

ANALISIS KETERKAITAN VOLUME KECEPATAN LALU LINTAS DAN KEPADATAN DI RUAS JALAN RAYA TAMAN PINANG SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE *GREENSHIELD* DAN *UNDERWOOD*

Marina Ecchind Ayyuri^{*1}, Anang Bakhtiar² dan Ita Suhermin Ingsih³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Korespodensi: 22101051018@unisma.ac.id

² Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Korespodensi: anang.bakhtiar@unisma.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Korespodensi: ita.suhermin@unisma.ac.id

ABSTRAK

The increase in the volume of vehicles in Sidoarjo Regency has triggered significant congestion problems, especially on main roads such as Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo. This study was conducted to analyze the characteristics of traffic flow by reviewing the relationship between Volume (Q), Speed (V), and Density (D) using the Greenshield and Underwood methods. Primary data collection was carried out by field observation for seven days during peak hours. The results of the analysis show that Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo has a road type of 4/2 T, the capacity obtained is 2690.08 smp/h with a maximum saturation degree of 0.715 the operational quality of this road is at Level Of Service (LOS) C. In addition, the correlation test proves that the Greenshield model is the most accurate mathematical representation ($R^2 = 0.9939$) in describing the traffic dynamics in the area.

Keywords : *Volume, Speed, Density, Greenshield, Underwood.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Populasi penduduk di Indonesia yang semakin pesat, memicu beragam permasalahan salah satunya adalah kemacetan [1]. Kemacetan lalu lintas didefinisikan sebagai situasi jumlah kendaraan yang melintas melebihi kapasitas ruang jalan.

Intensitas kemacetan meningkat seiring dengan eskalasi volume lalu lintas yang memicu tingginya kepadatan serta ruang bebas antar kendaraan terbatas. Kondisi kemacetan total terjadi apabila kendaraan bergerak lambat [2],[3].

Berbagai jenis sarana angkutan seperti sepeda motor, mobil pribadi serta transportasi publik merupakan contoh moda transportasi. [4]. Ada beberapa cara yang dipakai oleh para ahli lalu lintas untuk mendefinisikan arus lalu lintas, dimana ukuran dasar yang sering

digunakan adalah konsentrasi arus dan kecepatan [5],[6]. Penelitian ini menganalisis keterkaitan volume, kecepatan, dan kepadatan di Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo sebuah jalur kolektor strategis.

Menggunakan model Greenshield dan Underwood untuk kebijakan pengendalian lalu lintas yang efisien di Sidoarjo.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kemacetan yang terjadi pada jam-jam tertentu di Ruas Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo menimbulkan permasalahan berupa penurunan efisiensi lalu lintas peningkatan waktu tempuh kendaraan, dan pemborosan konsumsi bahan bakar.
2. Tingginya intensitas pergerakan kendaraan dari arah pusat Kota Sidoarjo menuju kawasan pemukiman dan pusat komersial di sekitar Taman Pinang menyebabkan

peningkatan volume lalu lintas harian, terutama pada pagi dan sore hari.

3. Belum optimalnya penggunaan model dasar yang terbukti efektif, seperti model Greenshield dan Underwood, sebagai metode alternatif standar dalam perhitungan keterkaitan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas di wilayah Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik jalan seperti geometrik, kapasitas, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan (LOS) pada ruas Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo?
2. Berapakah besar volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan Taman Pinang Sidoarjo?
3. Bagaimana hasil keterkaitan volume (Q), kecepatan (V) dan kepadatan (D) menggunakan metode Greenshield dan Underwood

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik jalan pada ruas jalan raya Taman Pinang Sidoarjo.
2. Menghitung besar volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan Taman Pinang Sidoarjo melalui hasil survey lapangan.
3. Menganalisis hasil keterkaitan antara volume (Q), kecepatan (V), dan kepadatan (D) lalu lintas untuk menggunakan perbandingan metode Greenshield dan Underwood.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang transportasi, khususnya dalam penerapan model hubungan volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas menggunakan metode Greenshield dan Underwood.
2. Sebagai dasar penyusunan solusi teknis berbasis data untuk peningkatan efisiensi pergerakan lalu lintas.
3. Menganalisis kinerja lalu lintas di ruas jalan raya Taman Pinang, khususnya dalam mengidentifikasi titik-titik potensi kepadatan dan penurunan kecepatan yang dapat memicu kemacetan.

1.6 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya berfokus pada satu ruas jalan, yaitu Ruas Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo dan tidak mencakup ruas jalan lain di sekitarnya.
2. Data volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas dikumpulkan hanya pada waktu tertentu, yaitu jam-jam puncak pagi, siang, dan sore hari. Dalam periode pengamatan terbatas sesuai jadwal survei.
3. Pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan metode Greenshield dan Underwood.
4. Faktor eksternal seperti kondisi cuaca, lampu lalu lintas, perilaku pengemudi, atau gangguan lain tidak dianalisis secara mendalam dan dianggap sebagai faktor konstan dalam pengolahan data.

1.7 Lingkup Pembahasan

1. Analisis Karakteristik Jalan
2. Analisis Variabel Lalu Lintas Jalan
 - a. Volume (Q)
 - b. Kecepatan (V)
 - c. Kepadatan (D)
3. Analisis kinerja ruas Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo berdasarkan PKJI 2023.
4. Analisis dan Pemodelan ruas Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo menggunakan Greenshield dan Underwood.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Jalan

Karakteristik ruas jalan mencakup aspek fisik seperti geometrik jalan, kondisi permukaan jalan, populasi kendaraan, arus lalu lintas dan sistem pembagi jalur [7].

