

ANALISIS HUBUNGAN KECEPATAN, KEPADATAN DAN VOLUME LALU LINTAS DENGAN METODE GREENSHIELDS PADA RUAS JALAN MARELAN RAYA

Nurvita Insani M. Simanjuntak¹, Partahi Lumbangaol², Regen Boy Saputra³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan

email : nurvita.simanjuntak@uhn.ac.id¹, partahi.lumbangaol@uhn.ac.id²,
regen.saputra@studentuhn.ac.id³

ABSTRAK

Volume lalu lintas pada ruas jalan Marelan Raya mengalami peningkatan setiap tahun akibat perkembangan wilayah dan pertumbuhan penduduk yang pesat. Untuk mengatasi masalah lalu lintas, diperlukan pemahaman mengenai karakteristik lalu lintas dan model hubungan antara Volume (Q), Kecepatan (V) dan kepadatan (D) menggunakan metode matematis Greenshields. Survei data dilakukan dengan metode manual count untuk mengumpulkan data volume dan kecepatan lalu lintas. Ruas jalan yang diamati merupakan jalan lokal dengan panjang 100 meter dan lebar 9 meter (4,5 meter per lajur) termasuk dalam tipe jalan 2/2 UD (2 lajur – 2 arah tak terbagi). Hasil analisis menggunakan metode Greenshields menunjukkan volume maksimum (Qmax) sebesar 2.625 smp/jam, kecepatan bebas (Vf) 31,75 km/jam, kecepatan maksimum (Vm) 15,88 km/jam, kepadatan maksimum (Dj) 330,73 smp/jam dan koefisien determinan (r^2) 0,851. Penelitian ini memberikan gambaran komprehensif tentang karakteristik lalu lintas di ruas jalan Marelan Raya untuk mendukung perencanaan dan pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif.

Kata Kunci : Greenshields, Volume, Kecepatan, Kepadatan, Marelan Raya

ABSTRACT

Traffic volume on Marelan Raya street road has increased annually due to rapid regional development and population growth. To overcome traffic problems, an understanding of traffic characteristics and the relationship model between volume (Q), speed (V) and density (D) using the Greenshields mathematical method is required. Data surveys were conducted using the manual count method to collect traffic volume and speed data. The road section observed was a local road with a length of 100 meters and width of 9 meters (4,5 meters per lane) included in the 2/2 UD road type (2 lanes – 2 directions undivided). The results of the analysis using the Greenshields method showed a maximum volume (Qmax) of 2,625 smp/hour, free speed (Vf) of 31.75 km/hour, maximum density (Dj) of 330.73 smp/hour and a determinant coefficient (r^2) of 0.851. This study provides a comprehensive overview of traffic characteristics on the Marelan Raya road section to support more effective traffic planning and management.

Keywords : Greenshields, Volume, Speed, Density, Marelan Raya

PENDAHULUAN

Kota Medan saat ini berkembang pesat utamanya dalam penyediaan sarana transportasi yang memadai untuk dapat melayani arus lalu lintas yang terus meningkat. Pertambahan penduduk sebanyak 1,82 juta jiwa atau 181.720 jiwa setiap tahunnya sejak tahun 2020, menjadi salah satu pemicu pertambahan penggunaan kendaraan pribadi yang tidak berbanding lurus dengan ketersediaan infrastruktur transportasi. Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya berbagai

permasalahan lalu lintas yang kompleks, seperti kemacetan, polusi udara dan peningkatan waktu tempuh perjalanan.

Dikarenakan terus meningkatnya jumlah penduduk dan pertambahan penggunaan kendaraan pribadi, mengakibatkan kemacetan di wilayah perkotaan terus bertambah. Dengan memperhatikan informasi tentang karakteristik operasional lalu lintas dan keadaan jalan, baik itu secara kualitas maupun kuantitas menjadi penentu keberhasilan dalam upaya menggambarkan kuantitas serta kualitas lalu lintas, sehingga dapat mengambil keputusan yang tepat dalam menangani permasalahan lalu lintas dengan kebijakan sistem transportasi.

Jumlah total mobil yang melintasi suatu ruas jalan dalam jangka waktu tertentu disebut volume lalu lintas (misalnya kendaraan per jam). Pergerakan unik setiap pengemudi dan interaksi antara mobil lain di jalan berdampak pada volume. Menurut Fitriani (2012), kepadatan lalu lintas adalah jumlah mobil per kilometer (kendaraan/km) yang menempati bagian tertentu dari suatu ruas jalan atau jalur. Semakin besar kepadatannya, semakin dekat kendaraan satu sama lain dan semakin rendah kepadatannya, semakin jauh jarak kendaraan di ruas jalan tersebut. Kecepatan kendaraan dapat didefinisikan sebagai rasio jarak yang ditempuh terhadap waktu yang dihabiskan untuk menempuh jarak tersebut.

