	17.00-18.00	72.5577

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa kepadatan maksimum terjadi arah Utara-Selatan terjadi pada hari Senin, 21 April 2025 sebesar 78,29 smp/km pada interval waktu 17.00-18.00. Sedangkan nilai kepadatan tertinggi pada arah Selatan-Utara sebesar 83,1311 smp/km pada interval waktu 16.00-17.00. Kepadatan maksimum pada arah Utara-Selatan dan arah Selatan-Utara terjadi pada interval waktu pada jam sore, ini disebabkan karena banyaknya *stand* pedagang pada sore ke malam hari yang menjadi hambatan samping.

2. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan dengan Model *Greenshields* dan *Greenberg*

Setelah dilakukan analisis secara matematis dengan model *Greenshields* dan *Greenberg* diperoleh volume maksimum (Q_m), Kecepatan Maksimum (V_m) dan Kepadatan Maksimum (D_m) dapat dilihat pada Tabel. 3

Tabel 3. Rekapitulasi Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan.

Arah	Hari/Tanggal	Model Greenshields			Model Greenberg		
		Qm	Vm	Dm	Qm	Vm	Dm
		Smp/Jam	Km/Jam	Km/Jam	Smp/Jam	Km/Jam	Smp/Km
Utara-Selatan	Sabtu/19 April 2025	1630,95	21,37	152,64	1783,77	14,64	331,203
	Minggu/20 April 2025	1988,42	20,435	194,61	2161,26	14,55	468,604
	Senin/21 April 2025	1958	17,704	221,3	2987,91	11,24	522,68
Selatan-Utara	Sabtu/19 April 2025	2065,15	22,17	186,302	2508,27	13,24	484,55
	Minggu/20 April 2025	1666,05	18,70	178,14	2360,10	9,574	848,25
	Senin/21 April 2025	408,31	9,67	84,45	39,156	16,03	5,951

Berdasarkan Tabel 3, nilai volume maksimum pada arah Utara-Selatan yang dianalisis menggunakan model *Greenshields* diperoleh nilai maksimum pada hari Sabtu, 19 April 2025 untuk Q_{max} sebesar 1630,95 smp/jam, D_m sebesar 152,64 smp/km dan V_m sebesar 21,37 km/jam. Sedangkan pada arah Selatan – Utara diperoleh nilai maksimum pada hari Sabtu, 19 April 2025 untuk Q_{max} sebesar 2065,95 smp/jam, D_m sebesar 186,302 smp/km dan V_m diperoleh 22,17 km/jam. Analisis secara matematis dengan model *Greenberg* pada arah Utara- Selatan diperoleh nilai maksimum pada Senin, 21 April 2025 untuk Q_{maks} sebesar 1783,77 smp/jam, D_m sebesar 522,68 smp/km, dan V_m sebesar 11,24 km/jam dan nilai maksimum pada arah Selatan-Utara dengan model *Greenberg* pada hari Sabtu, 19 April 2025 untuk Q_{maks} sebesar 2508,27 smp/jam, D_m sebesar 484,25 dan V_m sebesar 9,574 km/jam. Secara umum berdasarkan perhitungan secara matematis dengan model *Greenshields* dan *Greenberg* dapat disimpulkan bahwa setiap volume maksimum mengalami peningkatan, kepadatan maksimum juga akan meningkat dan begitu juga kecepatan akan menurun.

3. Model yang Paling Mendekati Kondisi Eksisting

Untuk mengetahui model yang mendekati kondisi eksisting lalu lintas yaitu perolehan dari nilai koefisien determinasi (r^2). Berikut Tabel 4 nilai r^2 dari model *Greenshields* dan *Greenberg*.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Koefisien Determinasi (r^2)

Arah	Hari/Tanggal	Model Greenshields	Model Greenberg
Utara- Selatan	Sabtu/19 April 2025	0,449	0,840
	Minggu/20 April 2025	0,512	0,459
	Senin/21 April 2025	0,499	0,495
Selatan-Utara	Sabtu/19 April 2025	0,646	0,608
	Minggu/20 April 2025	0,786	0,605
	Senin/21 April 2025	0,324	0,514

