



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Menggunakan Model Greenshield, Greenberg, Dan Underwood Di Ruas Jalan Kota Pekanbaru (Studi Kasus: Jalan Hr. Soebrantas KM. 9,5).

Afif Athallah^a, Benny Hamdi Rhoma Putra^b, Sri Djuniati^c

^{a,b,c}Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Jl HR Soebrntas km 12,5, Pekanbaru 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 26 September 2024

Revisi Akhir: 30 Desember 2024

Diterbitkan Online: 31 Desember 2024

KATA KUNCI

Capacity, Greenshield, Greenberg, Level Of Service, Underwood

KORESPONDENSI

Telepon: +62 822 8468 3832

E-mail: afif.athallah3918@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Traffic congestion on HR Soebrantas Street in Pekanbaru has become a serious issue. This provincial road, serving as a 4/2D collector road, connects Pekanbaru City and Kampar Regency. The u-turn at KM 9.5, in front of BANK BCA Panam, is the focus of the study. Utilizing MKJI 1997 and Regression Analysis (Greenshield, Greenberg, Underwood models), the highest coefficient of determination occurred on June 24, 2023, with an R² of 0.973. In the Underwood model, the relationships (U-D): $U = 43.403 \times e^{-D/162.275}$, (V-D): $V = D \times 43.403 \times e^{-D/162.275}$, (V-U): $V = U_s \times 162.275 \times \ln(43.403/U_s)$. Maximum volume is 2,591,078 pcu/hour, maximum density is 162,275 pcu/km, maximum speed is 15,967 km/h, and free flow speed is 43,403 km/h. According to MKJI, the capacity (C) is 3,312,910 pcu/hour, with a Level Of Service of F (DS = 1,685), indicating characteristics of congested and stalled traffic.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan arus lalu lintas di kota besar Indonesia terus menjadi tantangan, dipicu oleh pertumbuhan penduduk, lonjakan jumlah kendaraan, kepemilikan kendaraan yang cepat, urbanisasi, dan kekurangan efisiensi dalam sistem transportasi umum. Dampaknya terlihat pada penurunan kinerja ruas jalan (Utari, 2018). Jalan dianggap macet jika jumlah kendaraan melampaui kapasitas rencana, menyebabkan kecepatan di ruas jalan mendekati atau mencapai 0 km/jam. Hal ini terutama terjadi pada jam-jam puncak atau hari-hari kerja tertentu seperti pagi dan sore. Oleh karena itu, pemahaman tentang volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas sangat penting dalam perencanaan dan evaluasi jalan (Alfarizi, 2023). Kemacetan adalah masalah umum dalam lalu lintas perkotaan yang dapat merugikan pengguna jalan. Kemacetan terjadi saat lalu lintas mendekati kapasitas

maksimal ruas jalan. Jalan HR Soebrantas, sebagai jalan kolektor menghubungkan Kota Pekanbaru dan Kabupaten Kampar, merupakan jalan empat lajur dua arah terbagi (4/2)D dan memiliki status sebagai jalan provinsi. Jalan ini dilengkapi dengan 12 bukaan median untuk u-turn, yang membentang dari simpang Panam hingga flyover Pasar Pagi Arengka, untuk memudahkan gerakan u-turn (Putra, 2019).

Penelitian ini bertujuan mengetahui informasi karakteristik arus lalu lintas Jalan HR. Soebrantas dengan menjabarkannya dalam bentuk hubungan matematis volume, kecepatan dan kepadatan menggunakan model Greenshield, Greenberg dan Underwood.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tingkat Pelayanan Jalan / Level of Service (LOS)

Menurut (Gamran et al., 2015) Untuk mengetahui kondisi arus kendaraan (V/C Ratio) di lokasi pengamatan yang telah dikelompokkan dalam periode 15 menit, dimana perhitungan dari banyaknya arus kendaraan yang melewati daerah pengamatan diubah satuannya ke smp/jam. Dari beberapa Faktor Penyesuaian diatas, maka untuk mencari Kapasitas menggunakan rumus:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \text{ (smp/jam)} \quad (1)$$

Tabel 1. Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan [1]

Tipe Jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	1.650	Per lajur
Empat-lajur tak-terbagi	1.500	Per lajur
Dua-lajur tak-terbagi	2.900	Total dua arah

Tabel 2. Faktor Penyesuaian Jalan [1]

Tipe	Jalan lebar efektif jalur lalu lintas (Wc)	FCW
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat-lajur tak-terbagi	4,00	1,08
	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
Dua-lajur tak-terbagi	3,75	1,05
	4,00	1,09
	Total kedua arah	
	5	0,56
	6	0,87
Dua-lajur tak-terbagi	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Tabel 3. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCCS) [1]

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,90

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
0,1 - 0,5	0,93
0,5 - 1,0	0,95
1,0 - 3,0	1,00
3,0	1,03

Menurut [1] Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas. Tingkat kejenuhan digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang dan ruas Jalan. Nilai derajat kejenuhan (DS) menunjukkan apakah suatu ruas Jalan mengalami masalah kapasitas, Persamaan derajat kejenuhan yaitu:

$$DS = \frac{Q_{smp}}{c} \quad (2)$$

Pelayanan jalan dinilai dalam enam tingkatan, diwakili oleh huruf A hingga F, dengan A sebagai tingkat tertinggi. Faktor-faktor yang memengaruhi pelayanan pada suatu segmen jalan dapat mengurangi kinerja karena kendaraan kesulitan menjaga kecepatan konstan saat lalu lintas meningkat. Terdapat keterkaitan antara tingkat pelayanan, karakteristik arus lalu lintas, dan rasio volume terhadap kapasitas (Rasio V/C) (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun, 2006). seperti Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Tingkat Pelayanan Jalan [1]