2.1.1 Geometrik Jalan

Geometrik jalan adalah desain bentuk fisik jalan, baik secara melintang maupun memanjang [8]. Berikut tipe-tipe jalan menurut PKJI 2023 :

1. Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2TT)
2. Jalan empat lajur dua arah
 - a. Tak terbagi (tanpa median) (4/2TT)
 - b. Terbagi (dengan median) (4/2T)
3. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2T)
4. Jalan satu arah (1-3/1).

2.1.2 Kapasitas Jalan

Persamaan dasar untuk penentuan kapasitas sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_{Lj} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

C₀ = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_{Lj} = faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan.

FC_{PA} = faktor koreksi kapasitas akibat pemisah arah arus lalu lintas.

FC_{HS} = faktor koreksi kapasitas akibat adanya hambatan samping.

2.2 Variabel Utama Lalu Lintas

2.2.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas ditentukan oleh pergerakan pengendara dan kendaraan yang saling berinteraksi secara dinamis dalam satu ruang jalan dan kondisi lingkungan sekitarnya [9].

Berikut rumus perhitungan volume (Q) :

$$Q = \frac{N}{T} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana,

Q = Volume (kend/jam)

N = Jumlah kendaraan (kend)

T = Waktu Pengamatan (jam/menit)

2.2.2 Kecepatan Kendaraan

Pada umumnya kecepatan kendaraan dapat dibedakan menjadi :

1. Kecepatan setempat (spot speed)
2. Kecepatan setempat rata-rata (average spot speed) / TMS.
3. Kecepatan ruang rata-rata (space mean speed = SMS).

2.2.3 Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan dapat dihitung sebagai berikut :

$$D = \frac{V}{Us} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Us = Kecepatan rata – rata ruang (km/jam)

V = Volume kendaraan (smp/jam)

D = Kepadatan (smp/jam)

2.3 Model Greenshield dan Underwood

2.3.1 Model Greenshield

Metode Greenshield mengasumsikan arus lalu lintas berada dalam kondisi stabil (steady state condition). Pendekatan ini menetapkan bahwa korelasi antar variabel bersifat linier [10].

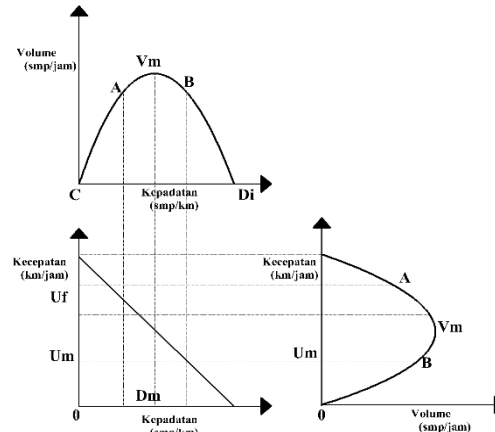
2.3.2 Model Underwood

Metode kedua adalah model Underwood menggunakan fungsi eksponensial untuk

menggambarkan korelasi antar variabel. Model ini memiliki keterbatasan teknis dimana nilai kecepatan secara matematis tidak pernah mencapai nol [11].

2.4 Keterkaitan Variabel dengan Greenshield dan Underwood

Dalam rekayasa lalu lintas, tinjauan secara makroskopik digunakan untuk menganalisis keterkaitan antar variabel lainnya.[12].



Gambar 1. Grafik Keterkaitan 3 Variabel
(Sumber : autocad 2025)

Pada Gambar dapat dijelaskan bahwa :

- a. Pada kondisi kepadatan mendekati nol, volume lalu lintas akan turun mendekati nol akibat rendahnya jumlah kendaraan, namun kecepatan operasional justru mencapai kondisi arus bebas.
- b. Arus lalu lintas akan meningkat seiring bertambahnya kepadatan hingga mencapai titik optimal, namun setelah kondisi jenuh akan menyebabkan arus kembali turun.
- c. Saat kepadatan mencapai titik jenuh, gerakan kendaraan akan terhenti sepenuhnya, sehingga variabel kecepatan dan volume lalu lintas menurun hingga angka nol.

2.4.1 Keterkaitan Variabel dengan Model Greenshield

1. Keterkaitan antara variabel kecepatan dan kepadatan :

$$Us = Uf - (Uf / Dj) \cdot D^2 \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana,

Us = kecepatan rata – rata ruang, (km/jam)

Uf = kecepatan kondisi arus bebas (km/jam)

D = kepadatan (smp/km)

Dj = kepadatan kondisi jenuh (smp/km)

2. Keterkaitan antara variabel volume dan kepadatan :

$$Q = U_f \cdot D - (U_f / D_j) \cdot D^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana,

Q = Volume lalu lintas (smp/jam)

U_f = kecepatan kondisi arus bebas (km/jam)

D = kepadatan (smp/km)

D_j = kepadatan kondisi jenuh (smp/km)

3. Keterkaitan antara variabel volume dan kecepatan:

$$Q = D_j \cdot U_s - (D_j / U_f) \cdot U_s^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana,

Q = Volume lalu lintas (smp/jam)

D_j = kepadatan kondisi jenuh (smp/km)

U_s = kecepatan rata – rata ruang, (km/jam)

U_f = kecepatan kondisi arus bebas (km/jam)

Volume maksimum (Q_m) untuk model Greenshield dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_m = D_m \cdot V_m \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

D_m = kepadatan saat volume maksimum

V_m = kecepatan saat volume maksimum

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model Greenshield dihitung menggunakan persamaan :

$$U_s = V_m = (U_f / 2) \dots\dots\dots(2.14)$$

Jika persamaan (2.13) dan (2.14) disubstitusikan pada persamaan (2.11) maka, diperoleh persamaan volume maksimum sebagai berikut :

$$Q_m = D_m \cdot V_m \\ = (D_j / U_f) / 4 \dots\dots\dots(2.15)$$

2.4.2 Keterkaitan Variabel dengan Model Underwood

1. Keterkaitan antara variabel kecepatan dan kepadatan :

$$U_s = U_f \times \exp(-D / D_m) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana,