Volume, kecepatan dan kepadatan merupakan tiga parameter utama yang memiliki hubungan matematis satu sama lain, hubungan matematis antara ketiga parameter ini dapat dijelaskan menggunakan metode Greenshield.

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain (1) untuk mengetahui kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas serta komposisi lalu lintas pada ruas jalan Marelan Raya Kecamatan Medan Marelan dan (2) untuk menyusun model matematis model Greenshields hubungan kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas pada ruas jalan Marelan Raya Kecamatan Medan Marelan.

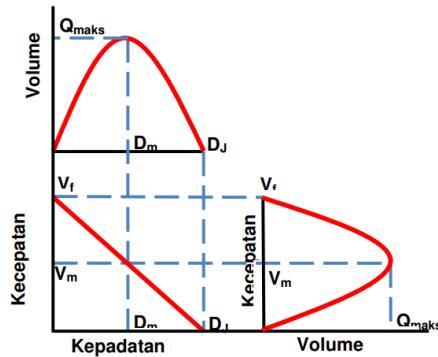
TINJAUAN PUSTAKA

Hubungan Volume dengan Kecepatan dan Kepadatan

Menurut Ofyar Z. Tamin (1997), grafik yang menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S) digunakan untuk menggambarkan hubungan matematis antara besaran-besaran ini. Karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan dapat dipastikan menggunakan tiga faktor utama, yaitu sebagai berikut :

1. Volume (arus) yaitu jumlah mobil melewati lokasi tertentu di jalan dalam waktu tertentu
2. Kecepatan yaitu seberapa jauh mobil dapat melaju di ruas jalan dalam jangka waktu tertentu
3. kepadatan yaitu jumlah mobil di jalan tertentu per satuan panjang

Hubungan ketiga variabel tersebut dapat digambarkan dengan persamaan matematis pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan

(Sumber : M. Taufiq N. Thalib, 2018)

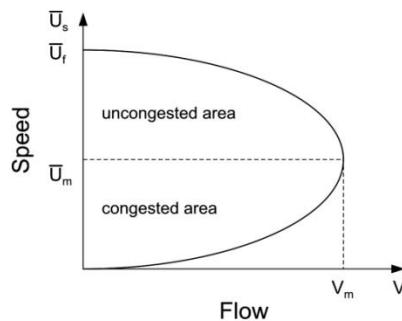
Dimana :

- Q_m = kapasitas atau volume maksimum (smp/jam)
- V_m = kecepatan maksimum (km/jam)
- D_m = kepadatan maksimum (smp/jam)
- V_f = kecepatan sangat rendah (km/jam)
- D_j = volume lalu lintas total (smp/jam)

Hubungan Volume dan Kecepatan

Menurut Murniati, dkk (2013), hubungan antara volume dan kecepatan didasarkan pada fakta bahwa ketika volume lalu lintas meningkat, kecepatan rata-rata mobil di area tersebut cenderung turun hingga mencapai tingkat kritis atau titik volume maksimum.

Setelah mencapai kepadatan kritis, baik kecepatan rata-rata maupun volume kendaraan akan mengalami penurunan lebih lanjut. Dengan demikian, grafik tersebut menggambarkan dua kondisi yang berbeda; skenario lalu lintas tinggi ditunjukkan di bagian bawah, sedangkan situasi lalu lintas yang stabil ditunjukkan di bagian atas (MKJI, 1997).



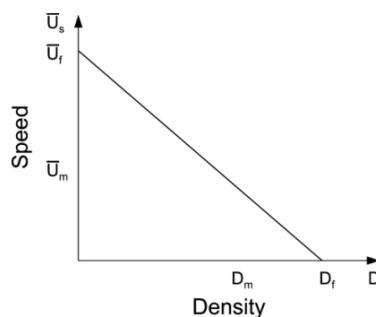
Gambar 2. Hubungan antara Volume dan Kecepatan

(Sumber : Bagas Saputra dan Dian Savitri, 2021)

Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Kecepatan kendaraan cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas. Pada kondisi dimana kepadatan berada pada nol, kendaraan dapat bergerak dengan kecepatan arus lalu lintas. Sebaliknya, ketika kecepatan turun hingga mencapai nol, situasi tersebut mengindikasikan terjadinya kemacetan (MKJI, 1997).

Penting untuk memahami dinamika ini, karena dengan mengetahui bagaimana kecepatan berhubungan dengan kepadatan, sehingga dapat lebih efektif merancang untuk mengurangi kemacetan dan meningkatkan aliran lalu lintas di jalan raya. Analisis ini juga berkontribusi pada pengembangan strategi untuk menjaga kelancaran transportasi dan mengoptimalkan penggunaan infrastruktur jalan yang ada (Ofyar Z. Tamin. 1997).