LOS	Kondisi	Kecepatan rata-rata (km/jam)	V/C
A	Arus bebas bergerak	>80	< 0,6
B	Arus stabil, tidak bebas	80 - 40	0,6 - 0,7
C	Arus stabil, kecepatan terbatas	40 - 30	0,7 - 0,8
D	Arus mulai tak stabil	30 - 25	0,8 - 0,9
E	Arus tidak stabil, terhambat	25 - 15	0,9 - 1
F	Arus tertahan, macet	< 15	> 1

Menurut (Panduan Survei Dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas. No.001/T/BNKT/1990,1990) Kecepatan kendaraan dapat bervariasi, dan perhitungan kecepatan rata-rata melibatkan dua konsep utama:

1. Time Mean Speed (TMS): Menunjukkan rata-rata kecepatan dari semua kendaraan yang melewati suatu titik pada jalan selama periode waktu tertentu.

2. Space Mean Speed (SMS): Mengacu pada kecepatan rata-rata dari semua kendaraan yang menempati suatu segmen jalan selama periode waktu tertentu.

$$D = \frac{V}{U_s} \quad (3)$$

Analisis karakteristik arus lalu lintas untuk suatu segmen jalan dapat dilakukan melalui penelitian hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas yang terjadi di segmen tersebut. Persamaan matematis yang menggambarkan hubungan antara volume (V), kecepatan rata-rata ruang (US), dan kepadatan (D) adalah sebagai berikut:

$$V = D \times US \quad (4)$$

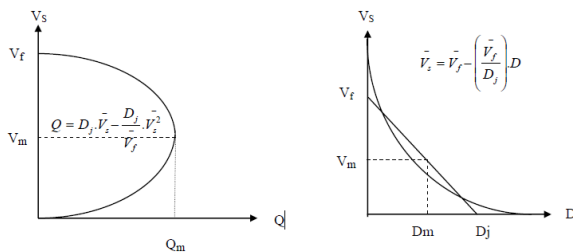
$$US = V/D \quad (5)$$

Dimana:

V = Volume (kend/jam atau smp/jam)

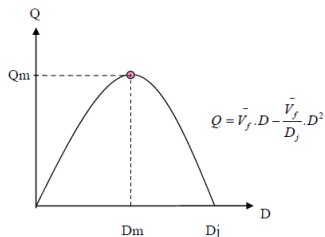
US = Kecepatan rata – rata ruang (km/jam)

D = Kepadatan (kend/km atau smp/km)



Grafik : Hubungan Kecepatan & Volume LL

Grafik : Hub. Kecep. & Kepadatan



Grafik : Hubungan Antara Volume LL & Kepadatan

Gambar 1. Hubungan matematis antara Kecepatan, Arus, dan Kepadatan [4]

2.2. Model Greenshield

Model Greenshield (1934) melakukan penelitian pada jalan di luar kota Ohio dan mengusulkan bahwa hubungan antara kecepatan rata-rata ruang (\$U_s\$) dan kepadatan kendaraan dalam suatu arus lalu lintas bersifat linier. Hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan ini menjadi yang paling populer dalam analisis pergerakan lalu lintas karena fungsinya yang sederhana, memudahkan penerapan. Persamaan yang merepresentasikan hubungan ini adalah sebagai berikut:

$$US = U_f (U_f/D_j) D \quad (6)$$

US = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

Uf = Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)

D = Kepadatan (smp/km)

Dj = Kepadatan saat macet (smp/km).

Hubungan matematis antara Volume-Kepadatan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan dasar (5). Selanjutnya, dengan memasukkan persamaan (7) ke dalam persamaan (6), dapat diperoleh persamaan (8)-(9).

$$US = V/D \quad (7)$$

$$V/D = U_f - U_f/D_j \times D \quad (8)$$

$$V = D \times U_f - U_f/D_j \times D^2 \quad (9)$$

Hubungan matematis antara Volume-Kecepatan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan dasar (5). Dengan memasukkan persamaan (10) ke dalam persamaan (6), dapat diperoleh persamaan (11)-(13).

$$D = V/U_s \quad (10)$$

$$US = U_f - U_f/D_j \times V/U_s \quad (11)$$

$$U_f/D_j \times V/U_s = U_f - US \quad (12)$$

$$V = D_j \times US - D_j/U_f \times U_s^2 \quad (13)$$

Volume maksimum (\$V_m\$) dalam model Greenshield dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$V_m = D_m \times U_m \quad (14)$$

Kepadatan saat volume maksimum (\$D_m\$) dalam model Greenshield dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$D = D_m = (D_j / 2) \quad (15)$$

Kecepatan saat volume maksimum (\$U_m\$) dalam model Greenshield dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$US = U_m = (U_f / 2) \quad (16)$$

Substitusi persamaan (15) dan (16) pada persamaan (14) menghasilkan persamaan volume maksimum sebagai berikut:

$$V_m = D_m \times U_m \quad (17)$$

$$= (D_j \times U_f)/4 \quad (18)$$

2.3. Model Greenberg

Model Greenberg sangat cocok untuk situasi kepadatan arus lalu lintas yang tinggi karena mampu memberikan nilai kecepatan saat terjadi kemacetan total. Namun, model ini tidak sesuai untuk kondisi arus lalu lintas yang rendah. Rumus dasar dari model Greenberg adalah:

$$D = C \cdot e^{b \cdot U_s} \quad (19)$$

dengan C dan b merupakan nilai konstanta.