U_s = kecepatan rata – rata ruang, (km/jam)

U_f = kecepatan kondisi arus bebas (km/jam)

exp = fungsi eksponensial

D = kepadatan (smp/km)

D_m = kepadatan saat volume maksimum (smp/km)

2. Keterkaitan antara variabel volume dan kepadatan :

$$Q = D \times U_s \times \exp(-D / D_m) \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana,

Q = volume lalu lintas (smp/jam)

U_s = kecepatan rata – rata ruang, (km/jam)

exp = fungsi eksponensial

D = kepadatan (smp/km)

D_m = kepadatan saat volume maksimum (smp/km)

3. Keterkaitan antara variabel volume dan kecepatan :

$$Q = U_s \times D_m \times \exp(U_f / U_s) \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana,

Q = volume lalu lintas (smp/jam)

U_s = kecepatan rata – rata ruang, (km/jam)

U_f = kecepatan kondisi arus bebas (km/jam)

exp = fungsi eksponensial

D = kepadatan (smp/km)

D_m = kepadatan saat volume maksimum (smp/km).

Volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q_m = D_m \times V_m \\ = D_m \times (U_f / e) \dots\dots\dots(2.19) \\ = (D_j \times V_m) / e$$

2.5 Analisa Korelasi

Perhitungan nilai koefisien korelasi dilakukan berdasarkan rumusan pada persamaan dibawah ini :

$$R = \frac{n \sum (X_i Y_i) - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{\sqrt{(n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2) (n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)}} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana,

B = Koefisien regresi

N = Jumlah kendaraan yang diamati

Y = Peubah tidak bebas

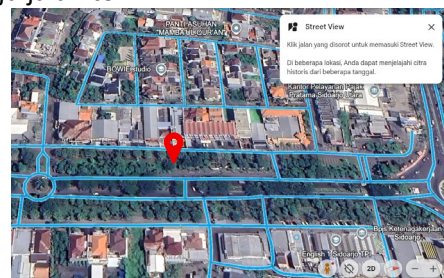
X = Peubah bebas

I = Jumlah variabel

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian terletak di Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo. Di arah selatan, jalan mengarah ke Gading Fajar Sidoarjo merupakan arah pusat komersial sedangkan utara, jalan mengarah Bundaran Gor merupakan akses menuju jalan tol.



Gambar 2. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

3.2 Data Penelitian

Berikut merupakan pengumpulan data penelitian :

3.2.1 Data Primer

a. Traffic Counting

Metode pengumpulan data dilakukan melalui pencacahan lalu lintas. Formulir survei yang digunakan dalam proses ini berasal dari instansi Dinas Perhubungan Sidoarjo.

b. Dokumentasi

3.2.2 Data Sekunder

a. Data Geometrik Jalan

Tabel 1. Data Status Jalan

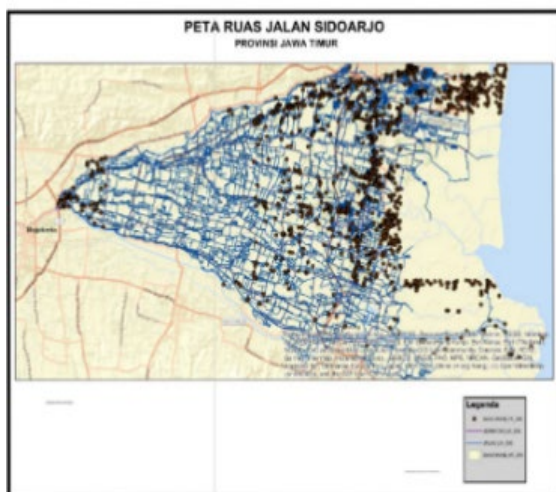
No.	Data Geometrik	Status Jalan
1.	Klasifikasi Jalan	Jalan Kolektor Sekunder
2.	Tipe Jalan	2 Arah
3.	Model Arah	4/2 D
4.	Kondisi Arah	Baik
5.	Jenis Perkerasan	Aspal
6.	Hambatan Samping	Tinggi
7.	Marka Jalan	Buruk
8.	STA Awal-Akhir	0411-1001

Tabel 2. Data Ukuran Jalan

No.	Data Geometrik	Status Jalan
1.	Panjang Jalan	1,13 km
2.	Lebar Jalan Total	16 m
3.	Jumlah Lajur	2
4.	Jumlah Jalur	2
5.	Lebar Jalan Efektif (2 Arah)	7 m ; 7 m
6.	Lebar Per Lajur	3,5 m ; 3,5 m
7.	Median	2,5 m
8.	Trotoar Kanan Kiri	2 m ; 2 m
9.	Bahu Jalan Kanan Kiri	1 m : 1 m

(Sumber : Dinas Perhubungan Sidoarjo 2022)

b. Peta Ruas Jalan



Gambar 3. Peta Ruas Jalan

(Sumber : Arcgis Map 10.8.2 2025)

