

Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Jalan 2/2 Tidak Terbagi

Yulianti Dewi Manda Sari ¹⁾

Sasana Putra ²⁾

Rahayu Sulistyorini ³⁾

Dwi Herianto ⁴⁾

Abstract

The conditions of volume, speed, and density are influenced by the interaction of the driver and the vehicle with the road and the environment. One of the way to understand traffic behavior is by describing it in mathematical and graphical form. Through analysis of the relationship between volume, speed, and density can be known information about the current traffic flow conditions. The Greenshield model is used to represent the mathematical relationship between volume, speed, and density. The purpose of the study to analyze the characteristic relationship on 2/2 roads with an undivided type. Based on the results of calculating the mean speed, the service level of this road is type E. The mean speed in the morning is 28.78 km/hour towards Teluk and 25.44 km/hour towards Tanjung Karang. It concluded that the mean speeds of vehicles at this research location are not according to the Regulation of the Minister of the Republic of Indonesia Number 96 of 2015, where for secondary arterial roads with a service level of at least C, namely 60 km/hour. Based on the analysis of the relationship between traffic characteristics using the Greenshield model obtained (r^2) = 0,276.

Key words : volume, speed, density, Greenshield.

Abstrak

Kondisi volume, kecepatan, dan kepadatan sangat dipengaruhi oleh adanya interaksi antara pengemudi dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk memahami perilaku lalu lintas adalah dengan menjabarkannya dalam bentuk matematis dan grafis. Melalui analisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan maka dapat diketahui informasi mengenai kondisi arus lalu lintas yang sedang terjadi. Untuk merepresentasikan hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas digunakan pemodelan Greenshield. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan karakteristik pada jalan dengan tipe 2/2 tidak terbagi. Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan rata-rata tingkat pelayanan jalan ini termasuk tipe E dengan kecepatan rata-rata pada pagi hari sebesar 28,78 km/jam arah Teluk dan 25,44 km/jam arah Tanjung Karang. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata pada lokasi penelitian ini tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, dimana untuk jalan arteri sekunder dengan tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C yaitu 60 km/jam. Berdasarkan analisis hubungan karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan model Greenshield didapatkan $r^2 = 0,276$.

Kata kunci : Volume, kecepatan, kepadatan, Greenshield.

¹⁾ Mahasiswa pada program S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: yuliantidewimandas85@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Dalam perancangan, perencanaan, dan penetapan berbagai kebijakan sistem transportasi, teori pergerakan arus lalu lintas memegang peranan yang sangat penting (Julianto, 2010). Kemampuan untuk menampung arus lalu lintas sangat bergantung pada keadaan fisik dari jalan tersebut, baik kualitas maupun kuantitasnya serta karakteristik operasional lalu lintasnya. Secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume, kecepatan, dan kepadatan. Hubungan ketiga parameter tersebut menyatakan bahwa semakin bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan semakin berkurang hingga kepadatan kritis tercapai. Saat kepadatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan menurun (Abdi, G.N., Priyanto, S., Malkamah 2019)

Untuk melakukan suatu manajemen lalu lintas yang terarah maka perlu diketahui terlebih dahulu perilaku karakteristik arus lalu lintas pada jalan yang di tinjau. Dimana karakteristik arus lalu lintas ini terdiri dari karakteristik volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas, serta perlu diketahui juga bagaimana model hubungan antar karakteristik arus lalu lintas pada jalan tersebut (Ali, N., Isran, 2006). Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan suatu penelitian dengan judul “Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Jalan 2/2 Tidak Terbagi”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan

Menurut (Pemerintah Indonesia, 2022) disebutkan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori dan jalan kabel. Berdasarkan fungsinya jalan umum dikelompokkan menjadi :

- a. Jalan arteri
- b. Jalan kolektor
- c. Jalan Lokal
- d. Jalan lingkungan

2.2. Lalu Lintas

Menurut Pasal 1 (Pemerintah Indonesia, 2009) Lalu lintas didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dengan fasilitas pendukungnya. Manajemen lalu lintas yang efisien adalah tujuan untuk pemodelan arus lalu lintas, sementara fokus utama pemodelan arus lalu lintas ialah pada kecepatan, arus, dan kepadatan lalu lintas (Philip, B.H., Jaseela, 2016).