Dengan memanfaatkan konsep aliran fluida dan menggabungkan persamaan gerak dan kontinuitas untuk satu dimensi pergerakan, persamaan berikut dapat diperoleh:

$$U_s = U_m \times \ln x (D_j/D) \quad (20)$$

Persamaan (20) dapat diungkapkan dalam bentuk matematika alternatif sebagai berikut:

$$U_s = U_m \times \ln D_j - U_m \times \ln D \quad (21)$$

Persamaan tersebut pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier \$y = a + bx\$, dimana \$U_m \times \ln D_j\$ dianggap sebagai konstanta \$a\$ dan \$-U_m\$ dianggap sebagai \$b\$, sedangkan \$\ln D\$ dan \$U_s\$ masing-masing merupakan variabel \$x\$ dan variabel \$y\$.

Hubungan antara volume dan kepadatan dapat diperoleh dengan mengubah persamaan (5) menjadi \$U_s = V/D\$ yang

kemudian disubstitusikan pada persamaan (22) sehingga diperoleh:

$$V = U_m \times D \times \ln(D_j/D) \quad (22)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan dapat diperoleh dengan mengubah persamaan (4) menjadi $D=V/U_s$ yang kemudian disubstitusikan ke persamaan (20) maka diperoleh:

$$V = U_s \times D_j \times e^{(-U_s/U_m)} \quad (23)$$

Volume maksimum (V_m) dalam model Greenberg dapat dihitung menggunakan persamaan (17). Untuk menentukan konstanta D_m dan U_m , persamaan (22) dan (23) harus di-derivatif masing-masing terhadap kepadatan dan kecepatan. Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model Greenberg dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$D = D_m = D_j/e \quad (24)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk model Greenberg dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$U_s = U_m \quad (25)$$

Jika persamaan (24) dan (25) disubstitusikan ke dalam persamaan (17), maka volume maksimum (V_m) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_m = (D_j \times U_m)/e \quad (26)$$

2.4. Model Underwood

Underwood mengusulkan hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan hubungan eksponensial dengan persamaan sebagai berikut:

$$U_s = U_f \times e^{(-D/D_m)} \quad (27)$$

Dimana:

U_f = Kecepatan arus bebas

D_m = Kepadatan pada kondisi arus maksimum

Untuk mendapatkan konstanta U_f dan D_m , persamaan (27) diubah menjadi persamaan linier $y=a+bx$ seperti berikut:

$$\ln U_s = \ln U_f - D/D_m \quad (28)$$

Di mana $\ln U_f$ dianggap sebagai konstanta a dan $-1/D_m$ dianggap sebagai b , sedangkan D dan $\ln U_s$ masing-masing merupakan variabel x dan y . Hubungan antara volume dan kepadatan dapat diperoleh dengan mengubah persamaan (5) menjadi $U_s=V/D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (27) sehingga diperoleh:

$$V = D \times U_f \times e^{(-D/D_m)} \quad (29)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan dapat diperoleh dengan mengubah persamaan (4) menjadi $D=V/U_s$ yang kemudian disubstitusikan ke persamaan (27) maka diperoleh:

$$V = U_s \times D_m \times \ln(U_f/U_s) \quad (30)$$

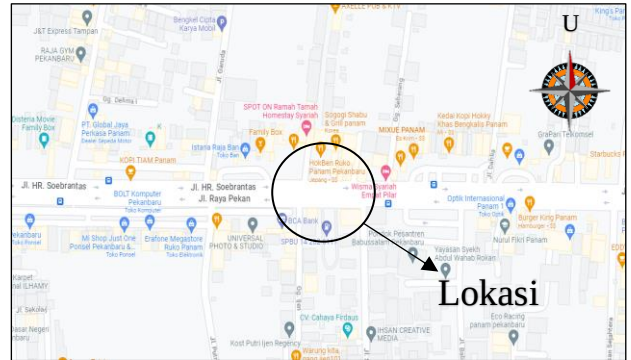
Jika persamaan (29) dan (30) disubstitusikan ke dalam persamaan (17), maka volume maksimum (V_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_m = (D_m \times U_f)/e \quad (31)$$

3. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam menganalisis data untuk penelitian ini mencakup:

1. Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997.
2. Analisis Regresi dengan Model Greenshield, Greenberg, dan Underwood, digunakan untuk menganalisis hubungan antara arus, kecepatan, dan kepadatan di Jalan HR.Soebrantas.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Menurut peneliti terdahulu [5], waktu penelitian dibagi menjadi beberapa waktu pengamatan diambil pada waktu waktu sibuk dan terbagi dalam 3 waktu yaitu pada pukul 06.30-08.30, pukul 12.00-14.00, dan pukul 16.30-18.30 dengan interval waktu 15 menit, dilakukan selama 1 minggu pada lokasi yang telah ditentukan.

Uji statistik model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang didapatkan memenuhi persyaratan statistik. Uji F, kemudian untuk menguji kebenaran dan koefisien regresi, digunakan pengujian statistik Uji F dengan formulasi sebagai berikut:

$$Uji F = \frac{R^2/K}{(1 - R^2)/(n - K - 1)} \quad (32)$$

Dimana :

- F = Diperoleh dari tabel distribusi
- R^2 = Koefisien determinan ganda
- K = Jumlah variabel independen
- n = Jumlah sampel

Dengan kaidah pengambilan keputusan sebagai berikut:

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Dengan demikian H_1 diterima H_0 ditolak.
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Dengan demikian H_1 ditolak dan H_0 diterima.