3.3 Teknik Pengolahan Data

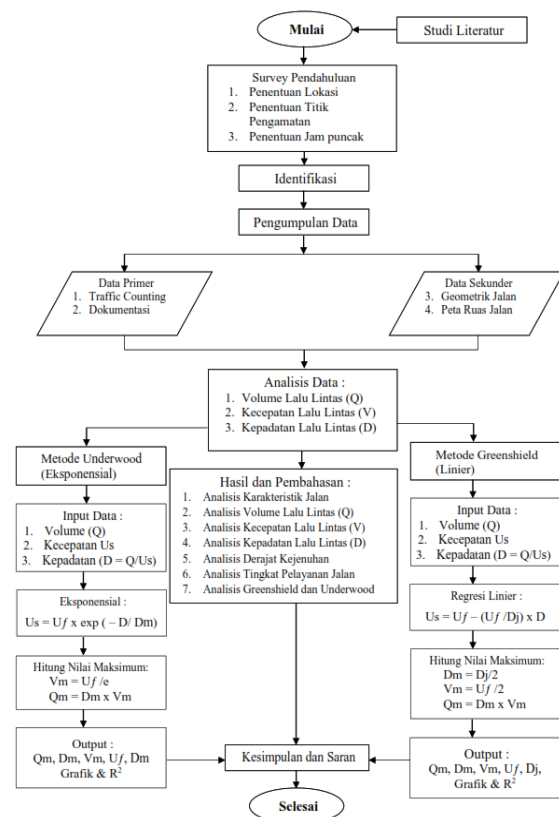
3.3.1 Pengolahan Data Primer :

1. Konversi kend/jam ke (smp/jam) berdasarkan nilai ekuivalen (emp) pada PKJI 2023.
2. Menghitung rata-rata kecepatan yang ditempuh kendaraan durasi waktu per jarak tempuh.

3.3.2 Pengolahan Data Sekunder :

1. Menghitung kapasitas dasar (C_0) terhadap faktor penyesuaian.
2. Menentukan Derajat Kejenuhan (D_j) untuk tingkat pelayanan (LOS)
3. Pemodelan keterkaitan variabel lalu lintas dengan Greenshield dan Underwood dengan menggunakan MS. Excel.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir

(Sumber : Hasil Analisa, 2025)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Jalan

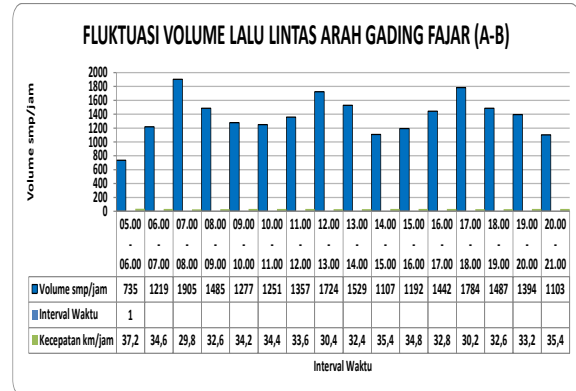
Karakteristik pada ruas Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo, yang merupakan jalan kolektor sekunder, jalan ini dikategorikan tipe 4/2 D dengan tingkat hambatan samping yang tinggi.

4.2 Analisis Volume Lalu Lintas

Berdasarkan analisis volume lalu lintas, hasil survei pada tanggal 11 November-18 November 2025, maka nilai volume paling optimum ditujukan pada hari Sabtu, 15 November 2025.

Hasil perhitungan volume lalu lintas, diperoleh nilai volume optimum pada tanggal 15 November 2025. Nilai optimum tersebut yaitu sebesar :

1. Arah Gading Fajar = 1905 smp/jam
 2. Arah Bundaran Gor = 1925 smp/jam
- Maka, Grafik Fluktuasi yang digunakan :



Gambar 5. Fluktuasi Arah Gading Fajar
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

Tabel 3. Perhitungan Volume Gading Fajar

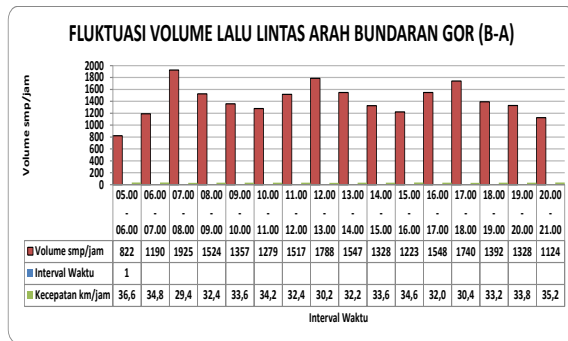
Interval Waktu	SM		KR		KB		KTB		TOTAL VOLUME	
	emp = 0,4		emp = 1		emp = 1,3		emp = 0,8		Kend /jam	smp /jam
	Kend	smp	Kend	smp	Kend	smp	Kend	smp		
05.00 - 06.00	763	305	430	430	0	0	0	0	1193	735
06.00 - 07.00	1119	448	763	763	4	5	4	3	1890	1219
07.00 - 08.00	2169	868	1024	1024	10	13	0	0	3203	1905
08.00 - 09.00	1257	502,8	973	973	7	9	0	0	2237	1485
09.00 - 10.00	1150	460	807	807	8	10	0	0	1965	1277
10.00 - 11.00	1081	432,4	811	811	6	8	0	0	1898	1251
11.00 - 12.00	1261	504,4	841	841	9	12	0	0	2111	1357
12.00 - 13.00	1972	788,8	924	924	7	9	2	2	2905	1724
13.00 - 14.00	1336	534,4	985	985	7	9	0	0	2328	1529
14.00 - 15.00	1189	476	629	629	2	3	0	0	1820	1107
15.00 - 16.00	1088	435,2	749	749	5	7	2	2	1844	1192
16.00 - 17.00	1120	448	985	985	7	9	0	0	2112	1442
17.00 - 18.00	1834	733,6	1036	1036	11	14	0	0	2881	1784
18.00 - 19.00	1370	548	932	932	5	7	0	0	2307	1487
19.00 - 20.00	1316	526,4	865	865	2	3	0	0	2183	1394
20.00 - 21.00	1246	498,4	605	605	0	0	0	0	1851	1103
TOTAL									34.728	21.991
MAX									3.203	1.905

