
Studi Gelombang Kejut dan Karakteristik Arus Lalu Lintas dengan Model *Greenberg* dan *Greenshield* Jalan Letjen Hertasning

Annisa Reski Said¹, Fauziah Badaron², Asma Massara³

^{1,2,3} Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar, Indonesia

Email: Annisareskisaid22@gmail.com; asma.massara@umi.ac.id

Abstrak

Pada ruas jalan Letjen Hertasning mengalami masalah lalulintas seperti, kemacetan, antrian dan tundaan merupakan hal yang sudah sering terjadi. Hal tersebut umumnya terjadi pada jam-jam tertentu (jam sibuk/puncak), disebabkan oleh adanya peningkatan volume kendaraan. Tujuan penelitian ini ialah menganalisis hubungan Arus, Kecepatan, dan Kepadatan model *Greenshield* dan model *Greenberg* Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar dan menganalisis panjang antrian, waktu normal dengan waktu tertentu arus lalu lintas di Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar. Metode Penelitian ini menggunakan data Primer dan Data Sekunder dimana akan di lakukan survey secara langsung pada lokasi, Hasil Penelitian menunjukkan Pada ruas jalan Letjen Hertasning (3 lajur) didapatkan nilai arus maksimum untuk model *Greenshields* 2602,05 smp/jam, model *Greenberg* 3123,34 smp/jam, di mana nilai tersebut didasarkan pada interval 15 menit. Rerata arus maksimum (kapasitas) tiap lajur hasil dari model yang di dapat sebesar 4950 smp/jam Untuk dasar perhitungan gelombang kejut akibat jalan ditutup 1 (satu) lajur, ditetapkan nilai kapasitas 1 lajur sebesar 1584 smp/jam dan Untuk interval waktu hambatan yang sama, model *Greenshields* umumnya akan menghasilkan antrian terpanjang dibandingkan model *Greenberg*. Hal ini dikarenakan kemiringan garis yang menunjukkan adanya perubahan arus dan kepadatan lebih curam, yaitu didasarkan pada saat kepadatan pada kondisi macet, model *Greenberg* nilainya terkecil dari model lainnya. Pada ruas jalan Hertasning yang ditutup seluruh lajurnya, jika arus lalu lintas sebesar 2000 smp/jam maka antrian akan bertambah 4,75 meter setiap 5 menit (kecepatan terbentuknya antrian sebesar 2,77 km/jam).

Kata Kunci: Arus,Kecepatan dan Kerapatan lalu Lintas.

Abstract

On the road section, Lt. Gen. Hertasning experienced traffic problems such as congestion, queues, and delays that have often happened. This generally occurs at certain hours (rush/peak hours), caused by an increase in vehicle volume. The purpose of this study is to analyze the relationship between Flow, Speed, and Density of the Greenshield model and the Greenberg model of Jalan Letjen Hertasning Makassar City and analyze the length of the queue, normal time with a certain time of traffic flow in Jalan Letjen Hertasning Makassar City. This research method uses Primary data and Secondary Data where a survey will be carried out directly at the location, the results show that the road section of Lieutenant General Hertasning (3 lanes) obtained the maximum current value for the Greenshields model 2602.05 SMP / hour, the Greenberg model 3123.34 SMP / hour, where the value is based on 15-minute intervals. The average maximum current (capacity) of each lane results from the model obtained is 4950 SMP / hour For the basis of calculating shock waves due to the road being closed by 1 (one) lane, a capacity value of 1 lane is set at 1584 SMP / hour and For the same resistance time interval, the Greenshields model will generally produce the longest queue compared to the Greenberg model. This is because the slope of the line indicates a change in current and steeper density, which is based on when the density is in a jam, the Greenberg model has the smallest value of other models. On the Hertasning road section which is closed all lanes, if the traffic flow is 2000 junior high school/hour, the queue will increase by 4.75 meters every 5 minutes (the speed of queue formation is 2.77 km/hour).

Keywords: *Flow, Speed, and Traffic Density.*

PENDAHULUAN

Kota Makassar, sebagai kota terbesar keempat di Indonesia dan terbesar di Kawasan Timur Indonesia, memiliki luas wilayah sebesar 175,79 km² dengan jumlah penduduk mencapai 1.112.688 jiwa, menjadikannya sebuah kota Metropolitan. Dalam satu dekade terakhir, pertumbuhan kendaraan bermotor di Kota Makassar telah meningkat secara signifikan, namun, pertumbuhan infrastruktur jalan tidak sejalan dengan pertumbuhan tersebut. Akibatnya, kemacetan merajalela dari jalan utama hingga ke jalan-jalan kecil. Menurut data Samsat Makassar pada bulan Juni 2017, jumlah kendaraan bermotor mencapai 1.463.056 unit, meningkat lebih dari 100 persen dibandingkan dengan data pada tahun 2007 yang hanya mencatat 613.315 kendaraan bermotor. Mayoritas kendaraan bermotor di Kota Makassar adalah sepeda motor, mencapai 1.156.759 unit, diikuti oleh mobil penumpang (213.985 unit), mobil barang (74.603 unit), bus (17.306 unit), dan kendaraan khusus (403 unit). Data tersebut belum termasuk kendaraan baru yang belum terdaftar dalam sistem pajak.

Pada bagian jalan Letjen Hertasning, masalah lalu lintas seperti kemacetan, antrian, dan penundaan sering terjadi. Masalah ini biasanya muncul pada jam-jam sibuk, ketika banyak orang ingin pergi ke tempat yang sama pada saat yang bersamaan. Salah satu penyebab masalah tersebut adalah peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya tanpa peningkatan panjang jalan atau kapasitas jalan yang sudah ada.

Salah satu permasalahan yang turut memperburuk kondisi lalu lintas adalah masalah penyempitan jalan, pada ruas jalan yang padat arus lalu lintasnya (PINEM, 2022); (Setiadi, 2018). Penyempitan ruas jalan adalah suatu segmen sebagai bagian dari ruas jalan yang ditutup pada sebagian lebar jalannya (Indrajaya et al., 2012). Penyempitan ruas jalan dapat disebabkan oleh beberapa aktivitas yang terjadi di jalan, misalnya adanya 1 pekerjaan di jalan, di jembatan, terjadinya kecelakaan dan insiden (Amaliah et al., 2022); (Alifuddin et al., 2023).

Penyempitan ruas jalan akan menimbulkan hambatan dalam lalu lintas, yaitu terjadinya penurunan kecepatan dan timbulnya antrian kendaraan (Brilia et al., 2019); (Julianto, 2010). Penyempitan jalan tidak berdampak jika volume lalu lintas (demand) lebih rendah daripada kapasitas jalan (supply) pada bagian yang menyempit, sehingga lalu lintas dapat mengalir tanpa hambatan. Sebagai contoh, di ruas Jalan Letjen Hertasning pada STA 0+000, saat ada aktivitas pada jalur yang menyempit, seperti saat jam sibuk atau jam kerja, kapasitas jalur tetap rendah sepanjang waktu (Lasaisi et al., 2019). Selama jam sibuk tersebut, arus lalu lintas meningkat sehingga menyebabkan volume kendaraan mempengaruhi arus yang melebihi kapasitas jalan, sehingga terjadinya kepadatan arus (traffic jam) (Rompis, 2018). Kepadatan tersebut akan berkurang dan kembali normal setelah berjarak kurang lebih 200 meter dari STA 0+050 (Tamin & Frazila, 1997).