2.3. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Karakteristik lalu lintas terjadi karena adanya interaksi antara pengendara dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Karakteristik arus lalu lintas dapat dianalisis dengan tiga parameter yaitu arus (*volume*), kecepatan (*speed*), dan kepadatan (*density*). Ketiga komponen tersebut termasuk ke dalam pembahasan arus lalu lintas dalam skala makroskopik (Das, P., Parida, M., Katiyar, 2015).

2.3.1. Volume lalu lintas

Menurut (Maelissa, N., Maitimu, A., Latar, 2018) volume ialah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik tertentu pada suatu ruas/segmen jalan tertentu dalam satu satuan waktu.

$$Q = \frac{n}{t} \quad (1)$$

Dimana :

Q = Volume (SKR/jam)
n = Jumlah kendaraan
t = Waktu pengamatan (jam)

2.3.2. Kecepatan

Menurut (Naser, 2021) kecepatan didefinisikan sebagai rasio pergerakan dari kendaraan dalam jarak per satuan waktu. Menurut (Haqqi, R., SM Marpaung, H., Sebayang, 2017) kecepatan umumnya dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

- Kecepatan sesaat
- Kecepatan bergerak
- Kecepatan perjalanan

$$V = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Dimana :

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)
d = Jarak yang ditempuh (km)
t = Waktu tempuh kendaraan (jam)

2.3.3. Kepadatan

Kepadatan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu ruas/segmen jalan tertentu yang dinyatakan dalam kend/km (Adisasmita, S.A. 2012)

$$D = \frac{n}{l} \quad (3)$$

Dimana :

D = Kepadatan lalu lintas (SKR/km)
n = Jumlah kendaraan
l = Panjang lintasan (km)

2.4. Tingkat Pelayanan Jalan

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum, 2014), tingkat pelayanan atau *Level Of Service (LOS)* didefinisikan sebagai ukuran kualitatif yang dapat mendeskripsikan persepsi pengemudi terhadap mutu berkendara pada suatu ruas jalan atau simpang jalan. Berdasarkan (Kementerian Perhubungan, 2015) halaman 16 tingkat pelayanan jalan di klasifikasikan sebagai berikut:

- Tingkat pelayanan A; arus bebas, volume lalu lintas rendah, kecepatan minimum 80 km/jam, kepadatan lalu lintas sangat rendah, pengemudi dapat mempertahankan kecepatan diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

- b. Tingkat pelayanan B; arus stabil, volume lalu lintas sedang, kecepatan minimum 70 km/jam, kepadatan lalu lintas rendah, kecepatan belum dipengaruhi oleh hambatan internal lalu lintas, pengemudi masih memiliki cukup kebebasan dalam memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.
- c. Tingkat pelayanan C; arus stabil namun kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi, kecepatan minimum 60 km/jam, kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan internal lalu lintas meningkat, pengemudi memiliki keterbatasan dalam menentukan kecepatan, pindah lajur atau mendahului.
- d. Tingkat pelayanan D; arus mendekati tidak stabil, volume lalu lintas tinggi, kecepatan minimum 50 km/jam, masih ditolerir akan tetapi sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus, kepadatan lalu lintas sedang tetapi fluktuasi volume lalu lintas dan penurunan kecepatan yang besar disebabkan adanya hambatan temporer, pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam mengendarai kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.
- e. Tingkat pelayanan E; arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D, volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan, kecepatan minimum 30 km/jam pada jalan untuk jalan antar kota dan minimum 10 km/jam untuk jalan perkotaan, hambatan internal lalu lintas yang tinggi dapat menyebabkan kepadatan lalu lintas tinggi, pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan dalam durasi pendek.
- f. Tingkat pelayanan F; arus tertahan dan terjadi antrian yang panjang, kecepatan kurang dari 30 km/jam, kepadatan lalu lintas sangat tinggi, volume rendah, terjadi kemacetan dengan durasi yang cukup lama, dalam keadaan antrian kecepatan maupun volume turun sampai 0.