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

Tabel 4. Perhitungan Volume Bundaran Gor

Interval Waktu	SM		KR		KB		KTB		TOTAL VOLUME	
	emp = 0,4		emp = 1		emp = 1,3		emp = 0,8		Kend /jam	smp /jam
	Kend	smp	Kend	smp	Kend	smp	Kend	smp		
05.00 - 06.00	887	355	467	467	0	0	0	0	1354	822
06.00 - 07.00	1089	436	744	744	7	9	1	1	1841	1190
07.00 - 08.00	2177	871	1048	1048	5	7	0	0	3230	1925
08.00 - 09.00	1283	513,2	1003	1003	6	8	0	0	2292	1524
09.00 - 10.00	1282	512,8	830	830	11	14	0	0	2123	1357
10.00 - 11.00	1157	462,8	802	802	10	13	1	1	1970	1279
11.00 - 12.00	1264	505,6	1000	1000	9	12	0	0	2273	1517
12.00 - 13.00	2034	813,6	962	962	8	10	2	2	3006	1788
13.00 - 14.00	1366	546,4	993	993	6	8	0	0	2365	1547
14.00 - 15.00	1261	504	817	817	5	7	0	0	2083	1328
15.00 - 16.00	1122	448,8	764	764	7	9	1	1	1894	1223
16.00 - 17.00	1388	555,2	987	987	4	5	1	1	2380	1548
17.00 - 18.00	1944	777,6	955	955	6	8	0	0	2905	1740
18.00 - 19.00	1287	514,8	871	871	5	7	0	0	2163	1392
19.00 - 20.00	1183	473,2	850	850	4	5	0	0	2037	1328
20.00 - 21.00	1191	476,4	648	648	0	0	0	0	1839	1124
TOTAL									35.755	22.633
MAX									3.230	1.925

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)



Gambar 6. Fluktuasi Arah Bundaran Gor
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

4.3 Analisis Kecepatan Kendaraan

Hasil analisis perhitungan kecepatan rata-rata pada arah Gading Fajar Sidoarjo :

Tabel 5. Perhitungan Rata-rata Kecepatan

Interval Waktu	Kecepatan rata-rata (km/jam)	Waktu Tempuh (menit)	Jarak Tempuh (km)	Kecepatan Maksimal (km/jam)
05.00 - 06.00	37,2	01:04	0,66	47
06.00 - 07.00	34,6	01:08	0,66	45,2
07.00 - 08.00	29,8	01:19	0,66	41,0
08.00 - 09.00	32,6	01:12	0,66	44,6
09.00 - 10.00	34,2	01:09	0,66	44,4
10.00 - 11.00	34,4	01:08	0,66	45,4
11.00 - 12.00	33,6	01:10	0,66	45,4
12.00 - 13.00	30,4	01:17	0,66	41,4
13.00 - 14.00	32,4	01:13	0,66	42,8
14.00 - 15.00	35,4	01:07	0,66	45,6
15.00 - 16.00	34,8	01:08	0,66	45,0
16.00 - 17.00	32,8	01:12	0,66	45,6
17.00 - 18.00	30,2	01:18	0,66	41,4
18.00 - 19.00	32,6	01:12	0,66	43,6
19.00 - 20.00	33,2	01:11	0,66	44,8
20.00 - 21.00	35,4	01:07	0,66	45,2

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

Hasil analisis perhitungan kecepatan rata-rata pada arah Bundaran Gor Sidoarjo :

Tabel 6. Perhitungan Rata-rata Kecepatan

Interval Waktu	Kecepatan rata-rata (km/jam)	Waktu Tempuh (menit)	Jarak Tempuh (km)	Kecepatan Maksimal (km/jam)
05.00 - 06.00	36,6	01:05	0,67	46,6
06.00 - 07.00	34,8	01:08	0,67	45,6
07.00 - 08.00	29,4	01:21	0,67	42,6
08.00 - 09.00	32,4	01:15	0,67	43,8
09.00 - 10.00	33,6	01:12	0,67	43,6
10.00 - 11.00	34,2	01:09	0,67	44,8
11.00 - 12.00	32,4	01:15	0,67	43,8
12.00 - 13.00	30,2	01:20	0,67	40,4
13.00 - 14.00	32,2	01:15	0,67	42,6
14.00 - 15.00	33,6	01:11	0,67	44,8
15.00 - 16.00	34,6	01:08	0,67	45,8
16.00 - 17.00	32	01:15	0,67	42,4
17.00 - 18.00	30,4	01:20	0,67	42
18.00 - 19.00	33,2	01:13	0,67	44,6
19.00 - 20.00	33,8	01:10	0,67	46
20.00 - 21.00	35,2	01:08	0,67	46,6

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

4.4 Analisis Kepadatan Lalu Lintas

Tabel 7. Rekapitulasi data Kepadatan

Interval Waktu	Volume (Q)		Kecepatan (V)		Kepadatan (D)	
	Arah Gading	Arah Bundaran Gor	Arah Gading	Arah Bundaran Gor	Arah Gading	Arah Bundaran Gor
05.00 - 06.00	735	822	37,2	36,6	19,76	22,45
06.00 - 07.00	1219	1190	34,6	34,8	35,23	34,18
07.00 - 08.00	1905	1925	29,8	29,4	63,91	65,49
08.00 - 09.00	1485	1524	32,6	32,4	45,55	47,04
09.00 - 10.00	1277	1357	34,2	33,6	37,35	40,39
10.00 - 11.00	1251	1279	34,4	34,2	36,37	37,39
11.00 - 12.00	1357	1517	33,6	32,4	40,39	46,83
12.00 - 13.00	1724	1788	30,4	30,2	56,69	59,19
13.00 - 14.00	1529	1547	32,4	32,2	47,18	48,05
14.00 - 15.00	1107	1328	35,4	33,6	31,28	39,52
15.00 - 16.00	1192	1338	34,8	34,6	34,26	38,68
16.00 - 17.00	1442	1503	32,8	32	43,97	46,96
17.00 - 18.00	1784	1740	30,2	30,4	59,07	57,25
18.00 - 19.00	1487	1392	32,6	33,2	45,60	41,94
19.00 - 20.00	1394	1328	33,2	33,8	41,99	39,30
20.00 - 21.00	1103	1124	35,4	35,2	31,17	31,94

