

Kajian Tundaan Perjalanan pada Daerah Tanjakan menggunakan Metode Gelombang Kejut (Studi Kasus: Tanjakan Tarahan, Lampung)

I Gusti Made Ferdi Kusuma¹⁾

Sasana Putra²⁾

Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial³⁾

Dwi Herianto⁴⁾

Abstract

Highway ramps causes queues or delays. This study is located at Incline Tarahan, Cross Sumatra road, South Lampung. The formation of a shock wave movement due to the incline and large vehicle causes the speed to dropping or slowing. The study was intended to analyze the tunic approach with a shock wave based on the light car value produced from the headway ratio method.

Calculations based on Greenshield linear model. Based on an analysis of headway rattios, a light vehicle (EKR) for motorcycles (MC) is 2,072 for a heavy vehicles (KB) is 0,489. The results showed that the increase in travel time of first slope have 16,63 seconds at normal time increased to 28.28 seconds when vehicle has delay, second slope have 27,47 seconds at normal time increased to 58,60 seconds when vehicle has delay. In the calculation of the vehicle experiencing decrease of speed, the first slope at the beginning of incline is 56,54 km/hour, at the time of incline have decreases speed to 23,37 km/hour. While the second slope at the beginning of incline is 43,24 km/hour and at the time of incline have decreases speed to 19,97 km/hour.

Keywords : *Shock wave, Headway Ratio, Delays, Vehicle Travel Time.*

Abstrak

Trase tanjakan jalan raya menyebabkan terjadinya antrian atau tundaan. Penelitian ini berlokasi di Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatra, Lampung Selatan. Terbentuknya Gerakan gelombang kejut akibat adanya tanjakan dan kendaraan besar menanjak ini menyebabkan kecepatan turun atau tundaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tundaan dengan pendekatan gelombang kejut berdasarkan nilai EKR (Ekivalen Kendaraan Ringan) yang didapat dari metode rasio *headway*.

Perhitungan nilai gelombang kejut berdasarkan model linier *Greenshield*. Berdasarkan analisis rasio *headway* didapatkan nilai ekivalen kendaraan ringan (EKR) untuk sepeda motor (SM) sebesar 2,072 sementara untuk kendaraan berat (KB) 0,489. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan waktu tempuh kemiringan 1 dari 16,63 detik pada saat normal meningkat menjadi 28,28 detik pada saat antrian kendaraan, sedangkan kemiringan 2 dari 27,47 detik saat normal meningkat menjadi 58,60 detik saat adanya antrian kendaraan. Pada perhitungan kendaraan mengalami penurunan kecepatan, kemiringan 1 saat awal tanjakan 56,54 km/jam, pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 23,37 km/jam. Sedangkan kemiringan 2 saat awal tanjakan 43,24 km/jam dan pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 19,97 km/jam.

Kata Kunci : *Gelombang kejut, Rasio Headway, Tundaan, Waktu Tempuh.*

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: igustimadeferdikusuma@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Bagian perbatasan Kabupaten Lampung Selatan dan kota Bandar Lampung terdapat sebuah tanjakan terkenal ekstremnya, biasa dikenal dengan tanjakan Tarahan yang berlokasi di Tarahan, Kec. Katibung, Kab. Lampung Selatan. Aktivitas kendaraan besar merupakan penghalang sebagaimana tundaan kelancaran lalu-lintas yang terjadi pada saat melewati tanjakan tarahan sehingga menyebabkan tundaan bagi pengguna jalan lainnya.

Meningkatnya jumlah kendaraan bukanlah menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya tundaan. Ada beberapa perilaku kendaraan besar kurang disiplin dalam melewati tanjakan tarahan seperti dua mobil yang sejajar pada saat menanjak, hal tersebut mengakibatkan penurunan kecepatan yang berdampak pada kendaraan lain. Gerakan arus lalu lintas yang terjadi pada saat inilah yang disebut dengan gelombang kejut (*shock wave*) yaitu gerakan atau perjalanan perubahan sebuah arus lalu lintas.