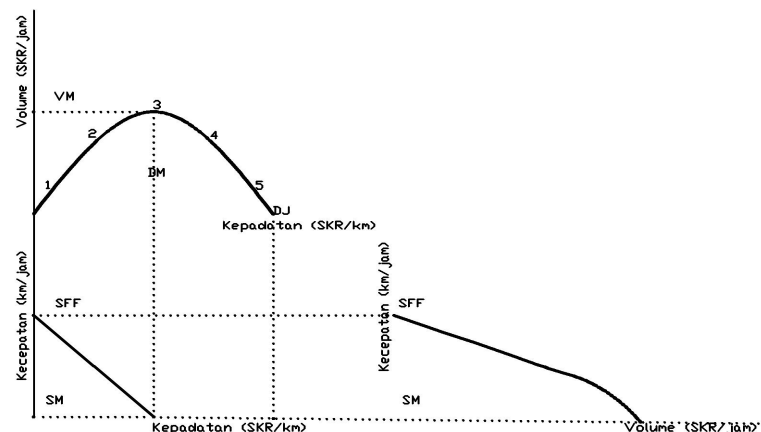
Tingkat pelayanan pada sistem jaringan jalan primer berdasarkan fungsinya terdiri atas :

- a. Jalan arteri primer dengan tingkat pelayanan minimum B
- b. Jalan kolektor primer dengan tingkat pelayanan minimum B
- c. Jalan lokal primer dengan tingkat pelayanan minimum C
- d. Jalan tol dengan tingkat pelayanan minimum B

Tingkat pelayanan pada sistem jaringan jalan sekunder berdasarkan fungsinya terdiri atas :

- a. Jalan arteri sekunder dengan tingkat pelayanan minimum C
- b. Jalan kolektor sekunder dengan tingkat pelayanan minimum C
- c. Jalan lokal sekunder dengan tingkat pelayanan minimum D
- d. Jalan lingkungan dengan tingkat pelayanan minimum D

2.5. Hubungan Antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan



Gambar 1. Hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan.

Berdasarkan grafik hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan dapat diketahui bahwa :

1. Hubungan volume dan kepadatan
Pada bagian 1 dan 2 pada gambar 1 merupakan klasifikasi normal yang dikatakan sebagai kondisi arus bebas (*free flow*). Pada bagian 2 dan 3 menunjukkan kondisi mendekati arus tak stabil (*approaching unstable flow*). Titik 3 merupakan titik dimana kecepatan pada saat kepadatan kritis. Pada bagian titik 3 dan 4 menunjukkan bahwa kondisi arus tak stabil (*unstable flow*) dan pada bagian titik 4 dan 5 menunjukkan kondisi terjadinya kemacetan. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa kepadatan akan bertambah apabila volume juga bertambah.
2. Hubungan kecepatan dan kepadatan
Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa hubungan dari kecepatan dan kepadatan adalah linier. Secara umum saat kepadatan lalu lintas semakin bertambah maka kecepatan suatu kendaraan akan semakin menurun. Kecepatan arus bebas (*Sff*) akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (*jam density*).
3. Hubungan kecepatan dan volume
Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan semakin berkurang hingga kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai. Saat kepadatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan menurun.

2.6. Model Greenshield

Greenshield melakukan studi pada jalur jalan di kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (Adisasmita, S.A. 2012). Model *Greenshield* menyimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan dengan kepadatan kendaraan dalam satu arus lalu lintas adalah linear, seperti yang dinyatakan pada persamaan dibawah ini :

$$S = S_{ff} - \left(\frac{S_{ff}}{D_j} \right) D \quad (4)$$

Dimana :

S = Kecepatan (km/jam)

Dj = Kepadatan saat macet (SKR/km)

Sff = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah (km/jam)

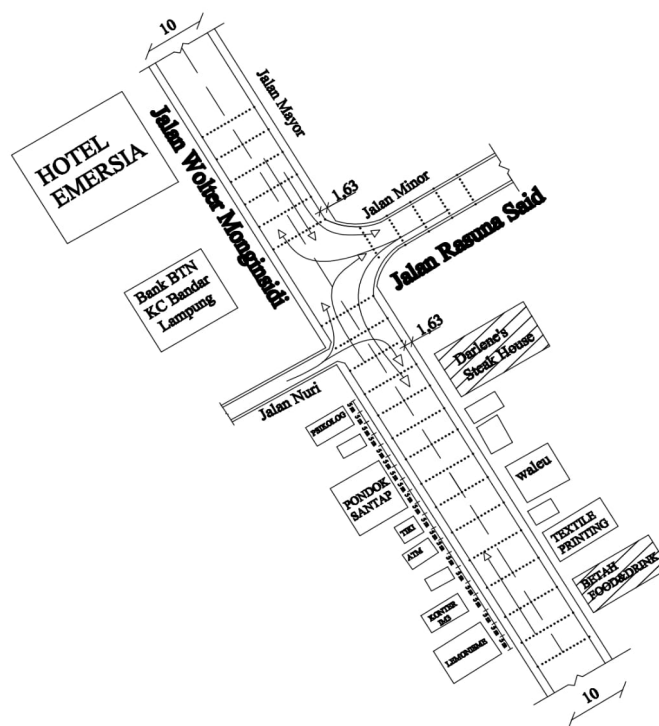
3. METODE PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari, mengumpulkan serta mempelajari beberapa materi yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.2. Survei Pendahuluan