Gelombang kejut (shock wave) merupakan upaya untuk mengetahui tingkat kerapatan arus yang relative tinggi yang disebabkan oleh kepadatan volume aktivitas pada luas ruas jalan yang ditandai dengan gerakan lampu rem kendaraan yang menyala (Kasenda et al., 2013); (Malau, 2014); (Leonora, 2021). Sehingga tingkat lampu rem yang

menyala memberikan indikasi terhadap tingkat kepadatan kendaraan dan hambatan arus lalu lintas yang terjadi pada suatu ruas jalan (Adam et al., 2013); (Ramadhan, 2017) .

Sebelum memahami fenomena gelombang kejut seperti panjang antrian dan waktu pemulihan yang terjadi di ruas Jalan Letjen Hertasning, penting untuk memahami perilaku karakteristik lalu lintas seperti volume, kecepatan, dan kepadatan. Selain itu, pengetahuan tentang bagaimana model hubungan antara karakteristik-karakteristik tersebut juga diperlukan (Bella et al., 2016); (Noviyanti, 2016); (Bella et al., 2016).

Secara spesifik, ini berkaitan dengan model yang menggambarkan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan lalu lintas di jalan-jalan yang sering mengalami masalah lalu lintas (Thie, 2018); (Utama, 2016). Dalam menganalisis hubungan antara karakteristik lalu lintas, terdapat dua jenis model yang umum digunakan untuk menggambarkan hubungan tiga parameter lalu lintas: Model Greenshield dan Model *Greenberg* (Timpal et al., 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi et al., (2015) menyatakan bahwa didapatkan nilai EMP untuk sepeda motor (SM) 0,39 dan kendaraan berat (KB) 1,30. Nilai gelombang kejut yang dihasilkan, ω_{ab} (gelombang kejut mundur bentukan) sebesar -4,15 km/jam, ω_{cb} (gelombang kejut mundur pemulihan) sebesar -12,53 km/jam, dan ω_{ac} (gelombang kejut maju pemulihan) sebesar 7,55 km/jam waktu penormalan 159,18 detik dengan durasi 121 detik. Menurut Hulu, (2022) menyatakan bahwa karakteristik dasar arus lalu lintas adalah arus, kecepatan, dan kepadatan. Karakteristik ini dapat diamati dengan cara mikroskopik. Pada tingkat mikroskopik analisis dilakukan secara individu sedangkan pada tingkat makroskopik analisis dilakukan secara kelompok. Karakteristik arus makroskopik dinyatakan dengan tingkat arus dan pembahasan akan ditekankan pada pola variasi dalam waktu, ruang dan jenis kendaraan. Karakteristik kecepatan makroskopik menganalisis kecepatan dari kelompok kendaraan yang melintas suatu titik pengamat atau suatu potongan jalan pendek selama periode waktu tertentu. Penekanan diberikan pada variasi waktu, ruang dan jenis kendaraan.

Tujuan Penelitian ini untuk menganalisis hubungan Arus, Kecepatan, dan Kepadatan model Greenshield dan model *Greenberg* Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar dan menganalisis panjang antrian, waktu normal dengan waktu tertentu arus lalu lintas di Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar akibat gelombang kejut yang terjadi. Manfaat penelitian ini sebagai acuan teoretis tentang Studi Analisis Karakteristik jalan dengan Model Greenshield dan *Greenberg*, sebagai pengalaman yang bersifat ilmiah, dan sebagai referensi bagi peneliti lain, sebagai referensi belajar rekayasa lalu lintas terutama materi, sebagai bantuan dalam merekayasa lalu lintas yang di survey demi kenyamanan dalam berkendara dan sebagai referensi dalam mengembangkan survey-survey yang lain.

METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Adapun jenis pendekatan penelitian ini adalah deskriptif. Jenis penelitian deskriptif kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh model matematis *Greenberg* dan greenshield untuk mengetahui karakteristik jalan. Lokasi studi penelitian terletak ditiga jalan arteri di Kota Makassar yang merupakan jalan-jalan

utama yang sering dilewati untuk aktivitas masyarakat di Kota Makassar. Jalan Letjen Hertasning merupakan lokasi survey yang terletak dipusat Kota Makassar yang merupakan jalan dua arah yang terdiri dari 4 lajur dan tidak memiliki median untuk memisahkan arus lalu lintas yang bergerak berlawanan. Penelitian ini memerlukan berbagai jenis data, termasuk data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari penelitian lapangan dan mencakup data tentang geometri jalan, volume lalu lintas, dan kecepatan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari sumber-sumber yang sudah ada sebelumnya, seperti buku atau dokumentasi, untuk melengkapi data primer. Data yang diperoleh kemudian disusun dan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian untuk mencerminkan situasi yang diinginkan.

Metode pengumpulan data yang digunakan melibatkan kompilasi data dan pendekatan analisis. Proses pengumpulan data primer melibatkan survei langsung di lokasi jalan yang diteliti, termasuk survei geometri jalan, volume lalu lintas, dan kecepatan lalu lintas.

Survey Volume Lalu lintas

Pengukuran volume lalu lintas dilakukan dengan cara manual, di mana semua kendaraan yang melewati garis lintang pada titik pengamatan dicatat sebagai volume lalu lintas. Pengukuran volume lalu lintas dilakukan selama tiga hari, termasuk satu hari kerja (Senin) dan dua hari libur (Sabtu dan Minggu). Pengumpulan data dilakukan pada jam 07.00 - 12.00 WITA dan 13.00 - 17.00 WITA. Selama periode tersebut, volume lalu lintas dicatat setiap 15 menit dengan jarak tempuh sekitar ± 50 meter.

Survey Kecepatan Lalu lintas

Pengukuran kecepatan kendaraan dilakukan di lapangan dengan menggunakan metode kecepatan ruang, yang melibatkan pengukuran waktu perjalanan kendaraan dan menghitung jumlah kendaraan dalam jarak tertentu per satuan waktu. Metode ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik kecepatan di lokasi tertentu dan kondisi lalu lintas pada saat itu, untuk setiap jenis kendaraan (kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, dan kendaraan umum).

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber-sumber lain selain dari survei langsung di lapangan, seperti instansi terkait dan studi literatur, seperti peta jaringan jalan dan informasi tentang jarak serta kondisi geometrik jalan. Data yang diperoleh mencakup informasi tentang lebar jalur, lebar badan jalan, dan bahu jalan.

Teknik dan prosedur survei, serta jadwal survei, yang mencakup metode pengambilan dan pengumpulan data dalam penelitian ini, akan dijelaskan secara detail (Tamin, 2000). Analisa data pada tahap ini dilakukan reduksi data hasil survey dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Geometrik Jalan

Adapun data yang diperoleh dari hasil survey yang dilakukan dilapangan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data geometrik jalan

Kode Pendekat	Tipe Jalan	Hambatan Samping (VL/L/M/H /VH)	Median (D/UD)	Lebar Jalur (m)	Lebar Lajur (m)	Lebar Median (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Kereb/Bahu (m)
Barat Laut	6/2D	H	D	9	2,9 3,1	3	3,4	1
Tenggara	6/2D	H	D	9	3 3,2	2,8		1

B. Karakteristik Lalu Lintas

Berdasarkan hasil survey dan reduksi data volume lalu lintas pada ruas jalan hertasing lokasi studi, maka diperoleh nilai - nilai lalu lintas rata - rata perjam dalam tiga hari seminggu yang dilampirkan pada tabel dan uraian dibawah ini:

1. Volume Lalu Lintas

Pada empat titik, arus lalu lintas diamati selama tiga jam, terbagi menjadi tiga periode: pagi, siang, dan sore. Dari data LHR yang dikumpulkan, jumlah kendaraan yang melewati setiap titik survei dicatat setiap interval 15 menit. Pencatatan dilakukan dengan memperhatikan jenis kendaraan, lokasi survei, dan waktu survei. Data arus yang dicatat kemudian diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) menggunakan nilai ekivalensi mobil penumpang sesuai Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. Menurut PKJI 2023, nilai ekivalensi mobil penumpang untuk sepeda motor adalah 0,25, sedangkan untuk kendaraan berat seperti bus dan truk adalah 1,2. Selanjutnya, empat set data arus lalu lintas 15 menit dijumlah secara kumulatif untuk mendapatkan nilai arus per jam dalam satuan smp/jam.