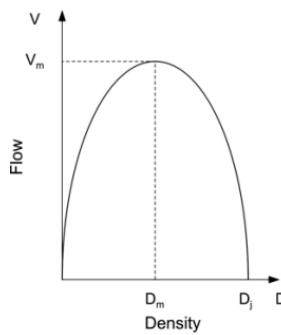
Gambar 3. Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan

(Sumber : Bagas Saputra dan Dian Savitri, 2021)

Hubungan Volume dan Kepadatan

Volume lalu lintas mencapai puncaknya, yang dikenal sebagai volume maksimum (V_m), ketika kepadatan mencapai titik tertentu yang disebut D_m , dimana kapasitas jalan telah sepenuhnya terpenuhi. Setelah titik ini terlampaui, meskipun kepadatan terus meningkat, volume lalu lintas akan mulai menurun hingga pada akhirnya menyebabkan terjadinya kemacetan di titik D_f (Sumina, 2021).

Memahami hubungan ini sangat penting dalam manajemen lalu lintas, karena dapat membantu dalam merancang kebijakan yang lebih efektif untuk mencegah kemacetan serta mengoptimalkan kapasitas lajur. Dengan mengetahui bagaimana volume berinteraksi dengan kepadatan, perencana lalu lintas dapat mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan jalan dan mengurangi waktu perjalanan bagi pengguna jalan (Ofyar Z. Tamin. 1997).



Gambar 4. Hubungan antara Volume dan Kepadatan

(Sumber : Bagas Saputra dan Dian Savitri, 2021)

Model Hubungan Volume dengan Kecepatan dan Kepadatan

Metode Greenshield

Metode Greenshield yang dikembangkan pada tahun 1935 merupakan model fundamental yang menjelaskan keterkaitan antara kecepatan arus lalu lintas dan kepadatan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier antara kedua variabel tersebut. Greenshield melakukan observasi di daerah luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas cukup ideal karena tidak adanya gangguan, sehingga kendaraan dapat bergerak dengan bebas dalam keadaan stabil (*steady state condition*) (Ofyar Z. Tamin. 2000).

Metode Greenshield umumnya menghubungkan kecepatan dan kepadatan Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier (*Bagas Saputra dan Dian Savitri, 2021*).

Metode Greenshield dapat dijabarkan pada persamaan berikut :

$$V_s = V_f - \frac{V_f}{D_j} x D \quad (1)$$

dimana :

V_s = kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

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

D_j = kepadatan saat macet (smp/jam)

D = kepadatan lalu lintas (smp/jam)

Model ini dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan berikut :

$$Y = a + bx \quad (2)$$

Dimana dianggap bahwa V_f merupakan konstanta a dan $\frac{V_f}{D_j}$ adalah b sedangkan V_s dan D masing-masing merupakan variabel y dan x . Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free flow speed*) dimana pengendara dapat memacu kecepatan sesuai dengan

keinginan dan puncak kepadatan dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali (Ofyar Z. Tamin. 2000).

Dengan pemahaman ini, hubungan kecepatan dan kepadatan dapat dianalisis lebih lanjut untuk merumuskan kebijakan dan strategi pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif, serta untuk meramalkan dampak dari perubahan dalam volume lalu lintas terhadap kecepatan dan kepadatan di lapangan (Ofyar Z. Tamin. 2000).

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan menjadi bentuk $V = \frac{Q}{D}$ kemudian disubstitusikan ke persamaan 1 dan mendapatkan persamaan berikut :

$$Q = V_f \times D \times \frac{V_f}{D_j} \times D^2 \quad (3)$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan parabolik $Q = f(D)$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapatkan dengan mengubah persamaan $Q = V \times D$ menjadi $D = Q / V$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan 1 maka akan diperoleh hubungan volume dan kecepatan yaitu :

$$Q = D_j \times V_s - \frac{D_j}{V_j} \times V_s^2 \quad (4)$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan parabolik $Q = f(V)$. Volume maksimum (Q_m) untuk metode Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_m = D_m \times V_m \quad (5)$$

Dari persamaan tersebut dapat disampaikan bahwa D_m adalah kepadatan pada saat volume maksimum dan V_m adalah kecepatan pada saat volume maksimum. Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk metode Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$D = D_m = (0,5 \times D_j) \quad (6)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk metode Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_s = V_m = \frac{V_f}{2} \quad (7)$$

Apabila persamaan 6 dan persamaan 7 disubstitusikan pada persamaan 5 maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_m = \left(\frac{D_j}{V_f}\right)/4 \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di ruas jalan Marelan Raya yang berbatas dengan Kec. Medan Labuhan di sebelah Timur, Kec. Medan Helvetia di sebelah Selatan, Kec. Medan Belawan di sebelah Utara dan Kab. Deli Serdang di sebelah Barat. Ruas jalan Marelan Raya merupakan jalan tipe 2/2 UD (2 jalur – 2 arah tidak terbagi) dengan panjang jalan 100 meter dan lebar jalan 9 meter dengan masing-masing lebar lajur 4,5 meter yang ditentukan sebagai lokasi penelitian.