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

4.5 Analisis Kapasitas Jalan

Perhitungan nilai kapasitas sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C &= C_0 \times FC_{Lj} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \\
 &= 3400 (2 \text{ lajur}) \times 1,00 \times 1,00 \times 0,92 \times 0,86 \\
 &= \frac{5380,16}{2} = 2690,08 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

4.6 Analisis Derajat Kejenuhan

1. Arah Gading Fajar

$$Dj = \frac{Q}{C} = \frac{1905}{2690,08} = 0,708$$

2. Arah Bundaran Gor

$$Dj = \frac{Q}{C} = \frac{1925}{2690,08} = 0,715$$

4.7 Analisis Tingkat Pelayanan Ruas Jalan (LOS)

Berdasarkan nilai derajat kejenuhan:

1. Arah Gading = 0,708 Dj
2. Arah Bundaran = 0,715 Dj

Maka untuk tingkat pelayanannya termasuk kategori **C** (Arus stabil, kecepatan dapat di kendalikan oleh lalu lintas).

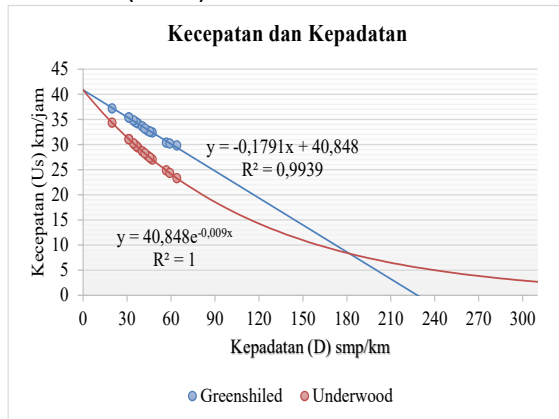
4.8 Analisis Keterkaitan Variabel Metode Greenshield dan Underwood

4.8.1 Pemodelan Arah Gading Fajar

1. Keterkaitan Variabel Kecepatan dan Kepadatan.

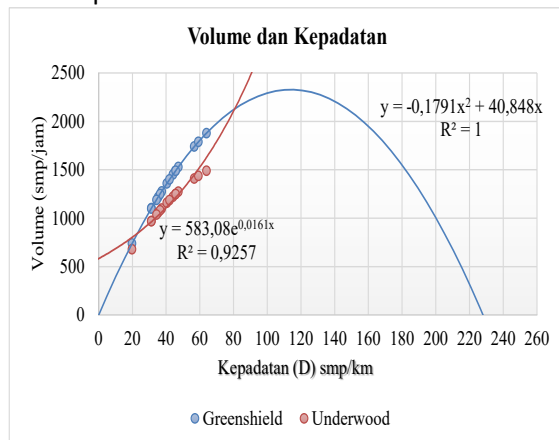
a. **Model Greenshield** : menunjukkan linier antara kecepatan dan kepadatan. Persamaannya $y = -0,1791x + 40,848$ dengan nilai $R^2 = 0,9939$, Hal ini mengindikasikan penurunan kecepatan secara konstan seiring bertambahnya kepadatan kendaraan.

- b. **Model Underwood** : menunjukkan eksponensial persamaanya $y = 40,848e^{-0,009x}$ dengan nilai $R^2 = 1$ menunjukkan pada kepadatan yang sangat tinggi, kecepatan menurun secara perlahan namun tidak pernah mencapai angka nol (statis).



Gambar 7. Gabungan Model Variabel Kecepatan dan Kepadatan
(Sumber : Perhitungan 2025)

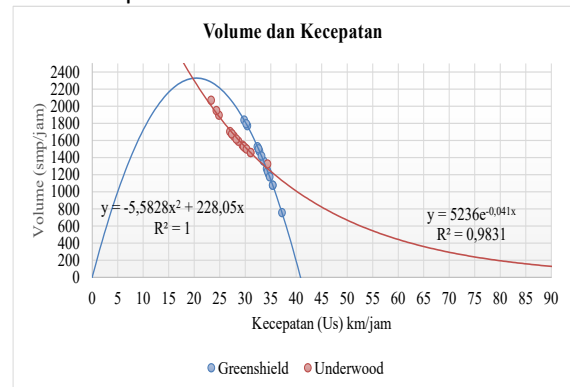
2. Keterkaitan Variabel Volume dan Kepadatan



Gambar 8. Gabungan Model Variabel Volume dan Kepadatan
(Sumber : Perhitungan 2025)

- a. **Model Greenshield** : menunjukkan linier antara volume dan kepadatan dengan persamaan $y = -0,1791x^2 + 40,848x$. Menunjukkan volume mencapai kapasitas puncak pada kepadatan tertentu, sebelum turun drastis menuju nol saat macet total.
- b. **Model Underwood** : menunjukkan eksponensial persamaanya $y = 583,08e^{0,0161x}$. Menunjukkan peningkatan volume yang lebih landai pada rentang kepadatan rendah hingga menengah.