Tabel 2. Data Volume Lalu Lintas Jalan Letjen Hertasing

HARI	TGL	WAKTU PERIODE	LOKASI		VOLUME MAX	
			T - B	B - T	T - B	B - T
			(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)
SENIN	15/01/2024	07.00 - 08.00	2469,5	2693,7		
		08.00-09.00	2755,6	2439,8		
		11.00-12.00	2130,5	2061,5		
		12.00-13.00	2390,0	2041,3	2755,6	2987,5
		15.00-16.00	2501,6	2980,6		
		16.00-17.00	2595,1	2987,5		
SABTU	21/01/2024	07.00 - 08.00	1858,8	2269,4		
		08.00-09.00	2179,2	2066,4		
		11.00-12.00	1884,4	2234,2	2340,8	2269,4
		12.00-13.00	1840,0	2108,7		
		15.00-16.00	1820,6	1531,9		

MINGGU	22/01/2024	16.00-17.00	2340,8	1707,3	2740,1	2703,0
		07.00 - 08.00	2088,1	2671,7		
		08.00-09.00	2370,4	2703,0		
		11.00-12.00	1822,3	2232,3		
		12.00-13.00	1951,6	2206,6		
		15.00-16.00	2386,3	2435,2		
		16.00-17.00	2740,1	2290,4		

Dari tabel 4.2 terlihat bahwa volume puncak terjadi pada hari senin pada pukul 08.00 - 09.00 pada ruas jalan hertasning arah Timur ke Barat mencapai 2755,6 smp/jam dan dari arah Barat ke Timur volume puncak terjadi pada hari Senin 16.00– 17.00 mencapai 2987,5 smp/jam

Kecepatan

Tabel 3. Tabel Kecepatan Ruas Jalan Letjen Hertasning

WAKTU		KECEPATAN (km/jam)						
HARI	PERIODE	A. T-B			A. B-T			
TGL		MAX	MIN	Rata-rata	MAX	MIN	Rata-rata	
SENIN	15/01/2024	07.00-08.00	53,60	28,94	29,20	32,07	29,44	28,12
		08.00-09.00	52,62	30,39	31,05	31,84	28,84	26,21
		11.00-12.00	32,28	29,73	33,33	37,97	34,76	36,05
		12.00-13.00	32,47	28,40	35,56	35,82	29,92	32,30
		15.00-16.00	31,22	28,28	30,73	32,49	27,69	31,35
		16.00-17.00	32,46	29,49	30,00	30,25	27,50	30,00
				53,60	28,94	29,20	32,07	29,44
SABTU	20/01/2024	07.00-08.00	50,71	28,61	35,78	32,25	29,87	30,85
		08.00-09.00	51,70	30,00	28,00	32,00	29,03	30,71
		11.00-12.00	32,13	29,63	31,20	38,15	35,07	36,31
		12.00-13.00	32,64	28,24	29,91	35,93	30,08	32,46
		15.00-16.00	31,43	28,52	30,10	31,94	27,00	32,87
		16.00-17.00	32,64	29,41	30,78	30,19	27,81	20,99
MINGGU	20/01/2024	07.00-08.00	50,42	28,49	35,73	32,08	29,73	30,72
		08.00-09.00	50,23	29,70	35,76	31,83	28,84	30,52
		11.00-12.00	32,09	29,66	31,10	37,97	34,75	36,12
		12.00-13.00	32,47	28,25	29,91	35,88	29,92	32,33
		15.00-16.00	31,09	28,09	29,81	32,45	27,65	29,35
		16.00-17.00	32,33	29,39	32,00	30,27	27,53	28,96

Berdasarkan Tabel perhitungan analisa data diatas terlihat bahwa kecepatan rata-rata maksimum yang diperoleh sebesar 32,39 km/jam arah Timur Ke Barat yang terjadi pada hari minggu dan 30,70 km/jam arah Barat Ke Timur yang terjadi pada hari Sabtu.

a. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan

Dari informasi mengenai kecepatan arus dasar dan faktor penyesuaian, kecepatan arus dasar kendaraan yang terlampir dalam tabel dapat diidentifikasi.

Tabel 4. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Jalan Letjen Hertasning

Soal / Arah	Kecepatan Arus Bebas	Faktor Peny. Lebar Jalur	Fvo + FVw (km/jam)	Faktor Penyesuaian		Kecepatan Arus Bebas (FV) (km/Jam)
	Fvo (km/jam)	FVw (km/jam)		Hambatan Samping FFVsf	Ukuran Kota FFVcs	
	2	3	4	5	6	7
1 Barat ke Timur	57	-2	55	1,03	1	56,65
Timur Ke Barat	57	-2	55	1,03	1	56,65

3. Kepadatan

Kondisi kepadatan lalu lintas pada lokasi studi berdasarkan hasil survey dalam bentuk kecepatan rata-rata perjam dalam tiga hari seminggu dilampirkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Kepadatan Ruas Jalan Letjen Hertasning

WAKTU		LOKASI		KEPADATAN MAX		
HARI	PERIODE	A. T-B	A. B-T	A. T-B	A. B-T	
TGL		(smp/km)	(smp/km)	(smp/km)	(smp/km)	
SENIN	15/01/2024	07.00 - 08.00	84,6	95,8	88,7	99,6
		08.00-09.00	88,7	93,1		
		11.00-12.00	63,9	57,2		
		12.00-13.00	67,2	63,2		
		15.00-16.00	81,4	95,1		
		16.00-17.00	86,5	99,6		
SABTU	20/01/2024	07.00 -08.00	52,0	73,6	77,8	81,3
		08.00-09.00	77,8	67,3		
		11.00-12.00	60,4	61,5		
		12.00-13.00	61,5	65,0		
		15.00-16.00	60,5	46,6		
		16.00-17.00	76,1	81,3		
MINGGU	21/01/2024	07.00 -08.00	58,4	87,0	85,6	88,6
		08.00-09.00	66,3	88,6		
		11.00-12.00	58,6	61,8		
		12.00-13.00	65,3	68,3		
		15.00-16.00	80,0	83,0		
		16.00-17.00	85,6	79,1		

Pada tabel di atas terlihat kepadatan terbesar terjadi pada hari Senin pada arah Timur Ke Barat mencapai 88,7 smp/jam dan pada arah Barat Ke Timur sebesar 99,6 smp/jam, sedangkan yang terendah untuk arah ruas Timur Ke Barat terjadi pada hari Sabtu dengan nilai 77,8 smp/jam dan untuk arah ruas Barat ke Timur terjadi pada hari Sabtu dengan nilai 81,3 smp/jam.