Gambar 5. Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Maps, 2024)

Waktu Survei Penelitian

Pengumpulan data lalu lintas dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola dan karakteristik lalu lintas yang terjadi pada berbagai aktivitas harian, penelitian ini dilakukan selama 7 hari. Pengamatan difokuskan pada 2 periode puncak, yaitu pagi hari (pukul 07.00 – 09.00 WIB) dan sore hari (pukul 16.30 – 18.30 WIB). Periode-periode ini dipilih karena diasumsikan mewakili aktivitas masyarakat yang paling signifikan, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kondisi lalu lintas di ruas jalan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Volume Lalu Lintas

Berdasarkan hasil survei arus lalu lintas di lokasi penelitian pada kedua lajur diperoleh hasil yang dirangkum pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 7 berikut.

Tabel 1. Total Arus Kendaraan (Senin, 9 Desember 2024)

Waktu	Senin, 9 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	2.129	1.047,9	1.948	981,15	4.077	2.029,05
08.00 – 09.00	2.080	1.016,1	2.043	1.022,15	4.123	2.038,25
16.30 – 17.30	2.150	1.044,9	1.980	997,1	4.130	2.042
17.30 – 18.30	2.023	987,1	2.085	1.033,2	4.108	2.020,3

(Sumber : Google Maps, 2024)

Tabel 2. Total Arus Kendaraan (Selasa, 10 Desember 2024)

Waktu	Selasa, 10 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	2.052	1.055,55	1.966	984,4	4.018	1.989,95
08.00 – 09.00	1.991	1.009,4	2.078	1.032,4	4.069	2.041,8
16.30 – 17.30	2.113	1.051	2.018	999,05	4.131	2.050,05
17.30 – 18.30	2.199	1.115	1.865	933,1	4.064	2.048,1

(Sumber : Google Maps, 2024)

Tabel 3. Total Arus Kendaraan (Rabu, 11 Desember 2024)

Waktu	Rabu, 11 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	2.041	1.005,2	1.964	979,2	4.005	2.048,1
08.00 – 09.00	1.954	953,6	1.993	1000,45	3.947	1984,4
16.30 – 17.30	1.973	965	1.901	937,1	3.874	1954,05
17.30 – 18.30	2.059	988,5	2.040	1019,55	4.099	1902,1

(Sumber : Google Maps, 2024)

Tabel 4. Total Arus Kendaraan (Kamis, 12 Desember 2024)

Waktu	Kamis, 12 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	1.982	956,5	2.035	976,35	4.017	1.932,85
08.00 – 09.00	1.831	893,45	1.853	890,1	3.684	1.783,55
16.30 – 17.30	1.951	961,6	2.126	1.060,3	4.077	2.021,9
17.30 – 18.30	2.051	1.033,1	2.039	1.008,15	4.090	2.041,25

(Sumber : Google Maps, 2024)

Tabel 5. Total Arus Kendaraan (Jumat, 13 Desember 2024)

Waktu	Jumat, 13 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	1.991	953,75	1.918	915,55	3.909	1.869,3
08.00 – 09.00	1.951	955,7	1.911	932,05	3.862	1.887,75
16.30 – 17.30	2.146	1.074	1.983	947,85	4.129	2.021,85
17.30 – 18.30	2.077	987,2	1.978	939,35	4.055	1.926,55

(Sumber : Google Maps, 2024)

Tabel 6. Total Arus Kendaraan (Senin, 16 Desember 2024)

Waktu	Senin, 16 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	2.073	1.035,25	2.085	1.043,55	4.158	2.078,8
08.00 – 09.00	2.034	1.047,6	1.918	937,15	3.952	1.984,75
16.30 – 17.30	2.085	1.058,25	2.099	1.059,2	4.184	2.117,45
17.30 – 18.30	2.081	1.054,85	2.058	1.033,2	4.139	2.088,05