3. Kekertakitan Variabel Volume dan Kecepatan

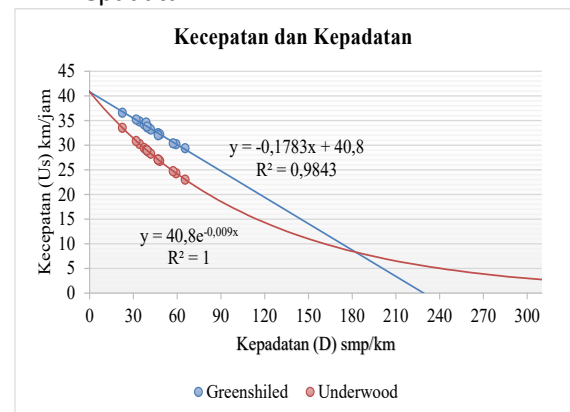


Gambar 9. Gabungan Model Variabel Volume dan Kecepatan
(Sumber : Perhitungan 2025)

- a. **Model Greenshield** : menunjukkan linier antara volume dan kecepatan dengan persamaan $y = -5,5828x^2 + 228,05x$. Menunjukkan volume kendaraan akan mencapai titik puncak (kapasitas) pada kecepatan tertentu sebelum akhirnya menurun. Nilai $R^2 = 1$ menunjukkan model ini sangat akurat mempresentasikan data.
- b. **Model Underwood** : menunjukkan eksponensial persamaanya adalah $y = 5236e^{-0,041x}$. Underwood menunjukkan penurunan volume secara melandai terhadap dengan nilai korelasi $R^2 = 0,9831$.

4.8.2. Pemodelan Arah Bundaran Gor Sidoarjo

1. Keterkaitan Variabel Kecepatan dan Kepadatan



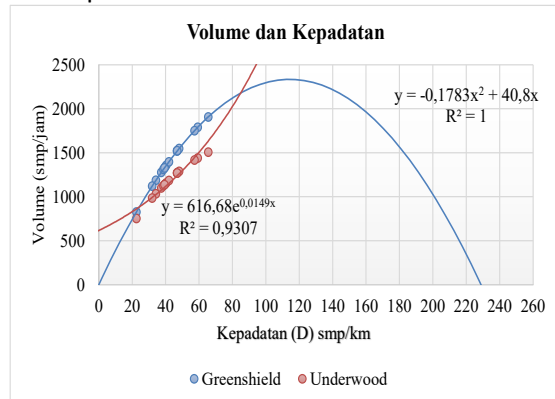
Gambar 10. Gabungan Model Variabel Kecepatan dan Kepadatan
(Sumber : Perhitungan 2025)

- a. **Model Greenshield** : menunjukkan linier antara kecepatan dan kepadatan. Persamaanya adalah $y = -0,1783x + 40,8$ dengan nilai $R^2 = 0,9843$, Hal ini mengindikasi

penurunan kecepatan secara konstan seiring bertambahnya kepadatan kendaraan.

- b. **Model Underwood** : menunjukkan eksponensial persamaannya adalah $y = 40,8e^{-0,009x}$ dengan nilai $R^2 = 1$ menunjukkan pada kepadatan yang sangat tinggi, kecepatan kendaraan menurun secara perlahan namun tidak pernah mencapai angka nol (statis).

2. Keterkaitan Variabel Volume dan Kepadatan

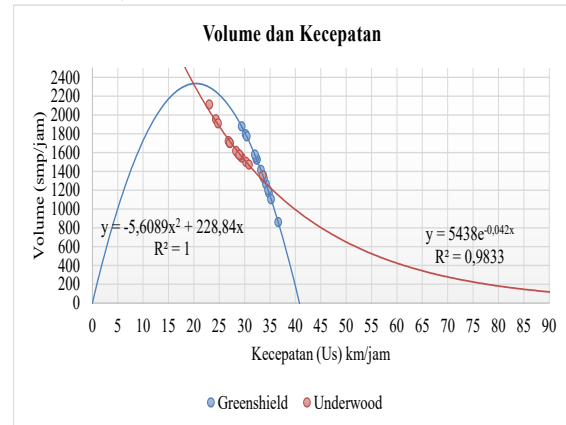


Gambar 11. Gabungan Model Variabel Volume dan Kepadatan
(Sumber : Perhitungan 2025)

- a. **Model Greenshield** : menunjukkan linier antara volume dan kepadatan dengan persamaan $y = -0,1783x^2 + 40,8x$. Menunjukkan volume mencapai kapasitas puncak pada kepadatan tertentu, sebelum turun drastis menuju nol saat macet total.
 - b. **Model Underwood** : menunjukkan eksponensial persamaannya adalah $y = 616,68e^{0,0149x}$. Model ini menunjukkan peningkatan volume yang lebih landai dibandingkan Greenshield pada rentang kepadatan rendah hingga menengah.
- ## 3. Keterkaitan Variabel Volume dan Kecepatan
- a. **Model Greenshield** : menunjukkan linier antara volume dan kecepatan dengan persamaan $y = -5,6089x^2 + 228,84x$. Menunjukkan volume kendaraan akan mencapai titik puncak (kapasitas) pada kecepatan tertentu sebelum akhirnya menurun. Nilai $R^2 = 1$

menunjukkan model ini sangat akurat mempresentasikan data.

- b. **Model Underwood** : menunjukkan eksponensial persamaannya adalah $y = 5438e^{-0,042x}$. Berbeda dengan Greenshield, Underwood menunjukkan penurunan volume secara melandai terhadap dengan nilai korelasi $R^2 = 0,9833$.