Uji t, untuk menguji pengaruh dari masing-masing variabel bebas secara parsial atau untuk mengetahui variabel mana yang lebih mempengaruhi, dengan formulasi sebagai berikut:

$$Uji t = \frac{\sqrt{(n-2)}}{1 - r^2} \quad (33)$$

Dimana :

- t = observasi
 r = Koefisien korelasi
 n = banyaknya observasi

Dengan kaidah pengambilan keputusan sebagai berikut:

1. H_0 akan ditolak jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau $-(t_{hitung}) < -(t_{tabel})$, berarti H_1 diterima.
2. H_0 akan diterima jika $-(t_{hitung}) < t_{tabel} < t_{hitung}$, berarti H_1 ditolak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

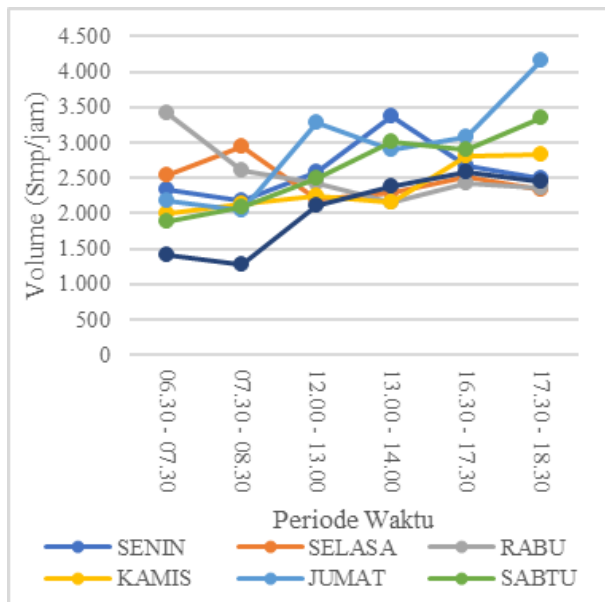
4.1. Data Geometrik

Lokasi penelitian berada pada ruas Jalan HR Soebrantas KM 9,5 Studi Kasus Depan BANK BCA Panam Kota Pekanbaru bisa dilihat pada Gambar 3. Adapun data geometrik lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Kondisi Geometrik

Tipe Lingkungan	Lebar Jalur	Tipe Jalan	Lebar Median	Hambatan Samping
Komersial	7,5 Meter	4/2 D	1 Meter	H

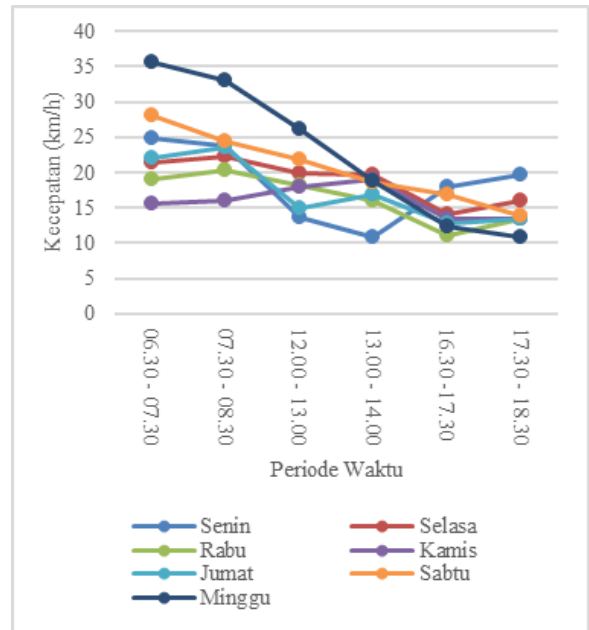
4.2. Analisis Volume



Gambar 3. Grafik Perhitungan Total Volume Lalu Lintas Selama 7 Hari

Pada Gambar 3. dapat dijelaskan bahwa pengamatan untuk Jalan HR. Soebrantas Kota Pekanbaru dan putar balik selama 7 hari diperoleh jam puncak pada hari Jumat 23 Juni 2023 jam 17.30-18.30 dengan volume kendaraan total sebesar 4.156,350 smp/jam.