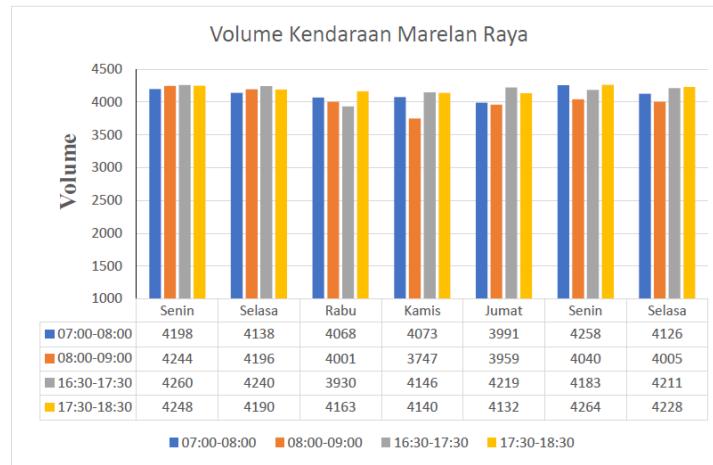
(Sumber : Google Maps, 2024)

Tabel 7. Total Arus Kendaraan (Selasa, 17 Desember 2024)

Waktu	Selasa, 17 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
07.00 – 08.00	2.059	997,9	1.982	953,2	4.041	1.951,1
08.00 – 09.00	1.986	987,95	1.940	948,45	3.926	1.936,4

Waktu	Selasa, 17 Desember 2024					
	Arus selatan ke utara		Arus utara ke selatan		Total dua arah	
	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp	Kend	Qsmp
16.30 – 17.30	2.095	1.070,85	2.026	1.023,55	4.121	2.094,4
17.30 – 18.30	2.128	1.022,6	2.029	970,5	4.157	1.993,1

(Sumber : Google Maps, 2024)



Gambar 6. Volume Lalu Lintas

(Sumber : Hasil analisis, 2024)

Berdasarkan hasil survei lapangan, maka dirumuskan volume (Q) puncak lalu lintas di lokasi penelitian terjadi pada hari Senin, 16 Desember 2024 pada pukul 17.30 – 18.30 WIB sebesar 2.348 smp/jam.

Analisa Kecepatan Arus Bebas

Berdasarkan MKJI 1997, kecepatan arus bebas didefinisikan sebagai kecepatan (km/jam) kendaraan yang tidak dipengaruhi oleh kendaraan lain (yaitu kecepatan dimana pengendara merasakan perjalanan yang nyaman, dalam kondisi geometrik, lingkungan dan pengaturan lalu lintas yang ada, pada segmen jalan dimana tidak ada kendaraan yang lain).

$$FV = (FV_O + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS} \quad (9)$$

- Nilai kecepatan arus bebas dasar (FV_O) yang digunakan untuk semua kendaraan rata-rata adalah 42 km/jam
- Nilai penyesuaian arus bebas dasar untuk lebar jalur lalu lintas (FV_W) dengan lebar jalur lalu lintas efektif 9 meter adalah 4 km/jam
- Nilai penyesuaian kecepatan arus bebas untuk hambatan samping (FFV_{SF}) dengan lebar bahu jalan masing-masing 1 meter adalah 0,86
- Nilai penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota (FFV_{CS}) dengan besaran populasi adalah 2,5 juta jiwa adalah 1,00

$$FV = (FV_O + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS}$$

$$FV = (42 + 4) \times 0,86 \times 1,00$$

$$FV = 39,56 \text{ km/jam}$$

Jadi besarnya nilai Kecepatan arus bebas (FV) adalah 39,56 km/jam.

Analisa Kapasitas Jalan

Dengan menggunakan persamaan berikut, nilai kapasitas jalan dapat ditentukan.

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (10)$$

- a) Nilai kapasitas dasar (C_0) untuk dua lajur tak terbagi adalah 2900 smp/jam
- b) Nilai penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FC_W) untuk lebar jalur lalu lintas efektif 9 meter adalah 1,25
- c) Nilai penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FC_{SP}) di ruas jalan 2/2 dengan persentase pemisahan arah 50%-50% adalah 1,00
- d) Nilai penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping (FC_{SF}) dengan nilai hambatan samping sedang dan lebar bahu 1,00 meter adalah 0,81
- e) Nilai penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota dengan jumlah penduduk 2,5 juta jiwa adalah 0,90

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

$$C = 2900 \times 1,25 \times 1,00 \times 0,81 \times 0,90$$

$$C = 2.643 \text{ smp/jam}$$

Jadi besarnya nilai kapasitas ruas jalan Marelan Raya adalah 2.643 smp/jam.

Analisa Derajat Kejemuhan

Derajat kejemuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang ataupun segmen jalan (MKJI,1997)

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (11)$$

$$DS = \frac{2.348 \text{ smp/jam}}{2.643 \text{ smp/jam}}$$

$$DS = 0,89$$

Jadi nilai Derajat kejemuhan di lokasi penelitian adalah sebesar 0,89.