Untuk itu perlu ada perhatian serius terhadap ruas jalan agar perilaku tidak disiplin tidak terjadi dan gelombang kejut terhadap kendaraan bisa berkurang. Masalah tundaan perlu diidentifikasi sejak awal, pemicu terjadinya tundaan perlu diantisipasi secepat mungkin. Latar belakang inilah yang menjadi motivasi untuk diteliti sebagai pengaruh dari aktivitas kendaraan besar terhadap penurunan kecepatan yang dialami kendaraan besar berdampak pada kendaraan lain.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Volume

Volume adalah jumlah kendaraan yang telah diamati untuk melewati suatu titik Jangka waktu tertentu pada ruas jalan tertentu. Volume lalu lintas dinyatakan dengan satuan kendaraan/jam (SKR/jam). Menurut (Soedirdjo,2002 dalam Zakaria 2013) dalam pembahasan, volume dibagi menjadi:

1. Volume harian
2. Volume per jam
3. Volume per sub jam

2.2. Kecepatan

Kecepatan didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan yang dihitung dari dalam jarak per satuan waktu (Tamin, 2003 dalam Desmi et al, 2019).

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Dimana:

- v = kecepatan (km/jam)
s = jarak tempuh kendaraan (km)
t = waktu tempuh kendaraan (detik)

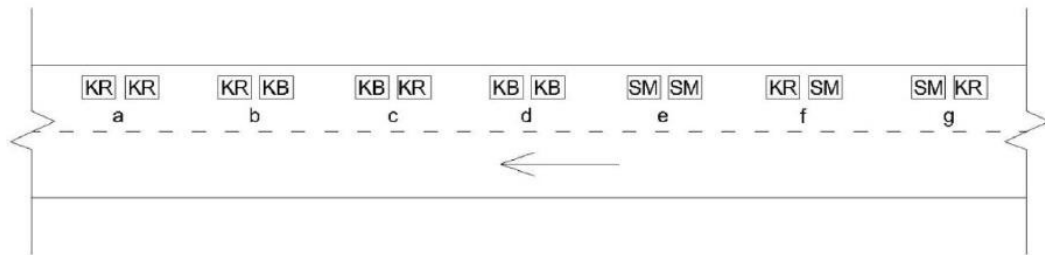
2.3. Kerapatan

Kerapatan diartikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu jarak jalan atau lajur, dapat ditulis dengan kendaraan per kilometer.

$$D = \frac{n}{L} \quad (2)$$

2.4. Waktu Antara (*Headway*)

Waktu antara (*headway*) artinya waktu antara 2 sarana kendaraan untuk melewati suatu titik tertentu. Waktu antara digunakan untuk rekayasa lalu lintas di jalan yang berkaitan dengan kapasitas jalan untuk mendapatkan Nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR). Nilai EKR didapat dengan mencatat waktu antara (*time headway*) kendaraan yang berurutan pada saat kendaraan tersebut melewati suatu titik pengamatan yang telah ditentukan.



Gambar 1. Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau

Keterangan :

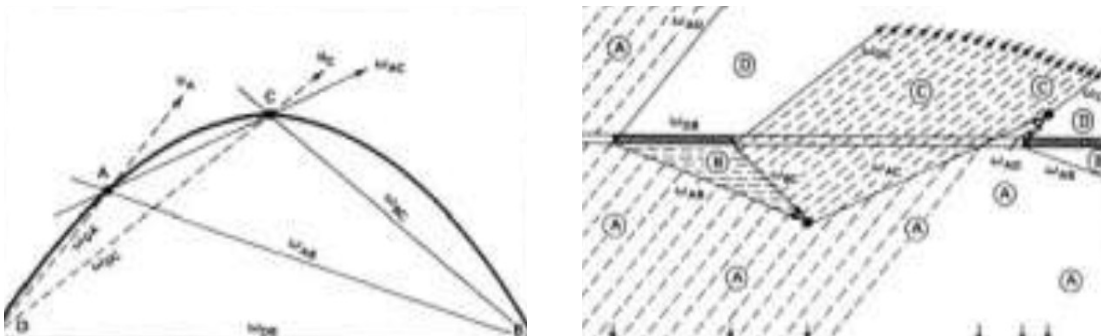
KR = kendaraan ringan

KB = kendaraan berat

SM = sepeda motor

2.5. Gelombang Kejut

Gelombang kejut merupakan gerakan yang terjadi pada arus lalu lintas akibat adanya perubahan nilai kepadatan dan volume lalu lintas (Soedirdjo & Titi Liliani, 2002 dalam Michael et al, 2020).