C. Kapasitas

Untuk Nilai kapasitas ruas Jalan Letjen Hertasning dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Kapasitas Ruas Jalan Letjen Hertasning

Kapasitas	C = Co x FCw x FCsp x FCsf x FCcs						
	Kapasitas Dasar Co	Faktor Penyesuaian untuk Kapasitas				Kapasitas C	
		Lebar Jalur	FCw	FCsp	FCsf		FCcs
Lokasi / Arah	11	12	13	14	15	16	
Timur Ke Barat	4950	1	1	0,96	1	4752	
Barat Ke Timur	4950	1	1	0,96	1	4752	

D. Derajat Kejenuhan

Tabel 7. Derajat Kejenuhan Ruas Jalan Letjen Hertasning

WAKTU	LOKASI						
	PERIODE	A. T-B			A. B-T		
		Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
SENIN 15/01/2024	07.00-08.00	2469,5	4752	0,520	2693,7	4752	0,567
	08.00-09.00	2755,6	4752	0,580	2439,8	4752	0,513
	11.00-12.00	2130,5	4752	0,448	2061,5	4752	0,434
	12.00-13.00	2390,0	4752	0,503	2041,3	4752	0,430
	15.00-16.00	2501,6	4752	0,526	2980,6	4752	0,627
	16.00-17.00	2595,1	4752	0,546	2987,5	4752	0,629
	07.00-08.00	1858,8	4752	0,391	2269,4	4752	0,478
SABTU 20/01/2024	08.00-09.00	2179,2	4752	0,459	2066,4	4752	0,435
	11.00-12.00	1884,4	4752	0,397	2234,2	4752	0,470
	12.00-13.00	1840,0	4752	0,387	2108,7	4752	0,444

MINGGU	21/01/2024	15.00-16.00	1820,6	4752	0,383	1531,9	4752	0,322	0,577	0,569
		16.00-17.00	2340,8	4752	0,493	1707,3	4752	0,359		
		07.00-08.00	2088,1	4752	0,439	2671,7	4752	0,562		
		08.00-09.00	2370,4	4752	0,499	2703,0	4752	0,569		
		11.00-12.00	1822,3	4752	0,383	2232,3	4752	0,470		
		12.00-13.00	1951,6	4752	0,411	2206,6	4752	0,464		
		15.00-16.00	2386,3	4752	0,502	2435,2	4752	0,512		
		16.00-17.00	2740,1	4752	0,577	2290,4	4752	0,482		

Dari tabel di atas terlihat Derajat Kejenuhan terbesar terjadi pada hari senin arah Timur ke Barat dengan nilai 0,580 dan untuk arah Barat ke Timur tertinggi yaitu hari senin dengan nilai 0,629 kemudian derajat nilai kejenuhan yang terendah terjadi pada hari sabtu untuk arah Timur Ke Barat yaitu 0,493 untuk arah Barat ke Timur pada hari Minggu dengan nilai 0,569

Dengan melihat hasil Derajat Kejenuhan pada tabel analisa data derajat kejenuhan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa ruas Jalan Hertasing masih layak dilalui (digunakan) karena belum mencapai Derajat Kejenuhan maksimum yaitu ≤ 1 .

E. Analisa Regresi

1. Model Greenshields

a. Hasil Analisa Regresi Untuk Arah Timur ke Barat

Tabel 8 Tabel Analisa Regresi Untuk Arah Timur Ke Barat Pada Hari Senin

No.	SPEED	VOL	DENSITY	xi ²	yi ²
	km/jam	smp/jam	smp/km		
	yi	xiii	xi		
1	53,60	1984,6	37,03	1371	2873,0
2	32,84	2687,3	81,82	6695,3	1078,6
3	28,94	2601,6	89,89	8080,5	837,6
4	31,67	2604,4	82,25	6764,4	1002,8
5	30,39	2693,4	88,62	7854,4	923,6
6	52,62	2621,8	49,82	2482,1	2769,2
7	30,76	2593,2	84,30	7106,9	946,2
8	32,93	3113,9	94,58	8944,6	1084,1
9	29,73	2295,6	77,21	5962,1	883,9
10	32,28	2438,7	75,55	5707,4	1042,0

11	31,29	1711,1	54,69	2990,5	979,0
12	31,47	2076,5	65,98	4353,6	990,4
13	28,47	1803,6	63,35	4012,9	810,6
14	30,54	2552,4	83,58	6986,0	932,6
15	28,40	2293,3	80,75	6520,3	806,6
16	32,47	2910,8	89,64	8035,0	1054,5
17	31,22	1996,6	63,94	4088,9	974,9
18	28,28	2452,9	86,74	7524,2	799,7
19	31,09	2659,3	85,54	7316,3	966,6
20	29,10	2897,7	99,56	9912,4	847,1
21	30,31	2597,0	85,67	7339,7	918,9
22	30,70	2823,1	91,96	8456,7	942,4
23	29,49	2606,1	88,38	7810,8	869,5
24	32,46	2354,4	72,52	5259,8	1053,9
Σ	781,06	59369	1873,38	151575,5	26388

Dengan melakukan transformasi linier, persamaan dapat di sederhanakan dan ditulis Kembali sebagai persamaan liner $Y_i = A + BX_i$ dengan mengasumsikan $S = Y_i$ dan $D = X_i$

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

$$A = \frac{-38364}{128277,39} = -0,299075 \text{ Smp/Jam}$$

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

$$B = \frac{-38364,56}{128277,39} = -0,299075 \text{ Smp/Jam}$$

Setelah variabel A dan B didapat, selanjutnya nilai kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan macet (D_j) dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$S_{ff} = A = 55,88933 \text{ km/jam}$$

$$D_j = \frac{-S_{ff}}{B} = x = \frac{55,88933 \text{ km/jam}}{-0,29907} = 186,87$$

b. Hasil Analisa Regresi Untuk Arah Barat ke Timur

Tabel 9. Tabel Analisa Regresi Untuk Arah Barat Ke Timur Pada Hari Senin

No.	SPEED	VOL	DENSITY	x_i^2	y_i^2
	km/jam	smp/jam	smp/km		
	y_i	x_{iii}	x_i		
1	29,44	2665,92	90,56	8201,1	866,6
2	30,53	2636,92	86,38	7462,1	931,8
3	30,35	2792,04	92,01	8465,6	920,8

4	32,07	2679,72	83,55	6980,1	1028,8
5	28,84	2660,72	92,27	8513,2	831,6
6	30,81	2400,92	77,93	6072,8	949,2
7	30,66	2403,96	78,41	6147,8	940,0
8	31,84	2293,76	72,03	5188,8	1014,0
9	36,25	1964,96	54,20	2937,5	1314,4
10	37,97	2636,32	69,42	4819,7	1442,0
11	35,37	1743,8	49,30	2430,6	1251,1
12	34,76	1900,96	54,69	2991,4	1208,0
13	35,82	1916,36	53,50	2862,4	1283,0
14	32,48	2079,52	64,02	4099,0	1055,0
15	30,98	1816,68	58,64	3438,3	959,9
16	29,92	2352,8	78,63	6182,3	895,4
17	32,49	2771,6	85,30	7276,7	1055,7
18	29,27	2629,96	89,87	8075,8	856,5
19	28,06	3239,2	115,42	13321,9	787,6
20	27,69	3281,44	118,52	14046,7	766,6
21	30,25	2840,6	93,91	8818,2	915,0
22	29,07	3176,92	109,30	11945,9	844,9
23	28,90	3104,8	107,41	11537,9	835,5
24	27,50	2827,76	102,82	10571,0	756,4
Σ	751,32	60818	1978,09	172387,2	23710

Dengan melakukan transformasi linier , persamaan dapat di sederhanakan dan ditulis Kembali sebagai persamaan liner $Y_i = A + BX_i$ dengan mengasumsikan $S = Y_i$ dan $D = X_i$