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Wolter Monginsidi, Kecamatan Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung.



Gambar 3. Denah lokasi penelitian.

3.3. Pengumpulan Data Primer

3.3.1. Data Geometrik

Pengukuran data geometrik dilakukan pada saat arus lalu lintas tidak dalam keadaan padat, dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap lebar jalur, lebar bahu jalan, dan panjang jalur yang diamati.

3.3.2. Data Lalu Lintas

- Volume lalu lintas
- Waktu tempuh
- Kepadatan

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Waktu Penelitian

Dalam penelitian ini survei pengumpulan data lalu lintas dilakukan pada pagi hari pukul 07.00 – 09.00 WIB, dimana pada waktu tersebut diharapkan dapat mewakili waktu untuk beraktivitas seperti bekerja, sekolah, dan aktivitas lainnya.

3.4.2. Peralatan

- a. Cat dan kuas
- b. Alat tulis
- c. Meteran
- d. Pencatat waktu
- e. Kamera dan *drone*
- f. Laptop

3.5. Pengolahan dan Analisis Data

3.5.1. Pengolaham Data

- a. Volume
Pengolahan data volume dilakukan dengan melakukan rekapitulai data hasil survei yang telah dilakukan berdasarkan hasil rekaman video.
- b. Waktu tempuh
Waktu tempuh didapat dengan mengikuti sampel kendaraan ringan dari awal batas pengamatan sampai akhir batas pengamatan. Dengan diketahuinya waktu tempuh dari setiap kendaraan ringan tersebut maka dapat dihitung nilai kecepatan dari setiap kendaraan.
- c. Kepadatan
Dari hasil rekaman video dapat diketahui besarnya volume lalu lintas dan juga telah diketahui panjang lintasannya, selanjutnya dari data tersebut akan diolah hingga mendapatkan nilai kepadatan.