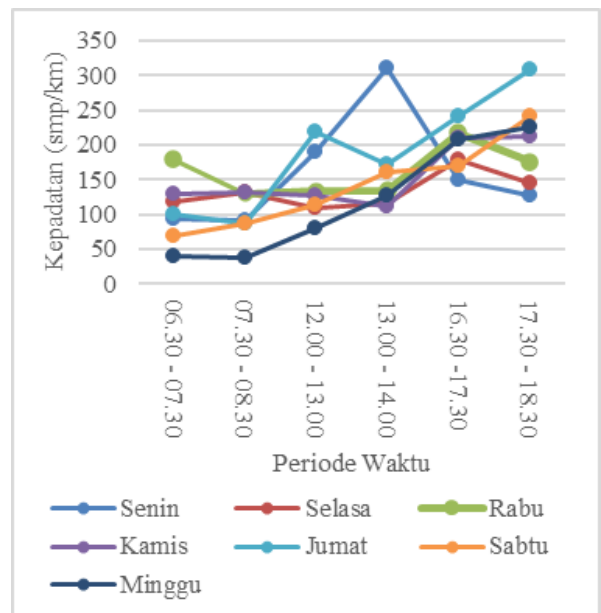
4.3. Analisis Kecepatan



Gambar 4. Grafik Perhitungan Kecepatan Rata-Rata Ruang Lalu Lintas Selama 7 Hari

Pada Gambar 4. dijelaskan bahwa pada 7 hari pengamatan untuk (Simp.Tabek Gadang - Simp.Pasar Pagi) kecepatan terendah terjadi hari senin 19 Juni 2023 pada siang hari pukul 13.00-14.00 yaitu 10,861 km/jam. Kecepatan tertinggi terjadi hari minggu 25 Juni 2023 pada pagi hari pukul 06.30-07.30 yaitu 35,686 km/jam.

4.4. Analisis Kepadatan



Gambar 5. Grafik Perhitungan Kepadatan Lalu Lintas Selama 7 Hari

Pada Gambar 5. terlihat bahwa kepadatan pada jam puncak terbesar terjadi pada hari senin 19 Juni 2023 yaitu sebesar 309,820 smp/km pada siang hari pukul 13.00-14.00,

dikarenakan volume lalu lintas semakin meningkat terjadinya penurunan kecepatan kendaraan yang mengakibatkan kepadatan kendaraan di ruas Jalan HR.Soebrantas Pekanbaru menjadi sangat tinggi mengakibatkan arus lalu lintas macet dan tersendat-sendat. Kepadatan terendah terjadi pada hari minggu 25 Juni 2023 yaitu sebesar 38,337 smp/km pada pagi hari pukul 07.30-08.30.

4.5. Analisis Kapasitas Jalan dan Derajat Kejenuhan

Tabel 6. Kapasitas Untuk Jalan Empat Lajur - Dua Arah Terbagi

Nama Jalan	Kapasitas Dasar (Co)	Faktor Penyesuaian Lebar Jalan (FCW)	Faktor Penyesuaian pemisah arah (Fcsp)	Faktor Penyesuaian hambatan samping (Fcsf)	Faktor Penyesuaian ukuran kota (FCCs)	Kapasitas (c)
Jalan HR Soebrantas	1.650	1,04	0,985	0,98	1	1.656,454

Tabel 7. Nilai DS Dan Tingkat Pelayanan

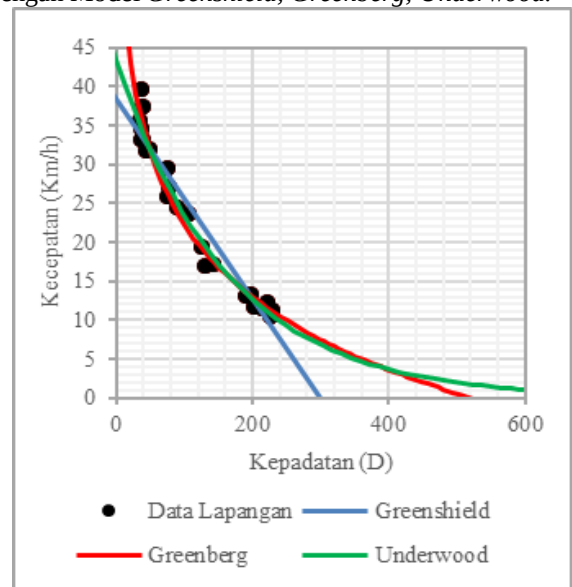
Hari	Periode Waktu	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (DS)	Tingkat Pelayanan (LOS)
Senin	06.30 - 07.30	2.343,550	3.312,910	0,707	C
	07.30 - 08.30	2.182,100	3.312,910	0,659	B
	12.00 - 13.00	2.586,100	3.312,910	0,781	C
	13.00 - 14.00	3.365,100	3.312,910	1,016	F
	16.30 - 17.30	2.670,050	3.312,910	0,806	D
	17.30 - 18.30	2.505,350	3.312,910	0,756	C
Selasa	06.30 - 07.30	2.531,000	3.312,910	0,764	C
	07.30 - 08.30	2.938,300	3.312,910	0,887	D
	12.00 - 13.00	2.196,000	3.312,910	0,663	B
	13.00 - 14.00	2.303,000	3.312,910	0,695	B
	16.30 - 17.30	2.526,200	3.312,910	0,763	C
	17.30 - 18.30	2.340,600	3.312,910	0,707	C
Rabu	06.30 - 07.30	3.411,250	3.312,910	1,030	F
	07.30 - 08.30	2.609,300	3.312,910	0,788	C
	12.00 - 13.00	2.427,600	3.312,910	0,733	C
	13.00 - 14.00	2.162,450	3.312,910	0,653	B
	16.30 - 17.30	2.418,000	3.312,910	0,730	C
	17.30 - 18.30	2.349,950	3.312,910	0,709	C
Kamis	06.30 - 07.30	1.993,800	3.312,910	0,602	B
	07.30 - 08.30	2.131,900	3.312,910	0,644	B
	12.00 - 13.00	2.255,750	3.312,910	0,681	B
	13.00 - 14.00	2.146,900	3.312,910	0,648	B
	16.30 - 17.30	2.818,350	3.312,910	0,851	D
	17.30 - 18.30	2.842,000	3.312,910	0,858	D