NO	Us yi	Us.Ln(D) xiii	Ln(D) xi	xi ²	yi ²
1	53,60	193,582	3,61	13,0	2873,0
2	32,84	144,655	4,40	19,4	1078,6
3	28,94	130,198	4,50	20,2	837,6
4	31,67	139,64	4,41	19,4	1002,8
5	30,39	136,288	4,48	20,1	923,6
6	52,62	205,676	3,91	15,3	2769,2

7	30,76	136,406	4,43	19,7	946,2
8	32,93	149,789	4,55	20,7	1084,1
9	29,73	129,224	4,35	18,9	883,9
10	32,28	139,604	4,32	18,7	1042,0
11	31,29	125,207	4,00	16,0	979,0
12	31,47	131,845	4,19	17,6	990,4
13	28,47	118,116	4,15	17,2	810,6
14	30,54	135,156	4,43	19,6	932,6
15	28,40	124,718	4,39	19,3	806,6
16	32,47	145,989	4,50	20,2	1054,5
17	31,22	129,827	4,16	17,3	974,9
18	28,28	126,205	4,46	19,9	799,7
19	31,09	138,319	4,45	19,8	966,6
20	29,10	133,904	4,60	21,2	847,1
21	30,31	134,908	4,45	19,8	918,9
22	30,70	138,801	4,52	20,4	942,4
23	29,49	132,155	4,48	20,1	869,5
24	32,46	139,071	4,28	18,4	1053,9
Σ	781,06	3359	104,03	452,2	26388

$$A = \frac{n \sum n(X_i Y_i) - \sum n X_i \times \sum n Y_i}{\sum n (X_i^2) - (\sum n X_i)^2} \quad i = 1 \quad i = 1$$

$$A = \frac{9216192}{224467,7} = -41,05799 \text{ Smp/Jam}$$

$$B = \frac{n \sum n(X_i Y_i) - \sum n X_i \times \sum n Y_i}{\sum n (X_i^2) - (\sum n X_i)^2} \quad i = 1 \quad i = 1$$

$$B = \frac{-26561,28}{224467,7} = -0,11833 \text{ mp/Jam}$$

Setelah variabel A dan B didapat, selanjutnya nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$Sff = A = 41,05799 \text{ km/jam}$$

$$Dj = \frac{-Sff}{B} = x = \frac{41,05799}{-0,11833} = 346,98$$

1. Model Greenberg

Model *Greenberg* merumuskan hubungan antara kecepatan dan kepadatan fungsi logaritmik Dengan menggunakan analisis regresi-linear.

a. Hasil Analisa Regresi Untuk Arah Timur ke Barat

Tabel 4.10 Tabel Analisa Regresi Untuk Arah Timur Ke Barat Pada Hari Senin Dengan melakukan transformasi linier , persamaan dapat di sederhanakan dan ditulis Kembali sebagai persamaan liner $Y_i = A + BX_i$ dengan mengasumsikan $S = Y_i$ dan $D = X_i$

$$A = \frac{n\sum(X_i Y_i) - \sum X_i \times \sum Y_i}{\sum(X_i^2) - (\sum X_i)^2 / n}$$

$$A = \frac{3707,1376}{29,489228} = -125,71158 \text{ Smp/Jam}$$

$$B = \frac{n\sum(X_i Y_i) - \sum X_i \times \sum Y_i}{\sum(X_i^2) - (\sum X_i)^2 / n}$$

$$B = \frac{-633,8202}{29,489228} = -21,49328 \text{ Smp/Jam}$$

Setelah variabel A dan B didapat, selanjutnya nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$Sff = A = 125,71158 \text{ km/jam}$$

$$Dj = \frac{-Sff}{B} = x = \frac{125,71158}{21,49328} = 346,845$$

Hasil Analisa Regresi Untuk Arah Barat ke Timur

Tabel 11 Tabel Analisa Regresi Untuk Arah Barat Ke Timur Pada Senin

	Us	Us.Ln(D)	Ln(D)	xi ²	yi ²
	yi	xiii	xi		
1	29,44	132,649	4,51	20,3	866,6
2	30,53	136,108	4,46	19,9	931,8
3	30,35	137,219	4,52	20,4	920,8
4	32,07	141,942	4,43	19,6	1028,8
5	28,84	130,479	4,52	20,5	831,6
6	30,81	134,199	4,36	19,0	949,2
7	30,66	133,735	4,36	19,0	940,0
8	31,84	136,196	4,28	18,3	1014,0
9	36,25	144,752	3,99	15,9	1314,4
10	37,97	161,019	4,24	18,0	1442,0
11	35,37	137,871	3,90	15,2	1251,1
12	34,76	139,086	4,00	16,0	1208,0
13	35,82	142,549	3,98	15,8	1283,0
14	32,48	135,095	4,16	17,3	1055,0
15	30,98	126,138	4,07	16,6	959,9

16	29,92	130,607	4,36	19,1	895,4
17	32,49	144,462	4,45	19,8	1055,7
18	29,27	131,645	4,50	20,2	856,5
19	28,06	133,266	4,75	22,5	787,6
20	27,69	132,208	4,78	22,8	766,6
21	30,25	137,403	4,54	20,6	915,0
22	29,07	136,442	4,69	22,0	844,9
23	28,90	135,179	4,68	21,9	835,5
24	27,50	127,421	4,63	21,5	756,4
Σ	751,32	3278	105,15	462,2	23710

Persamaan *Greenberg* adalah $\bar{Y} = A + B\bar{x}$ dengan A adalah nilai konstanta dan B adalah koefisien regresi. Dari **tabel 11** perhitungan nilai konstanta A dan koefisien regresi B adalah sebagai berikut.

$$A = \frac{n\sum(X_i Y_i) - \sum X_i \times \sum Y_i}{\sum (X_i^2) - (\sum X_i)^2 / i = 1 \ i = 1}$$

$$A = \frac{2628,2432}{36,322064} = 72,359412 \text{ Smp/Jam}$$

$$B = \frac{n\sum(X_i Y_i) - \sum X_i \times \sum Y_i}{\sum (X_i^2) - (\sum X_i)^2 / i = 1 \ i = 1}$$

$$B = \frac{-340,3423}{36,322064} = -9,370126 \text{ Smp/Jam}$$

Setelah variabel A dan B didapat, selanjutnya nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$Sff = A = 72,359412 \text{ km/jam}$$

$$Dj = \frac{-Sff}{B} = x = \frac{72,359412 \text{ km/jam}}{-9,370126} = 2258,26$$

F. Model Hubungan Karakteristik Lalu lintas

Model Hubungan S-V-D Berdasarkan analisa dengan menggunakan dua model matematis, yaitu Model Greenshield dan Model Greenberg maka diperoleh model hubungan antara karakteristik lalulintas, yaitu antara kecepatan-kepadatan (S-D), arus-kepadatan (V-D), dan Arus-Kecepatan (V-S). untuk ruas Jalan Letjen Hertasning seperti tabel dan grafik di bawah ini:

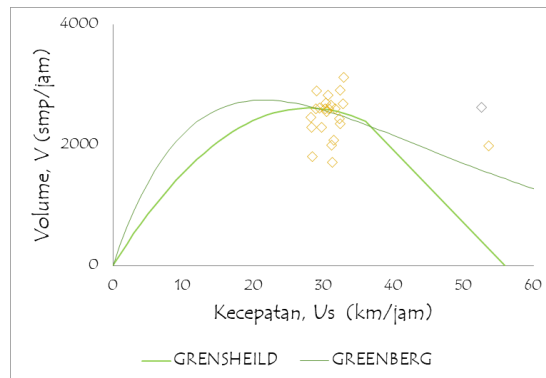
1. Model Hubungan V-S

Tabel 11. Model Hubungan V-S

Jenis Model Hubungan	MODEL	
	Arah T-B	Arah B-T
Model Greenshield	$V = \frac{186}{,87} U_s - 3,344 U_s^2$	$V = \frac{346}{,98} U_s - 8,451 U_s^2$