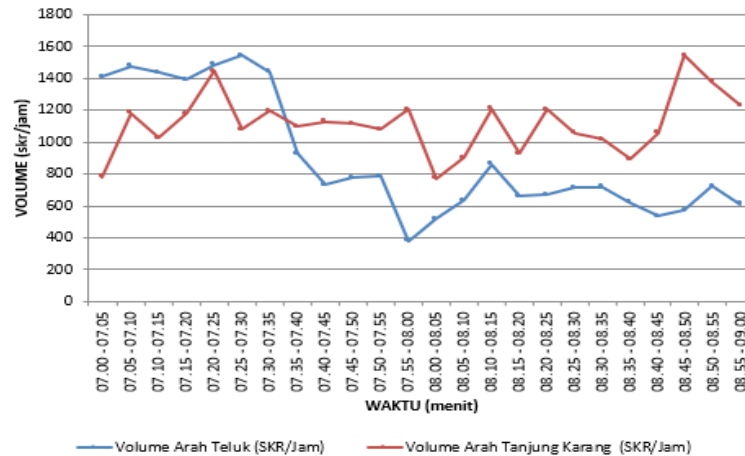
3.5.2. Analisis Data

- a. Volume lalu lintas
Setelah data lalu lintas periode waktu pagi dan sore hari terkumpul, selanjutnya data volume lalu lintas dari setiap jenis kendaraan yang telah dikelompokkan tersebut dikonversikan ke dalam satuan kendaraan ringan (SKR). Hasil perhitungan volume lalu lintas dalam satuan SKR/detik nantinya akan dikonversikan menjadi SKR/jam.
- b. Kecepatan
Besarnya nilai kecepatan dapat diketahui dengan cara membagi panjang jarak yang ditempuh setiap kendaraan ringan yang melintas pada ruas jalan dengan waktu tempuh kendaraan yang diperoleh dalam m/detik yang kemudian dikonversi ke km/jam.
- c. Kepadatan
Perhitungan nilai kepadatan didapan dengan membagi jumlah kendaraan dengan panjang lintasan.
- d. Model hubungan volume, kecepatan, kepadatan.
Berdasarkan nilai volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas yang telah dihitung, langkah berikutnya ialah melakukan analisis hubungan dari parameter lalu lintas tersebut dengan menggunakan Model Greenshield.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas yang didapat ialah menggunakan satuan kendaraan/detik. Selanjutnya satuan tersebut dikonversi ke dalam satuan SKR/Jam dengan menggunakan faktor konversi dari Tabel A.3 PKJI 2014.

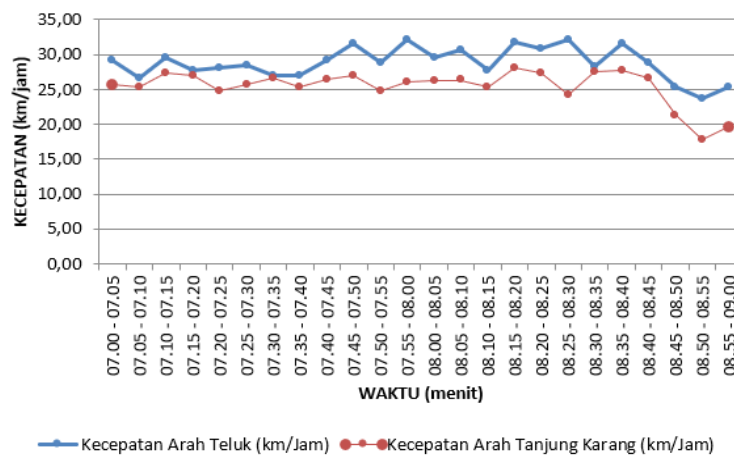


Gambar 4. Volume lalu lintas per 5 menit periode waktu pagi.

Berdasarkan Gambar 4 disimpulkan bahwa volume lalu lintas pada pukul 07.00 WIB hingga pukul 07.35 WIB pada arah teluk lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena kawasan Teluk merupakan salah satu kawasan yang didominasi oleh perkantoran dimana untuk jam masuk kerja pada umumnya telah ditentukan yakni pukul 08.00 WIB, sehingga untuk menghindari kemacetan dan lain sebagainya banyak pekerja yang berangkat lebih awal. Pukul 07.40 WIB hingga pukul 09.00 WIB volume lalu lintas arah Tanjung Karang lebih tinggi, hal ini terjadi karena Tanjung Karang merupakan pusat kota yang didominasi oleh aktivitas perdagangan dan untuk waktu dimana masyarakat akan melakukan aktivitas perdagangan tersebut tidak dibatasi oleh waktu.

4.2. Kecepatan

Data kecepatan didapat dengan mengambil 20 sampel kendaraan ringan (KR) secara acak dalam waktu 5 menit.

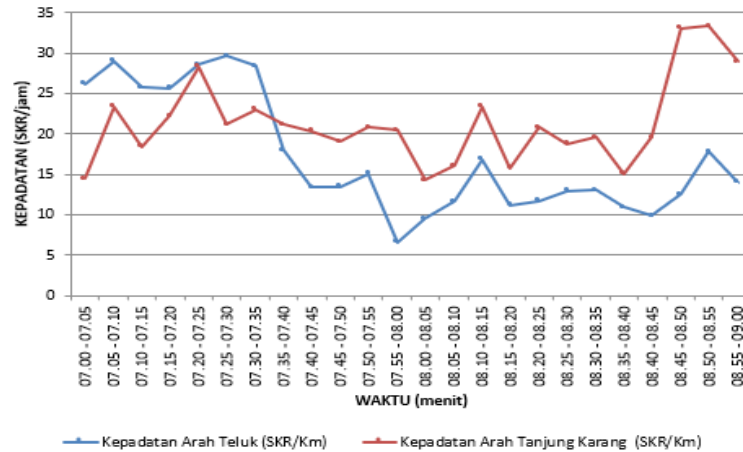


Gambar 5. Kecepatan rata-rata per 5 menit periode waktu pagi.