Jumat	06.30 - 07.30	2.182,550	3.312,910	0,659	B
	07.30 - 08.30	2.035,550	3.312,910	0,614	B
	12.00 - 13.00	3.282,950	3.312,910	0,991	E
	13.00 - 14.00	2.895,600	3.312,910	0,874	D
	16.30 - 17.30	3.076,250	3.312,910	0,929	E
	17.30 - 18.30	4.156,350	3.312,910	1,255	F
Sabtu	06.30 - 07.30	1.895,950	3.312,910	0,572	A
	07.30 - 08.30	2.098,350	3.312,910	0,633	B
	12.00 - 13.00	2.488,850	3.312,910	0,751	C
	13.00 - 14.00	3.007,250	3.312,910	0,908	E
	16.30 - 17.30	2.896,150	3.312,910	0,874	D
	17.30 - 18.30	3.355,900	3.312,910	1,013	F
Minggu	06.30 - 07.30	1.408,600	3.312,910	0,425	A
	07.30 - 08.30	1.267,700	3.312,910	0,383	A
	12.00 - 13.00	2.117,200	3.312,910	0,639	B
	13.00 - 14.00	2.382,150	3.312,910	0,719	C
	16.30 - 17.30	2.574,750	3.312,910	0,777	C
	17.30 - 18.30	2.452,000	3.312,910	0,740	C

Hasil analisis pada Tabel 7. menunjukkan bahwa pada ruas Jalan HR. Soebrantas, derajat kejenuhan tertinggi (DS) terjadi pada hari Jumat, 23 Juni 2023, dengan nilai 1,255. Pada level of service, kondisi ini juga diklasifikasikan sebagai level F dengan ciri arus tertahan, kemacetan, dan kecepatan rata-rata di bawah 15 km/jam.

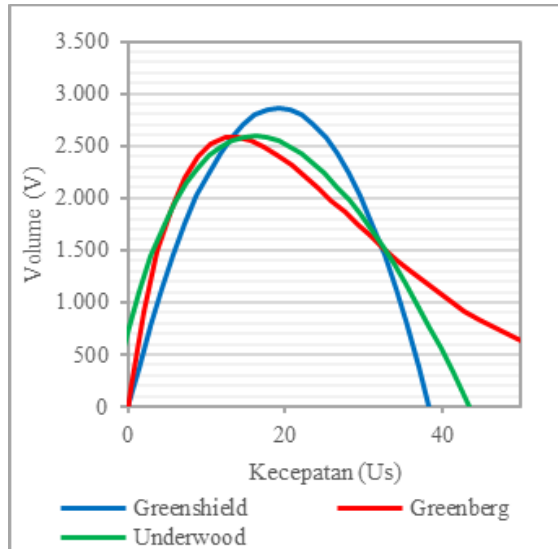
4.6. Analisis Grafik Model Greenshield, Greenberg, Underwood

Analisis Hubungan Kecepatan, Volume dan Kepadatan Dengan Model Greenshield, Greenberg, Underwood.



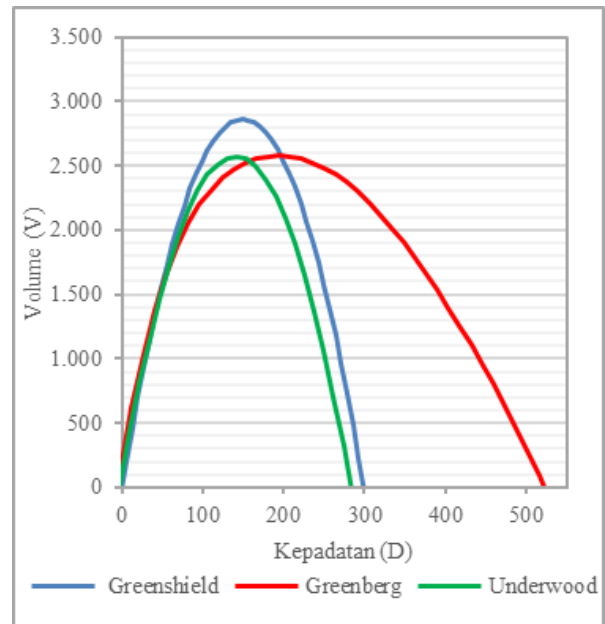
Gambar 6. Grafik Hubungan Matematis antara Kepadatan dan Kecepatan untuk Model Greenshield, Greenberg, dan Underwood Pada Hari Minggu 25 Juni 2023

Pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa pada data lapangan kecepatan tertinggi adalah 39,67 km/jam, pada kepadatan 37,59 smp/km dan kecepatan rendah adalah 10,52 km/jam pada kepadatan 227,23 smp/km. Untuk Model *Greenshield* terjadi kemacetan pada $D_j = 299,025$ smp/jam, Untuk Model *Greenberg* terjadi kemacetan terjadi pada $D_j = 522,862$ smp/jam, Untuk Model *Underwood* Kecepatan maksimum (U_m) = 15,967 km/jam terjadi Kepadatan maksimum (D_m) = 162,275 smp/km.



Gambar 7. Grafik Hubungan Matematis antara Volume dan Kecepatan untuk Model Greenshield, Greenberg, dan Underwood Pada Hari Minggu 25 Juni 2023

Pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa untuk data lapangan volume maksimum adalah sebesar 2711,00 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan (U) = 12,24 km/jam. Untuk Model *Greenshield* Volume maksimum (V_m) sebesar 2.863,639 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan maksimum (U_m) = 19,153 km/jam, Untuk Model *Greenberg* Volume maksimum (V_m) sebesar 2.587,054 smp/jam, terjadi pada kondisi kecepatan maksimum (U_m) = 13,449 km/jam, Untuk Model *Underwood* Volume maksimum (V_m) sebesar 2.591,078 smp/jam, terjadi pada kondisi kecepatan maksimum (U_m) = 15,967 km/jam.