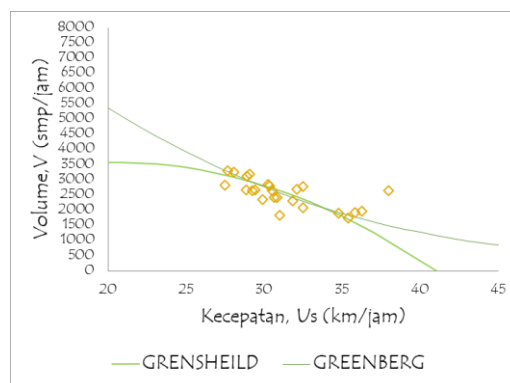
Model	$V = \frac{346}{8} U_s e^{-\frac{U_s}{21,49}}$		$V = \frac{225}{8,3} U_s e^{-\frac{U_s}{9,37}}$
<i>Greenberg</i>			

Dari tabel hubungan antara karakteristik lalu lintas (V-S) pada hari senin ruas jalan hertasning, arah Timur ke Barat dan Barat Ke timur dengan menggunakan 2 model matematis yaitu *Greenberg* dan *greenshied*, dapat terlihat pada grafik dibawah ini sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik Hubungan V-S arah Timur Ke Barat

Dari grafik Gambar 1 terlihat bahwa pada ruas Jalan Letjen Hertasning memiliki kecenderungan sebagai berikut: Nilai volume mencapai puncak pada saat nilai kecepatan tertentu kemudian nilai kecepatan membesar dan nilai volume kendaraan mendekati nol.



Gambar 2. Grafik Hubungan V-S arah Barat Ke Timur

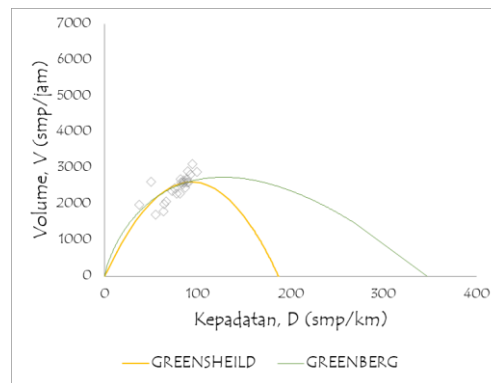
Dari grafik Gambar 2 diatas terlihat bahwa pada ruas Jalan Letjen Hertasning memiliki kecenderungan bahwa nilai volume mencapai puncak pada saat nilai kecepatan tertentu kemudian nilai kecepatan membesar dan nilai volume kendaraan mendekati nol.

2. Model Hubungan V-D

Tabel 12. Model Hubungan V-D

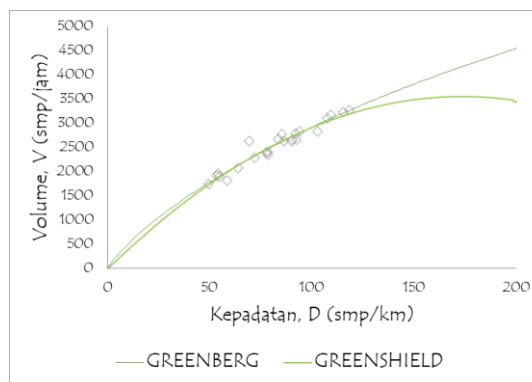
Jenis Model Hubungan	MODEL	
	Arah T-B	Arah B-T
Model Greenshield	$V = 55 - 0,8 D + 0,3 D^2$	$V = 41 - 0,1 D + 0,06 D^2$
	$V = 39 - 0,8 D + 0,3 D^2$	$V = 37 - 0,1 D + 0,06 D^2$
Model Greenberg	$V = 36,9 \left(\frac{D}{90} \right)^{0,3}$	$V = 225 \left(\frac{D}{8,3} \right)^{0,3}$

Dari tabel hubungan antara karakteristik lalulintas (V-D) pada hari senin ruas jalan hertasning, arah Timur ke Barat dan Barat Ke timur dengan menggunakan 2 model matematis yaitu *Greenberg* dan *greenshield*, dapat terlihat pada grafik dibawah ini sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Hubungan V-D arah Timur Ke Barat

Dari grafik diatas dapat diketahui hubungan karakteristik D-V, terlihat bahwa volume meningkat hingga suatu nilai kepadatan tertentu, yaitu kepadatan optimum. Selanjutnya nilai kepadatan terus membesar dan volume mendekati nol.



Gambar 4 Grafik Hubungan V-D arah Barat Ke Timur

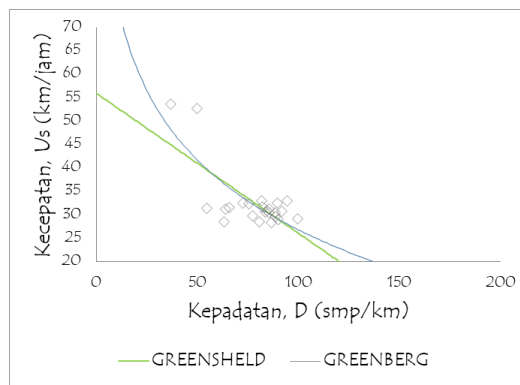
Dari grafik diatas dapat diketahui hubungan karakteristik D-V, terlihat bahwa volume meningkat hingga suatu nilai kepadatan tertentu, yaitu kepadatan optimum. Selanjutnya nilai kepadatan terus membesar dan volume mendekati nol.

3. Model Hubungan S-D

Tabel 13. Model Hubungan S-D

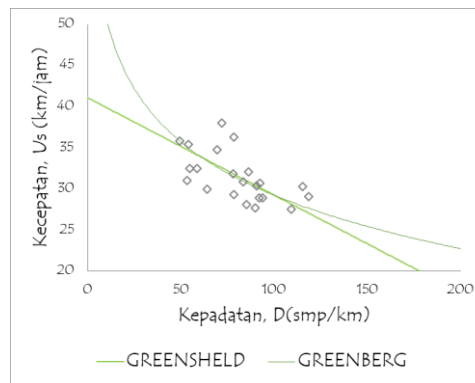
Jenis Hubungan	Model	MODEL						
		Arah T-B		Arah B-T				
Model Greenshield	U s	= 55, 89	- 0,3 0	D	U s	= 41, 06	- 0,1 2	D
Model Greenberg	U s	= 125 ,7	- 21, 49	Ln (D)	U s	= 72, 4	- 9,37 (D)	Ln (D)

Dari tabel hubungan antara karakteristik lalu lintas (S-D) pada hari senin ruas jalan hertasning, arah Timur ke Barat dan Barat Ke timur dengan menggunakan 2 model matematis yaitu *Greenberg* dan *greenshield*, dapat terlihat pada grafik dibawah ini sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Hubungan S-D arah Timur Ke Barat

Dari grafik Gambar 5 hubungan kecepatan dan kepadatan (S-D), secara umum terlihat bahwa nilai kepadatan meningkat pada saat nilai kecepatan terus membesar pada saat kepadatan mendekati nol.