Dari Tabel 4 tentang rekapitulasi nilai

koefisien determinasi (r^2) diperoleh nilai tertinggi dari analisis matematis model *Greenshields* pada arah Utara-Selatan sebesar 0,449 dan pada arah Selatan-Utara diperoleh nilai tertinggi sebesar 0,786. Sedangkan dengan analisis secara matematis dengan model *Greenberg* diperoleh nilai tertinggi pada arah Utara-Selatan sebesar 0,840 dan pada arah Selatan-Utara diperoleh sebesar 0,608. Nilai koefisien determinasi model *Greenberg* lebih besar dibandingkan dengan nilai koefien determinasi model *Greenshields*.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai volume maksimum diperoleh sebesar 2116,1 smp/jam pada hari Senin, 21 April 2025 pada interval waktu 06.45-07.45. Sedangkan nilai kepadatan maksimum yang diperoleh sebesar 83,1311 km/jam pada hari Minggu, 20 April 2025. Nilai tersebut dapat mengidentifikasi bahwa kondisi arus lalu lintas pada Ruas Jalan Adinegoro, Padang mengalami kemacetan. Kemacetan pada Ruas Jalan Adinegoro terjadi ketika volume lalu lintas meningkat seiring dengan dengan peningkatan aktivitas masyarakat.
2. Berdasarkan model matematis dengan metode *Greenshield* dan *Greenberg* didapatkan hubungan volume, kecepatan dan kepadatan yaitu ketika volume lalu lintas meningkat maka kepadatan akan meningkat juga dan kecepatan akan menurun sehingga pada kondisi ini akan mengalami tundaan lalu lintas.
3. Dalam analisis matematis dengan model *Greenshields* dan *Greenberg* diperoleh nilai koefisien determinasi tertinggi pada model *Greenberg* sebesar 0,840 yang memiliki arti bahwa mempunyai kesesuaian model sebesar 84% dengan tingkat kepercayaan atau meyakinkan dalam menggambarkan hubungan volume, kecepatan dan kepadatan. Sedangkan pada model *Greenshields* sebesar 0,786 dengan tingkat kepercayaan 78,6%. Jika koefisien determinasi suatu model mendekati +1 maka menunjukkan model yang lebih baik. Jadi, model yang lebih baik digunakan untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas pada Jalan Adinegoro yaitu model *Greenberg*.

DAFTAR PUSTAKA

Athallah, A. (2024). *Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Dengan Model Greenshield, Greenberg Dan Underwood Di Ruas Jalan Kota Pekanbaru (Studi Kasus Jalan Hr. Soebrantas Km 9,5 Kota Pekanbaru)*. 2.

Badan Pusat Statistik Kota Padang. (2024). *Kota Padang Dalam Angka 2024*.

Irfan Syah, A., Sumina, & Susila, H. (2023). Analisis Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Solo-Purwodadi. *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 2(1), 1–10

Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 58/KTPS/M. (2012). *Penetapan Kelas Jalan Berdasarkan Daya Dukung Untuk Menerima Muatan Sumbu Terberat Dan Dimensi Kendaraan Bermotor Di Pulau Jawa Dan Sumatera*. Menteri Pekerjaan Umum: Jakarta.

Lasmita, R., Permata, A. P., & Gusnanda. (2023). Analisis Karakteristik Aliran Lalu Lintas Lingkungan Jalan Kaharuddin Nasution – Marpoyan Kota Pekanbaru. *Journal of Engineering Science and Technology Management*, 3(2), 109–120.

Maptuhi, A. C., Farida, I., & Susetyaningsih, A. (2018). Kerugian Finansial Akibat Kemacetan Ditinjau Dari Bahan Bakar Minyak Di Kabupaten Garut (Studi Kasus Jalan Jendral Ahmad Yani). *Jurnal Konstruksi*, 16(2), 9–22.

Marunsenge, G. S., Timboeleng, J. A., & Elisabeth, L. (2015). Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kinerja pada Ruas Jalan Panjaitan (Kelenteng Ban Hing Kiong). *Jurnal Sipil Statik*, 3(8), 571–582.

<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/9724>

Sinambela, Lijan Poltak dan Sarton Sinambela (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif - Teori Dan Praktik*. Depok: Rajawali Pers. Tamin, O. Z. (2008). *Perencanaan, Pemodelan dan Rekayasa Transportasi*. Bandung: ITB.

Sudjana, (2000) *Metode Statistika*, (Edisi VI). Bandung: Tarsito