Gambar 8. Grafik Hubungan Matematis antara Volume dan Kepadatan untuk Model Greenshield, Greenberg dan Underwood Pada Hari Minggu 25 Juni 2023

Pada Gambar 8. dapat dilihat bahwa untuk data lapangan volume maksimum (V) sebesar 2711,00 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D) sebesar 221,48 smp/km. Untuk Model *Greenshield* Volume maksimum (V_m) sebesar 2.863,639 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D_m) = 149,513 smp/km. Untuk Model *Greenberg* Volume maksimum (V_m) sebesar 2.587,054 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D_m) = 192,350 smp/km. Untuk Model *Underwood* Volume maksimum (V_m) sebesar 2.591,078 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D_m) = 162,275 smp/km.

Tabel 8. Rangkuman Hasil Analisis Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan Model *Greenshield*

Hari	Model <i>Greenshield</i>			
	U_f (km/jam)	V_m (Smp/jam)	U_m (km/jam)	D_m (Smp/jam)
Senin	28,360	3.364,228	14,180	237,253
Selasa	30,993	2.700,429	15,497	174,260
Rabu	25,854	2.891,929	12,927	223,711
Kamis	22,419	3.080,740	11,210	274,832
Jumat	25,153	3.959,392	12,576	314,826
Sabtu	31,496	3.269,460	15,748	207,612
Minggu	38,306	2.863,639	19,153	149,513

Tabel 9. Rangkuman Hasil Analisis Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan Model *Greenberg*

Hari	Model <i>Greenberg</i>			
	U_f (km/jam)	V_m (Smp/jam)	U_m (Smp/jam)	D_m (Smp/jam)
Senin	76,631	3.088,655	11,645	265,236
Selasa	73,245	2.972,271	11,117	267,364

Hari	Model <i>Greenberg</i>			
	U_f (km/jam)	V_m (Smp/jam)	U_m (Smp/jam)	D_m (Smp/jam)
Rabu	62,783	3.220,058	9,147	352,031
Kamis	51,571	3.715,556	7,104	523,043
Jumat	61,677	4.080,629	8,613	473,762
Sabtu	72,439	3.529,144	10,647	331,460
Minggu	84,186	2.587,054	13,450	192,350

Tabel 10. Rangkuman Hasil Analisis Kapasitas Hubungan Karakteristik Volume, Kecepatan, dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan Model Underwood

Hari	Model <i>Underwood</i>			
	U_f (km/jam)	V_m (Smp/jam)	U_m (km/jam)	D_m (Smp/km)
Senin	31,731	3.266,957	11,673	279,872
Selasa	36,270	2.711,390	13,343	203,205
Rabu	29,962	2.877,099	11,022	261,026
Kamis	24,135	3.293,348	8,879	370,922
Jumat	26,073	4.259,686	9,592	444,107
Sabtu	34,583	3.336,444	12,722	262,252
Minggu	43,403	2.591,078	15,967	162,275

4.7. Uji Statistik Model

Uji statistik model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang didapatkan memenuhi persyaratan statistik. Jika Nilai F hitung dan t hitung yang dihasilkan lebih kecil dari nilai F tabel dan t tabel, sehingga secara statistik model tersebut ditolak. Berikut ini merupakan hasil dari uji statistik model:

Tabel 11. Hasil Uji Statistik Model (Minggu 24 Juni 2023)

Parameter	Model Greenshield	Model Greenberg	Model Underwood
A	38,306	84,186	3,771
B	0,128	13,450	0,006
F	168,902	335,444	371,318
T	-18,812	-26,511	-28,030