Data Survei Lalu Lintas

Hasil survei volume lalu lintas dan kecepatan lalu lintas di lokasi penelitian yang telah dilakukan selama waktu survei dijabarkan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil survei lalu lintas

Hari	Periode	Space Mean Speed (V_s) (km/jam)	Volume (Q) (smp/jam)	Kepadatan (D) (smp/jam)
Senin	07.00 – 08.00	21,53	2.292	106,46
	08.00 – 09.00	21,96	2.303	104,87
	16.30 – 17.30	20,81	2.313	111,15
	17.30 – 18.30	21,28	2.302	108,18
Selasa	07.00 – 08.00	21,13	2.253	106,63
	08.00 – 09.00	21,65	2.310	106,70

Hari	Periode	Space Mean Speed (V _s) (km/jam)	Volume (Q) (smp/jam)	Kepadatan (D) (smp/jam)
Rabu	16.30 – 17.30	20,99	2.309	110,00
	17.30 – 18.30	21,53	2.318	107,66
	07.00 – 08.00	21,64	2.200	101,66
	08.00 – 09.00	21,13	2.161	102,27
	16.30 – 17.30	21,33	2.109	98,87
	17.30 – 18.30	21,01	2.232	106,24
	07.00 – 08.00	21,18	2.147	101,37
	08.00 – 09.00	20,41	1.998	97,89
Kamis	16.30 – 17.30	21,24	2.225	104,76
	17.30 – 18.30	21,63	2.260	104,87
	07.00 – 08.00	20,41	2.103	103,04
	08.00 – 09.00	21,29	2.127	99,91
Jumat	16.30 – 17.30	20,81	2.176	104,57
	17.30 – 18.30	20,97	2.164	103,19
	07.00 – 08.00	21,53	2.330	108,22
	08.00 – 09.00	21,96	2.223	101,23
Senin	16.30 – 17.30	20,81	2.322	111,58
	17.30 – 18.30	21,28	2.348	110,34
	07.00 – 08.00	20,81	2.187	105,09
	08.00 – 09.00	21,08	2.162	102,56
Selasa	16.30 – 17.30	22,05	2.332	105,76
	17.30 – 18.30	21,27	2.220	104,37

(Sumber : Hasil survei lapangan, 2024)

Analisa Metode Greenshields

Menggunakan pendekatan Greenshields untuk menganalisis hubungan antara kepadatan dan variabel yang terkait dengan volume dan kecepatan.

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

Persamaan di atas dapat diubah menjadi persamaan linier sebagai berikut untuk menentukan nilai konstanta Vf dan Dj :

$$Y = a + bx \quad \text{misal: } Y = V_s ; a = V_f ; b = -\left(\frac{V_f}{D_j}\right) ; \text{ dan } x = D$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan regresi linier dijabarkan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Data Regresi Hubungan Model Greenshield (Data survei Senin, 16 Des 2024)

No.	Y ₁ (D _s)	X ₁ (D)	Y ₁ ²	X ₁ ²	X ₁ x Y ₁
1	21,53	108,22	463,54	11.711,57	2.329,98
2	21,96	101,23	482,24	10.247,51	2.223,01
3	20,81	111,58	433,06	12.450,09	2.321,98
4	21,28	110,34	452,84	12.174,92	2.348,03
Total	85,58	431,37	1.831,68	46.584,09	9.223

(Sumber : Hasil analisis, 2024)

Persamaan ini digunakan untuk mencari koefisien regresi (b) dan nilai konstanta a adalah sebagai berikut :

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{4 \times 9.223 - 431,37 \times 85,58}{4 \times 46.584,09 - (431,37)^2}$$

$$= -0,096$$

Dimana konstanta a :

$$a = Y_i - b \cdot X_i$$

dimana :

$$Y_i = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{85,58}{4} = 21,40$$

$$X_i = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{431,37}{4} = 107,84$$

Jadi,

$$a = Y_i - b \cdot X_i = 21,40 - (-0,096) \times 107,84 = 31,75$$

Persamaan linier yang dihasilkan adalah $Y = a + bX$

$$Y = 31,75 + (-0,096)X$$

Jika

:

$$X = 1 \text{ maka } Y = 31,75 + (-0,096)(1) = 30,79$$

$$Y = 1 \text{ maka } 1 = 31,75 + (-0,096)X = 320,31$$

Maka, nilai konstanta V_f dan D_j adalah sebagai berikut :

$$V_f = a = 31,75 \text{ km/jam}$$

$$D_j = -\frac{V_f}{b} = -\frac{31,75}{-0,096} = 330,73 \text{ smp/km}$$

Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan

Dengan persamaan sebagai berikut :