Gambar 6. Grafik Hubungan S-D arah Barat Ke Timur

Dari grafik Gambar 6 hubungan kecepatan dan kepadatan (S-D), secara umum terlihat bahwa nilai kepadatan meningkat pada saat nilai kecepatan terus membesar pada saat kepadatan mendekati nol.

G. Evaluasi Model Hubungan Karakteristik Lalu Lintas

a. Nilai Maksimum

Dari grafik-gambar di atas, beberapa nilai volume lalu lintas mencapai titik maksimum pada kondisi tertentu. Volume maksimum untuk arah Timur ke Barat pada model Greenshield dengan kepadatan 93,4 smp/km adalah 2611,1 smp/jam. Sedangkan untuk model *Greenberg* dengan kepadatan 127,6 smp/km, volume maksimumnya adalah 2742,5 smp/jam. Sementara itu, volume maksimum untuk arah Barat ke Timur pada model Greenshield dengan kepadatan 173,5 smp/km adalah 3561,6 smp/jam, dan untuk model *Greenberg* dengan kepadatan 830,8 smp/km adalah 7784,4 smp/jam.

Selanjutnya penjelasan mengenai volume maksimum tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Nilai Volume Maksimum

		Model		Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Volume Maksimum smp/jam
Timur Barat	Model Greenshield	$V = 55,89$	D^2	27,9	93,4	2611,1
	Model <i>Greenberg</i>	$V = 24,49$	$D \cdot L \left(\frac{3468,8}{D} \right)$	21,5	127,6	2742,5
Barat Timur	Model Greenshield	$V = 41,06$	D^2	20,5	173,5	3561,6
	Model <i>Greenberg</i>	$V = 9,37$	$D \cdot L \left(\frac{2258,3}{D} \right)$	9,4	830,8	7784,4

H. Pemilihan Model Yang Sesuai

Uji statistik yang menggunakan analisa regresi linier sederhana diperoleh keluaran parameter-parameter statistic seperti nilai intercept, koefisien korelasi (r) dan nilai koefisien determinasi (r^2) sebagaimana dilampirkan dalam parameter berikut

Tabel 14. Parameter Statistik Hubungan S-V-D

Parameter	Model Greenshield		Model Greenberg	
	A. T-B	A. B-T	A. T-B	A. B-T
Jumlah sampel	24	24	24	24
Multiple R	-0,7026053	-0,831691858	-0,765580145	-0,8377628
R^2	0,49365421	0,691711346	0,586112958	0,70184652
Intercept	55,8893271	41,05798632	125,711583	72,3594123
Coeff.x	-0,29907498	-0,118330076	-21,49327917	-9,37012613

Dari hasil analisa model hubungan karakteristik volume, kecepatan dan kepadatan seperti yang telah dijelaskan di atas, terlihat bahwa model yang paling aktual menyajikan kondisi untuk lalulintas pada ruas Jalan Hertasning adalah model *Greenberg* untuk kedua ruas jalan

I. Penentuan Model Terpilih

Dari pengujian statistik tampak bahwa semua model layak digunakan Namun, demikian dalam kajian ini hanya akan dipilih 1 model saja. Pemilihan model pada ruas jalan Letjen Hertasning ditetapkan untuk perhitung. 2 (dua) lajur sekaligus dengan interval pengamatan 15 menitan. Selanjutnya, sebagai dasar perhitungan kapasitas 1 (satu) lajur untuk jalan Heertasning digunakan nilai sebesar 4752 smp/jam.

J. Pengaruh Penutupan Lajur

Untuk mendapatkan nilai faktor pengaruh lebar lajur terhadap kapasitas lajur digunakan hasil Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM, 1994) seperti terlihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Nilai Faktor Pengaruh Lebar Lajur terhadap Kapasitas

Tipe pengoperasian jalan	Lbr. Tiap Lajur (Mtr)	Nilai Faktor Pengaruh
4 Lajur 2 Arah, Terpisah	3,25	0,95
	3,50	0,98
	3,60	1,00
	3,75	1,03
2 Lajur 2 Arah, Tidak Terpisah	6,5 (2 Arah)	0,96
	7,00	1,00
	7,50	1,03

Jumlah lajur jalan Hertasning adalah 4 lajur 2 arah (terpisah) sehingga terdapat 4 nilai lebar lajur dengan faktor pengaruhnya. Dengan menggunakan 4 nilai tersebut, didapat suatu garis regresi linear, yaitu $Y=0,43132+0,15849X$ dengan nilai X = lebar Lajur dan Y = faktor pengaruh. Selanjutnya, nilai kapasitas lajur akibat pengatuh penutupan sebagian atau seluruh lajur mengacu pada persamaan garis regresi tersebut, seperti terlihat pada Tabel 4.16. Apabila lebar efektif lajur >5 meter, dianggap jalan terdiri dari 2 (dua) lajur, sedangkan apabila lebar efektif <5 meter, dianggap hanya 1 (Satu) lajur.

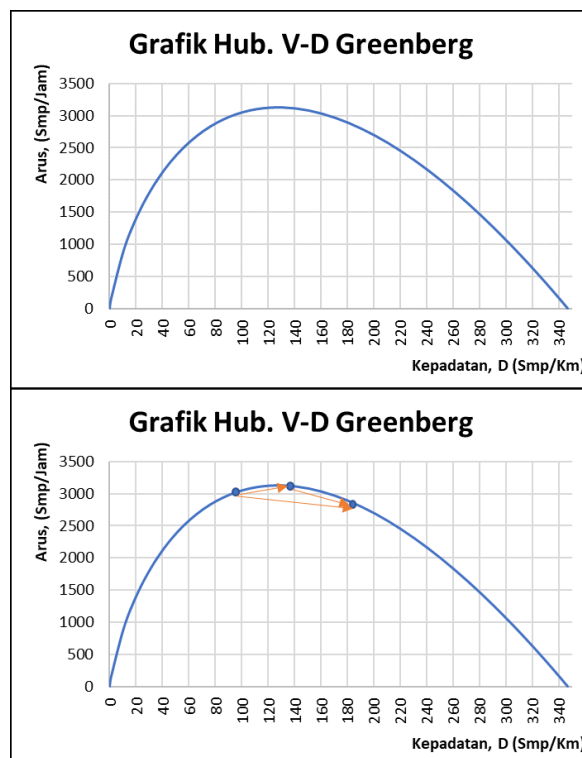
Tabel 16. Kapasitas Terpakai Akibat Penutupan Jalur

Lebar Penutupan	Lebar Efektif Lajur (Meter)	Jumlah Lajur	Lebar Lajur (Meter)	Fak. Pengaruh Lajur	Kapasitas Dasar / Lajur (Smp)	Kapasitas Terpakai (Smp)	Keterangan Pada Grafik r, tp, Qm, T
(a)	(b)	(c) = Ket.	(d) = (b/2)	(e) = (Reg.*d)	(f) = Kaps. Jln	(g) = (c*e*f)	(h)

0,00	9,00	2	4,50	1,14	1584	3626	Kondisi Normal
1,00	8,00	2	4,00	1,07	1584	3375	Kondisi 1
3,00	6,00	2	3,00	0,91	1584	2873	Kondisi 2
5,50	3,50	1	3,50	0,99	1584	1562	Kondisi 3
8,00	1,00	1	1,00	0,59	1584	934	Kondisi 4
9,00	0,00	1	0,00	0,00	1584	0	Kondisi 5

Nilai Gelombang Kejut

Nilai gelombang kejut yang terjadi pada ruas jalan yang terganggu dapat dijelaskan dengan Gambar dibawah memperlihatkan contoh kurva arus-kepadatan, tetapi kondisi B merupakan kondisi arus yang mengalami hambatan total (seluruh lajur terhambat). Pada ruas jalan tersebut dapat terjadi misalnya, kecelakaan yang mengakibatkan tertutupnya sebagian atau seluruh lajur jalan. Gelombang kejut pada kajian ini dianggap bahwa arus lalu lintas yang lewat dalam kondisi konstan dan hubungan matematis antara arus-kepadatan tertentu. Untuk ruas jalan Letjen Hertasning ditinjau arus lalu lintas yang lewat mulai dari 1000 smp/jam sampai mencapai nilai kapasitas lajur dengan selang 500 smp/jam termasuk pada keadaan lajur ditutup sebagian atau seluruh lajur jalan.