Pada semua model yang telah diuji, nilai nilai F hitung dan t hitung lebih besar dari nilai F tabel dan t tabel, dengan demikian Volume dan kepadatan lalu lintas dapat mempengaruhi kecepatan kendaraan sehingga secara statistik dikatakan bahwa model yang terbentuk dapat diterima. Hal ini berarti untuk semua model tersebut dapat menggambarkan signifikansi pengaruh antara variabel bebas dengan variabel tidak bebas yang membentuk model pada lokasi studi, sehingga model terbaik dari 3 model tersebut adalah model underwood dengan koefisien determinasi ($R^2=0,973$), untuk melihat rekap uji statistik model bisa dilihat di Lampiran Uji Statistik Model.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian yang telah dilaksanakan dan telah dianalisis dengan model Greenshield, Greenberg, Underwood, serta untuk menganalisis tingkat pelayanan di ruas Jalan HR.Soebrantas Pekanbaru di kedua jalur lokasi tersebut, maka dapat ditarik berupa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis data lapangan dengan menggunakan MKJI (1997) diperoleh nilai Kapasitas Jalan (C) sebesar 3.312,910 smp/jam. Volume (V) jam puncak terjadi pada hari rabu pukul 16.30 – 17.30 WIB sebesar 5.582,750 smp/jam, kecepatan (Us) terendahnya terjadi pada jam 16.30 – 17.30 WIB sebesar 11,278 km/jam dan kepadatan (D) terbesar terjadi pada pukul 16.30 - 17.30 WIB sebesar 495,032 smp/km. Berdasarkan analisis data menurut MKJI (1997) dapat dilihat bahwa pada ruas Jalan HR.Soebrantas arah barat diperoleh nilai Tingkat Pelayanan Jalan tertinggi pada hari rabu pukul 16.30 – 17.30 sebesar F (DS = 1,685) dengan karakteristik arus tertahan, macet. Pada ruas Jalan HR.Soebrantas arah timur diperoleh nilai Tingkat Pelayanan jalan tertinggi pada hari jumat pukul 17.30 – 18.30 sebesar F (DS = 1,255)
2. Berdasarkan hasil analisis data, Hubungan antara Volume (V), Kecepatan (U), dan Kepadatan (D), untuk ruas Jalan HR.Soebrantas Kota Pekanbaru yang paling sesuai berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi yaitu sebesar 0,973 dengan model Underwood, pada hari Minggu, 24 Juni 2023. Dengan persamaan model lapangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Hubungan (U - D), } U &= 43,403 \times e^{-D/162,275} \\ \text{Hubungan (V - D), } V &= D \times 43,403 \times e^{-D/162,275} \\ \text{Hubungan (V - U), } V &= \frac{U_s \times 162,275 \times \ln(43,403/U_s)}{162,275} \\ \text{Volume maksimum (Vm)} &= 2.591,078 \text{ smp/jam} \\ \text{Kepadatan maksimum (Dm)} &= 162,275 \text{ smp/km} \\ \text{Kecepatan maksimum (Um)} &= 15,967 \text{ km/jam} \\ \text{Kecepatan arus bebas (Uf)} &= 43,403 \text{ km/jam} \end{aligned}$$
3. Volume (V) lalu lintas tertinggi pada jam puncak sebesar 4156,35 smp/jam yang terjadi pada hari jumat pada pukul 17.30 – 18.30 WIB, Kecepatan rata-rata ruang (Us) lalu lintas tertinggi pada jam puncak di arah timur 35,686 km/jam yang terjadi pada hari minggu pada pukul 06.30 – 07.30 WIB dan Kepadatan (D) lalu lintas tertinggi pada jam puncak arah timur sebesar 309,82 smp/km yang terjadi pada hari senin pada pukul 13.00 – 14.00 WIB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Republik Indonesia, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT), 1997.
- [2] *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2006.
- [3] *Panduan Survai Dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas*, No.001/T/BNKT/1990. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990.
- [4] Suwardo and I. Haryanto, *Perancangan Geometrik Jalan*, 2nd ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2018.
- [5] M. Zulrehansyah, “Analisis Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas Dengan Metode Greenshield dan Greenberg,” Universitas Islam Riau, Pekanbaru, 2021.
- [6] A. Mulyani and Ilhamsyah, “Pengaruh Penggunaan Absensi Finger Print dan Motivasi Terhadap Disiplin Pegawai Pada Diklat Provinsi Sumatera Selatan,” *Jurnal Manivestasi*, vol. 1, pp. 1–16, 2019.
- [7] M. Alfari, “Hubungan Volume Kecepatan Dan Kerapatan Di Ruas Jalan Imam Bonjol Kota Kisaran Dengan Metode Greenshield, Greenberg Dan Underwood (Studi Kasus),” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2023.
- [8] S. Efendi, “Studi Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan Dan Kerapatan Lalu Lintas Dengan Metode Greenshields Pada Ruas Jalan Karya, Medan Barat,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2022.
- [9] A. Utari, “Pengaruh Gerak U-Turn Pada Buka Median Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Kota Medan (Studi Kasus),” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2018.
- [10] B. Saputra and D. Savitri, “Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood,” *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [11] E. Purba A and J. Harianto, “Pengaruh Gerak U-Turn Pada Buka Median Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Kota (Studi Kasus: Jl. Sisingamangaraja Medan),” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, 2019.
- [12] *Spesifikasi Buka Median Pemisah Jalur*, SNI 2444:2008. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [13] *Perencanaan Putaran Balik U-Turn*, NO:06/BM/2005. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005.
- [14] *Panduan Survai Dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas*, No.001/T/BNKT/1990. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990.
- [15] J. Maer, L. I. R. Lefrandt, and J. A. Timboeleng, “Analisis Pengaruh U-Turn Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Robert Wolter Monginsidi Kota Manado,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, pp. 1569–1584, Dec. 2019.
- [16] R. Gamran, F. Jansen, and M. j Paransa, “Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode Greenshields, Greenberg, Dan Underwood Terhadap Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode Mkji 1997,” *Sipil Statik*, vol. 3, pp. 466–474, Jul. 2015.
- [17] *A policy on geometric design of highways and streets*, ISBN: 1-56051-156-7. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2001.
- [18] *Tata Cara Perencanaan Pemisah*, No.014/T/BNKT/1990. in Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990.
- [19] B. Putra and R. Tisnawan, “Analisis Kinerja Jalan Perkotaan Studi Kasus Ruas Jalan Hr. Soebrantas Km 3 Pekanbaru,” *Jurnal Rab Construction Research*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [20] L. A. Mardinata, “Pengaruh U-Turn (Putar Balik Arah) Terhadap Kinerja Arus Lalu-Lintas Ruas Jalan Raden Eddy Martadinata Kota Samarinda,” Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Samarinda, 2014.
- [21] B. Putra, “Analisis Kinerja Jalan Perkotaan Akibat Perubahan Geometrik Jalan (Studi Kasus Jl Hr.Subrantas Km 14 Panam Pekanbaru),” *Ace Conference*, Oct. 2019.