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

$$V_s = 31,75 - \frac{31,75}{330,73} \times D$$

Nilai koefisien korelasi (r) adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{[n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] [n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{4 \times 9.223 - 431,37 \times 85,58}{\sqrt{[(4 \times 46.584,09 - (431,37)^2)(4 \times 1.831,69 - (85,58)^2)]}}$$

$$r = -0,923$$

Nilai r yang mendekati -1 menunjukkan hubungan linier yang sangat erat. Nilai $r^2 = 0,852$ atau 85,2% dimana berarti bahwa kepadatan mempengaruhi kecepatan. Hubungan antara kepadatan dan kecepatan sangat kuat dan bersifat negatif, maka kepadatan mempengaruhi kecepatan yang artinya semakin tinggi kepadatan, maka akan semakin rendah tingkat kecepatan ataupun sebaliknya. Model regresi yang dihasilkan sangat baik dalam menjelaskan hubungan antara kedua variabel.

Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = D_j \times V_s - \frac{V_f}{D_j} \times V_s^2$$

$$Q = 330,73 \times V_s - \frac{330,73}{31,75} \times V_s^2$$

Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan digambarkan menggunakan persamaan berikut ini :

$$Q = V_f \times D - \frac{V_f}{D_j} \times D^2$$

$$Q = 31,75 \times D - \frac{31,75}{330,73} \times D^2$$

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan volume maksimum, yakni :

$$Q_{maks} = \frac{D_f \times V_f}{4} = \frac{330,73 \times 31,75}{4} = 2.625,17 \frac{smp}{jam} \approx 2.625 \frac{smp}{jam}$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan kecepatan pada volume maksimum, yaitu :

$$V_s = V_{maks} = \frac{V_f}{2} = \frac{31,75}{2} = 15,88 \frac{smp}{jam}$$

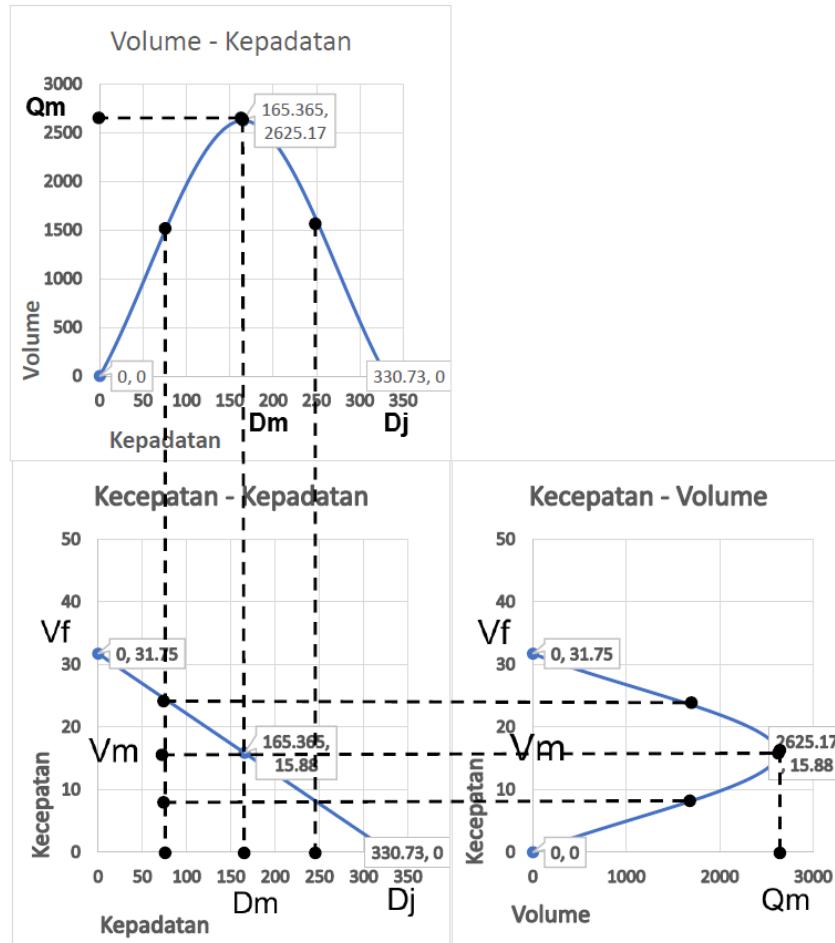
$$\text{Volume maksimum } (Q_{maks}) = 2.625,17 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Kecepatan bebas } (V_f) = 31,75 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kecepatan maksimum } (V_m) = 15,88 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kepadatan maksimum } (D_j) = 330,73 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Koefisien determinan } (r^2) = -$$