Berdasarkan gambar 5 diketahui nilai kecepatan rata rata pada pagi hari sebesar 28,78 km/jam arah Teluk dan 25,44 km/jam arah Tanjung Karang. Dari nilai kecepatan rata-rata tersebut didapatkan tingkat pelayanan E. Rendahnya nilai kecepatan rata-rata pada ruas jalan ini dapat disebabkan oleh adanya persimpangan pada Jalan Rasuna Said dan Jalan Nuri, sehingga hal tersebut berpengaruh pada kelancaran arus lalu lintas.

4.3. Kepadatan

Survei data kepadatan didapat dengan membagi jumlah kendaraan yang ada sepanjang pelintasan dengan panjang pelintasan.

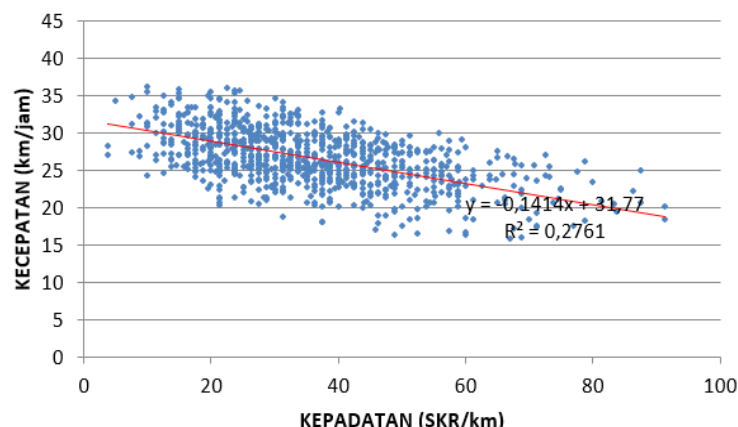


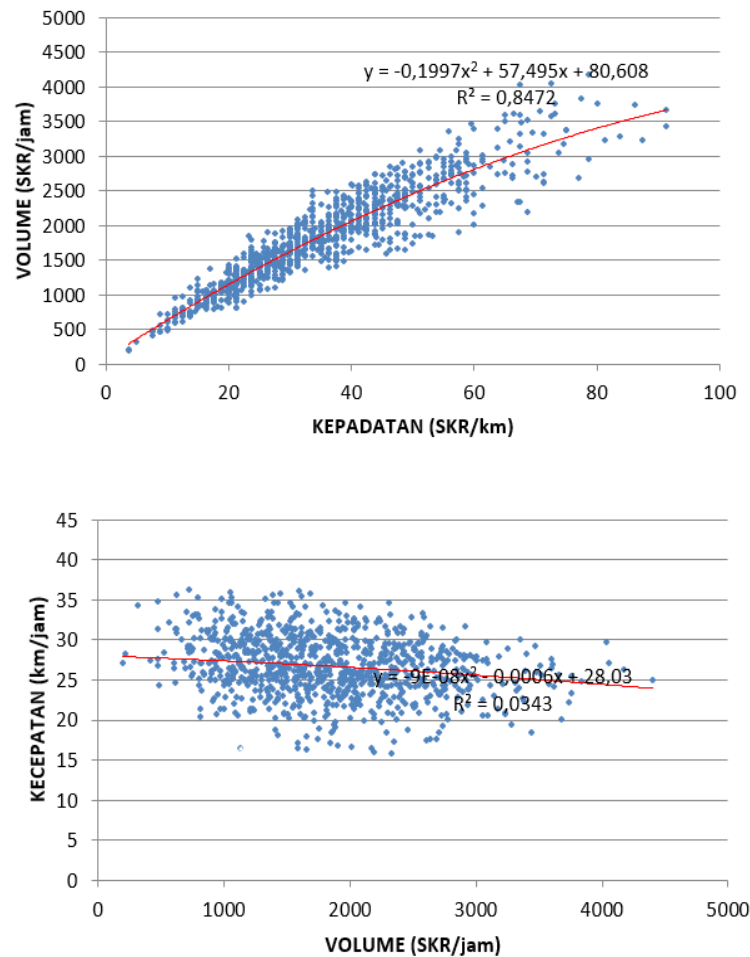
Gambar 6. Kepadatan per 5 menit periode waktu pagi.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kepadatan rata-rata pada hari Senin pagi pukul 07.00 WIB hingga pukul 07.35 WIB arah Tanjung Karang lebih rendah dari pada arah Teluk. Pada pukul 07.40 Wib hingga pukul 09.00 WIB nilai kepadatan rata-rata pada arah Tanjung Karang lebih tinggi dari pada arah Teluk.