KESIMPULAN

Pada kondisi arus dan kecepatan bervariasi, kedua model (*Greenshields*, *Greenberg*) dapat menghasilkan grafik yang baik. Walaupun demikian, apabila hanya dilihat dari nilai arus maksimum dan kepadatan pada kondisi macet, model *Greenberg* menghasilkan nilai yang lebih baik dari model lainnya. Pada ruas jalan Letjen Hertasning (3 lajur) didapatkan nilai arus maksimum untuk model *Greenshields* 2602,05 smp/jam, model *Greenberg* 3123,34 smp/jam, di mana nilai tersebut didasarkan pada interval 15 menit. Rerata arus maksimum (kapasitas) tiap lajur hasil dari model yang di dapat sebesar 4950 smp/jam Untuk dasar perhitungan gelombang kejut akibat jalan ditutup 1 (satu) lajur, ditetapkan nilai kapasitas 1 lajur sebesar 1584 smp/jam. Untuk interval waktu hambatan yang sama, model *Greenshields* umumnya akan menghasilkan antrian terpanjang dibandingkan model *Greenberg*. Hal ini dikarenakan kemiringan garis yang menunjukkan adanya perubahan arus dan kepadatan lebih curam, yaitu didasarkan pada saat kepadatan pada kondisi macet, model *Greenberg* nilainya terkecil dari model lainnya. Pada ruas jalan Hertasning yang ditutup seluruh lajurnya, jika arus lalu lintas sebesar 2000 smp/jam maka antrian akan bertambah 4,75 meter setiap 5 menit (kecepatan terbentuknya antrian sebesar 2,77 km/jam). Dan terlihat Pada Gambar 9 terlihat bahwa panjang antrian sangat ditentukan oleh lamanya waktu penutupan, besarnya penutupan, dan besarnya arus lalu lintas.

Untuk menentukan lebar penutupan optimum jalan Letjen Hertasning sudah barang tentu membutuhkan gambar serupa untuk setiap kondisi arus dan waktu penutupan. Untuk menentukan lebar penutupan optimum yang berlaku umum untuk Jalan Letjen Hertasning harus dilakukan penelitian yang lebih luas mencakup berbagai lokasi jalan dengan lebar lajur dan arus lalu lintas yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, O. L., Timboeleng, J. A., & Jansen, F. (2013). Analisa Gelombang Kejut Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas di Jalan Walanda Maramis Bitung. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3(2).
- Alifuddin, A., Alkam, R. B., Ramadhani, D. S., & Bontong, F. (2023). Analisis Tingkat Pelayanan pada Ruas Jalan Dr. Ratulangi Kota Palopo. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 8(2), 97–108.
- Amaliah, R., Rachmatya, R., Said, L. B., & Alkam, R. B. (2022). Studi Hubungan Antara Kecepatan Volume dan Kerapatan Lalu Lintas (Ruas Jalan Pacarakang–Kapasa Raya). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 113–120.
- Bella, M. H. L. A., Timboeleng, J. A., & Rompis, S. Y. R. (2016). Analisa Gelombang Kejut pada Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus: Jl. 17 Agustus–Jl. Babe Palar). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9).
- Brilia, B., Rompis, S. Y. R., & Longdong, J. (2019). Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus: Jalan Wolter Monginsidi, Malalayang II, Kota Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(6).
- Hulu, V. (2022). *Analisis Gelombang Kejut Terhadap karakteristik Arus Lalu Lintas di Jalan H. Adam Malik Medan*.
- Indrajaya, Y., Riyanto, B., & Widodo, D. (2012). *Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalu Lintas*. Tesis Program Pasca Sarjana.
- Julianto, E. N. (2010). Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(2).
- Kasenda, N. D., Timboeleng, J. A., & Jansen, F. (2013). Analisa Gelombang Kejut dan Pengaruhnya Terhadap Arus Lalu Lintas di Jalan Sarapung Manado. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3(2).
- Lasaisi, M., Said, L. B., Massara, A., & Zaifuddin, Z. (2019). Analisa Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang Terpadu (Kasus Jl. Beringin Banggai Sulawesi Tengah). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 527–533.
- Leonora, D. M. (2021). *Pengaruh Gelombang Kejut Terhadap Kemacetan Lalu Lintas (Studi Kasus SPBU 24.351. 31 Jl Imam Bonjol, Langkapura, Bandar Lampung)*. Bandar Lampung: Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Malau, R. H. (2014). Aplikasi Shock Wave Analysis Dan Queueing Analysis Untuk Menghitung Panjang Antrian Pada Perlintasan Sebidang. *Jurnal Teknik Sipil Usu*, 2(3).
- Noviyanti, I. (2016). *Studi Gelombang Kejut pada Persimpangan Jalan dan Jalan Rel dengan Menggunakan Emp atas Dasar Analisa Headway (Studi Kasus Perlintasan Kereta Purwosari Jl. Slamet Riyadi Surakarta)*.
- Pinem, O. B. O. Y. K. (2022). *Analisis Kemacetan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Flamboyan Raya Medan (Studi Kasus)*.
- Pratiwi, L. A., Sumarsono, A., & Djumari, D. (2015). Studi Gelombang Kejut Pada Silang Ka Letjen S. Parman Balapan Dengan Menggunakan Emp Atas Dasar Analisa Headway. *Matriks Teknik Sipil*, 3(3).
- Ramadhan, L. (2017). *Studi Gelombang Kejut Pada Penyempitan Jalan Dengan Menggunakan EMP Atas Dasar Analisis Rasio Headway (Studi Kasus: Penyempitan Jalan Jend. Ahmad Yani Melewati Viaduct Gilingan, Surakarta)*.
- Rompis, S. Y. R. (2018). Traffic flow model and shockwave analysis. *Jurnal Sipil Statik*, 6(1).
- Setiadi, T. (2018). Implementasi Metode Ant Colony Optimization (Aco) Untuk Pemilihan Jalur Alternatif Terpendek Kasus Kemacetan Lalu-Lintas Kota Semarang Timur.

- Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 9(1), 19–26.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit ITB.
- Tamin, O. Z., & Frazila, R. B. (1997). Penerapan Konsep Interaksi Tata Guna Lahan-Sistem Transportasi Dalam Perencanaan Sistem Jaringan Transportasi. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 8(3), 11–18.
- THIE, E. (2018). *Studi Analisis Hubungan Kecepatan, Volume, Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Jalan Ahmad Yani Kota Batam*. Universitas Internasional Batam.
- Timpal, G. S. J., Sendow, T. K., & Rumayar, A. L. E. (2018). Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, *Greenberg* dan Underwood dan Analisa Kinerja Jalan pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 6(8).
- Utama, G. P. (2016). Analisa Perhitungan Hubungan Kecepatan, Volume, dan Kepadatan Arus Kendaraan pada Ruas Jalan Muhamad Yamin Kota Samarinda. *KURVA MAHASISWA*, 2(1), 1567.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