Gambar 7. Hubungan Volume dengan Kecepatan dan Kepadatan

(Sumber : Hasil analisis, 2024)

Gambar 7 menunjukkan hubungan yang konsisten antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Peningkatan volume seiring dengan peningkatan kepadatan mengindikasikan bahwa jumlah masih dapat menampung lebih banyak kendaraan sebelum mencapai kapasitas maksimum. Titik optimal (D_m) terjadi ketika volume lalu lintas mencapai puncaknya (Q_{maks}). Jika kepadatan melebihi D_m , volume dan kecepatan akan menurun yang mengakibatkan kemacetan. Grafik volume dan kepadatan menunjukkan bahwa setelah mencapai Q_{maks} , volume lalu lintas akan turun meskipun kepadatan terus meningkat. Grafik kecepatan dan kepadatan menampilkan hubungan linear negatif, dimana kecepatan mendekati kecepatan bebas ($V_f = 31,75$ km/jam) pada kepadatan rendah dan turun hingga nol saat kepadatan mencapai maksimum (D_j). Grafik kecepatan dan volume menunjukkan bahwa kecepatan menurun secara bertahap seiring peningkatan volume, mencapai kecepatan minimum ($V_m = 15,88$ km/jam) pada volume maksimum ($Q_{maks} = 2.625,17$ smp/jam). Secara keseluruhan, volume lalu lintas mencapai puncaknya pada Q_{maks} dengan kecepatan V_m dan kepadatan $D_m = 165,37$ smp/km. kepadatan yang

melebihi D_m akan menyebabkan penurunan volume dan kecepatan yang berujung pada kemacetan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil analisis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sepeda motor mendominasi lalu lintas di ruas jalan Marelan Raya sebesar 76,17%; diikuti kendaraan ringan sebesar 19,45%, kendaraan berat 2,22% dan kendaraan tidak bermotor sebesar 2,16%. Dengan demikian, sepeda motor merupakan jenis kendaraan yang paling banyak digunakan. Pada hari Senin, 16 Desember 2024 pukul 17.30 – 18.30 WIB menjadi volume lalu lintas tertinggi yaitu sebesar 2.348 smp/jam dengan nilai D_s (derajat kejemuhan) sebesar 0,89. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat pelayanan jalan berada pada level E, yaitu arus lalu lintas menjadi tidak stabil sehingga kepadatan lalu lintas mencapai 111,58 pcu/jam dan kecepatan arus bebas kendaraan turun dari 36,79 km/jam menjadi 20,81 km/jam menjadi 21,96 km/jam. Hal ini mengakibatkan kinerja jalan kurang ideal sehingga perlu dilakukan peningkatan untuk meningkatkan arus lalu lintas.
2. Berikut ini adalah model matematika hasil metode Greenshields antara lain $Q_{max} = 2.625$ smp/jam; $V_f = 31,75$ km/jam; $V_m = 15,88$ km/jam; $D_j = 330,73$ smp/jam dan $r^2 = 0,851$. Dengan hubungan persamaan Greenshields yang dihasilkan yaitu :
 - a. Hubungan antara kecepatan dan kepadatan
$$V_s = V_f - \frac{V_f}{D_j} x D$$
$$V_s = 31,75 - \frac{31,75}{330,73} x D$$
 - b. Hubungan antara volume dengan kecepatan
$$Q = D_j x V_s - \frac{V_f}{D_j} x V_s^2$$
$$Q = 330,73 x V_s - \frac{330,73}{31,75} x V_s^2$$
 - c. Hubungan antara volume dengan kepadatan
$$Q = V_f x D - \frac{V_f}{D_j} x D^2$$
$$Q = 31,75 x D - \frac{31,75}{330,73} x D^2$$

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT) Direktorat Jenderal Bina Marga Republik Indonesia. 1997.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia.

- Murniati, Radam, I. F. dan Arsyad, M. 2013. *Analisis Karakteristik Lalu Lintas Berdasarkan Tata Guna Lahan (Studi Kasus Ruas Jalan Temanggung Tilung Palangkaraya)*. Jurnal Teknologi Berkelanjutan (*Sustainable Tecnology Journal*) Vol. 2 No. 2 Hal. 87 – 96.
- Saputra, B. dan Savitri, D. 2021. *Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood*. Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas Vol. 5 No. 1 Hal. 43 – 60.
- Tamin, Ofyar Z. 1997. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Edisi Pertama*. ITB Bandung.
- Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Edisi Kedua*. ITB Bandung.
- Thalib, M. T. N. 2018. *Analisis Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Prof. DR. H. B. Jassin Dengan Membandingkan Metode Greenshields Dan Metode Greenberg*. Jurnal Radial – Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo Vol. 6 No. 1 Hal. 59 – 68.