4.4. Hubungan Volume, Kecepatan, Kepadatan Model Greenshield

Model Greenshield menyimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan kendaraan dalam satu arus lalu lintas adalah linear. Hasil perhitungan analisis hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan dengan menggunakan Model Greenshield disajikan pada gambar berikut:





Gambar 7. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan Model Greenshield.

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan fungsi linier dengan $r^2 = 0,276$, pada grafik hubungan antara volume dan kepadatan merupakan fungsi logaritmik dengan $r^2 = 0,847$, serta pada grafik hubungan antara kecepatan dan volume merupakan fungsi eksponensial dengan $r^2 = 0,034$. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ali, N., Isran 2006) dimana semakin besar nilai kepadatan maka nilai kecepatan kendaraan akan semakin menurun, nilai kepadatan akan bertambah apabila volume juga bertambah, dan semakin bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan akan semakin berkurang hingga volume maksimum tercapai dan terjadi kemacetan.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

- Hasil evaluasi kinerja menunjukkan bahwa tingkat pelayanan pada ruas jalan dilokasi penelitian ini berada pada kondisi buruk. Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan rata-rata kendaraan didapatkan tingkat pelayanan E dengan kecepatan pada pagi hari sebesar 28,78 km/jam arah Teluk dan 25,44 km/jam arah Tanjung Karang. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan kendaraan pada lokasi

penelitian ini tidak memenuhi persyaratan sesuai Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 untuk ruas jalan arteri sekunder dengan tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C yaitu 60 km/jam.

- b. Berdasarkan analisis hubungan karakteristik volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas dengan menggunakan model Greenshield didapatkan nilai r^2 sebesar 0,276.

5.2. Saran

- a. Perlu adanya petugas pengatur lalu lintas pada persimpangan pada jam sibuk agar arus lalu lintas pada ruas Jalan tersebut tidak terganggu dan menimbulkan kemacetan.
- b. Untuk mendapatkan karakteristik indeks tingkat pelayanan yang lebih akurat, sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan pada ruas jalan dengan tipe dan daerah lingkungan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, G.N., Priyanto, S., Malkamah, S., 2019. Hubungan Volume Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman. *Teknisia*, XXIV (1).
- Adisasmita, S.A., D., 2012. Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristi Lalu Lintas (Studi Kasus: JL. P. Kemerdekaan Depan M-Tos Jembatan Tello), 1–25.
- Ali, N., Isran, M.I., 2006. Studi Model Hubungan Volume–Kecepatan–Kepadatan pada Jalan Perkotaan Tipe 2 Lajur Dan 4 Lajur Tak Terbagi (2UD DAN 4UD). *Jurnal Transportasi*, 6 (2), 117–128.
- Das, P., Parida, M., Katiyar, V.K., 2015. Analysis of interrelationship between pedestrian flow parameters using artificial neural network. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 35 (6), 298–309.
- Haqqi, R., SM Marpaung, H., Sebayang, M., 2017. Analisis Waktu Tempuh Kendaraan Bermotor Dengan Metode Estimasi Instantaneous Model. *Jom FTEKNIK*, 4 (2).
- Julianto, E.N., 2010. Hubungan Antara Kecepatan, Volume Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Teknik Sipil & Perencanaan*, 12 (2), 151–160.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Perkotaan 2014*.
- Kementerian Perhubungan, 2015. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015*.
- Maelissa, N., Maitimu, A., Latar, S., 2018. Analysis of Volume Relationship, Traffic Speed and Density in the Tulukabessy Street with the Greenberg and Underwood Methods. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5 (12), 88–96.

- Naser, I.H., 2021. A review of speed - flow relationships in traffic studies. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 6 (1), 026–035.
- Pemerintah Indonesia, 2009. *Undang - Undang No. 22 Tahun 2009*.
- Pemerintah Indonesia, 2022. *Undang-Undang Nomor 2 tahun 2022 tentang Jalan*.
- Philip, B.H., Jaseela, K.H., 2016. Traffic Flow Modeling and Study of Traffic Congestion. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 4 (1), 67–68.