Gambar 12. Gabungan Model Variabel Volume dan Kecepatan
(Sumber : Perhitungan 2025)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik Jalan Raya Taman Pinang Sidoarjo ini merupakan koridor kolektor sekunder strategis yang menghubungkan pusat kota Sidoarjo dengan akses tol dan kawasan komersial. Analisis karakteristik jalan :
 - a. Kapasitas PKJI 2023 = 2690,08 smp/jam
 - b. Tingkat Pelayanan LOS = C
2. Besaran volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas sebagai berikut :
 - a. Volume Maksimum (Q_m) = 1.713,45 smp/jam (metode Underwood). Sedangkan Volume Maksimum (Q_m) = 2.334,16 smp/jam (metode Greenshield).
 - b. Kecepatan saat volume maksimum (V_m) = 20,40-20,42 km/jam
 - c. Kepadatan Maksimum (D_m) = 114,02 – 114,42 smp/km
3. Keterkaitan Volume (Q), Kecepatan (V), dan Kepadatan (D) :
 - a. Kecepatan dan Kepadatan (V vs D)
Model Greenshield : ($y = -0,1791x + 40,848$). Kecepatan akan turun tetap

hingga mencapai nol pada kepadatan jenuh (D_j) 228,047 smp/km.

Model Underwood : ($y = 40,848e^{-0,009x}$). Korelasi sempurna ($R^2 = 1$), namun secara teoritis kecepatan tidak pernah mencapai nol.

b. Volume dan Kepadatan (Q vs D)

Model Greenshield : berbentuk parabola. Kapasitas maksimal (Q_m) lebih tinggi yaitu 2.328 – 2.334 smp/jam.

Model Underwood : lebih konservatif. Kapasitas maksimal lebih rendah, berkisar 1.713-1.717 smp/jam dengan korelasi 0,92-0,93.

c. Volume dan Kecepatan (Q vs V)

Kedua metode sepakat bahwa volume puncak (kapasitas jalan) tercapai saat kendaraan berada pada kecepatan maksimum (V_m) sekitar 20,4 km/jam.

5.2 Saran

1. Bagi instansi terkait mengoptimalkan manajemen arus pada jam sibuk, agar kepadatan tidak melampaui 114 smp/km untuk menjaga kapasitas jalan.
2. Disarankan penggunaan model Greenshield untuk analisis kondisi macet total karena akurat dalam titik kecepatan nol. Sedangkan Underwood untuk analisis kepadatan rendah hingga menengah karena karakteristik kurvanya yang landai.
3. Disarankan untuk instansi terkait dan Satpol PP Sidoarjo menertibkan parkir liar dan pedagang kaki lima. Supaya lajur tetap efektif optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Romadloni, M. I., & Bakhtiar, A. (2024). Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Merr Kota Surabaya Dengan Menggunakan Software Vissim Dan Metode PKJI 2014. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal) Unisma*, 14(1), 491–500. <https://doi.org/10.33474>
- [2] Wailissa, A. Z., Rokhmawati, A., & Ingsih, I. S. (2025). Analisis Dampak Keberadaan Jembatan Tunggalmas Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Raya Tlogomas Dan Saxophone Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal) Unisma*, 15(2), 302–310. <https://doi.org/10.33474>
- [3] Nuha, M. U., & Bakhtiar, A. (2024a). Studi Analisis Dan Model Kemacetan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Panglima Sudirman Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal) Unisma*, 14(2), 62–69. <https://doi.org/10.33474>
- [4] Putri, I. M., Rokhmawati, A., & Ita Suhermin. (2025). Analisis Kinerja Ruas Jalan Bandung Akibat Tarikan Perjalanan MAN 2 Kota Malang Berbasis Vissim. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal) Unisma*, 15(2), 10–17. <https://doi.org/10.33474>
- [5] Sitti Ainun, W., Bambang suprpto, & Warsito. (2021). Analisa Kepadatan Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Raya Raden Panji Suroso-Sunandar Priyo Sudarmo Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 10(4), 16–27. <https://doi.org/10.33474>
- [6] Putra, K. H., Ita Suhermin Ingsih, Theresia Maria Candra Agusdini, Mila Kusuma Wardani, Felicia Tria Nuciferani, & Muhammad Exchel Cakra Putra. (2023). The Effect Of Overload On The Design Of Life Of Road Pavement (Case Study: Koti Road, JAYAPURA City). *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 4(1), 98–108. <https://doi.org/10.33474/jice.v4i1.19936>
- [7] Badzlin, F. 2018. Analisis Hubungan Derajat Kejenuhan Dengan Waktu Tempuh Untuk Karakteristik Jalan Empat Lajur Dua Arah Tak Terbagi Berdasarkan Model Bureau Of Public Roads (BPR). (Tugas Akhir). Universitas Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- [8] Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2013). Oleh: Rahmad Efendi (1122004002) *Civil Engineering Student, Bakrie University*.
- [9] Ratnasari, I. S., Mantriwi, B., Setiadji, B. H., Riyanto, B., & Soedarto, J. (n.d.). *Analisis Efektivitas Jalur Lambat Pada Ruas Jalan Kaligawe Semarang*.
- [10] Sunardi, D., Farida, I., & Ismail, A. (2014). Studi Analisis Hubungan, Kecepatan, Volume, Dan Kepadatan di Jalan Merdeka Kabupaten Garut Dengan Metode Greenshields. *Jurnal Konstruksi*, 11(1).
- [11] Saputra, B., & Savitri, D. (2021). Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(1). <https://doi.org/10.12962/j26151847.v5i1.8742>
- [12] Aspar, W. A. N. (2015). *Pendekatan Pemodelan "Diagram Fundamental Polinomial" Untuk Ruas Jalan Bebas Hambatan*. 9.