Gambar 2. Kurva gelombang kejut
Sumber: (Tamin, 2003 dalam Bela et al, 2016)

Gambar 2.5.(a) mengilustrasikan hubungan matematis antara arus-kepadatan aliran di jalan yang tidak terganggu. Pada waktu tertentu, ada kondisi aliran bebas yang konstan, seperti kondisi A arus, kepadatan dan kecepatan dinyatakan sebagai: V_A , D_A dan S_A . Kemudian dalam jangka waktu berikutnya, lalu lintas masuk berkurang dan terjadi arus lalu lintas baru, seperti kondisi B, dimana arus, kepadatan, Kecepatan diwakili oleh simbol: V_B , D_B dan S_B . Penting untuk dicatat bahwa kondisinya kecepatan B lebih tinggi dari kendaraan kondisi A dan B ini akhirnya, kendaraan A dapat disusul pada

waktu dan ruang yang berbeda. Pada Gambar 2.5. (c) pada waktu t ruas jalan menggambarkan 2 (dua) kondisi arus lalu lintas. Maka rumus nilai gelombang kejut sebagai berikut:

$$\omega_{AB} = \frac{VB - VA}{DB - DA} \quad (3)$$

$$\omega_{DC} = \frac{VC - VD}{DC - DD} \quad (4)$$

$$\omega_{CB} = \frac{VB - VC}{DB - DC} \quad (5)$$

$$\omega_{AC} = \frac{VC - VA}{DC - DA} \quad (6)$$

Dimana:

ω_{AB} = gelombang kejut mundur bentukan
 ω_{DC} = gelombang kejut maju pemulihan
 ω_{CB} = gelombang kejut mundur pemulihan
 ω_{CB} = gelombang kejut maju pemulihan

Interval waktu antara t_2 dan t_3 dirumuskan sebagai berikut:

$$t_3 - t_2 = r \left(\frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right) \quad (7)$$

Panjang antrian maksimum pada waktu t_3 dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_m = \frac{r}{3600} \left[\frac{\omega_{CB} \cdot \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right] \quad (8)$$

Dimana:

r = durasi efektif terjadinya hambatan (detik)

$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{(\omega_{CB} - \omega_{AB})} \times \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right| \quad (9)$$

$t_4 - t_2$ = T adalah waktu penormalan, total waktu antara pada saat diberlakukannya penormalan lajur sampai antrian berakhir

2.6. Model Greenshield

Greenshields melakukan penelitian di pinggiran kota Ohio, AS Mengusulkan kecepatan rata-rata ruang (kecepatan) dan Kepadatan kendaraan (S-D). Dari penelitiannya model Greenshields Persamaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Persamaan model *greenshield*

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = S_{ff} - (S_{ff}/D_j) \cdot D$	VM	$VM = (D_j \cdot S_{ff})/4$
V-D	$V = D \cdot S_{ff} - (S_{ff}/D_j) \cdot D^2$	SM	$SM = S_{ff}/2$
V-S	$V = D_j \cdot S - (D_j/S_{ff}) \cdot S^2$	DM	$DM = D_j/2$

Sumber : (Tamin, 2008 dalam Ramadhan et al, 2017)

2.7. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Menurut (Sukirman 1999) landai maksimum merupakan faktor penentu dalam perencanaan alinyemen vertikal, karena jarak pendek memberikan faktor pengaruh berbeda dibandingkan dengan jarak panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian besar akan menyebabkan penurunan kecepatan kendaraan yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada panjang jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan yang cukup panjang dengan kelandaian tersebut pendek.

Tabel 2. Panjang kritis kelandaian yang melebihi kelandaian maksimum

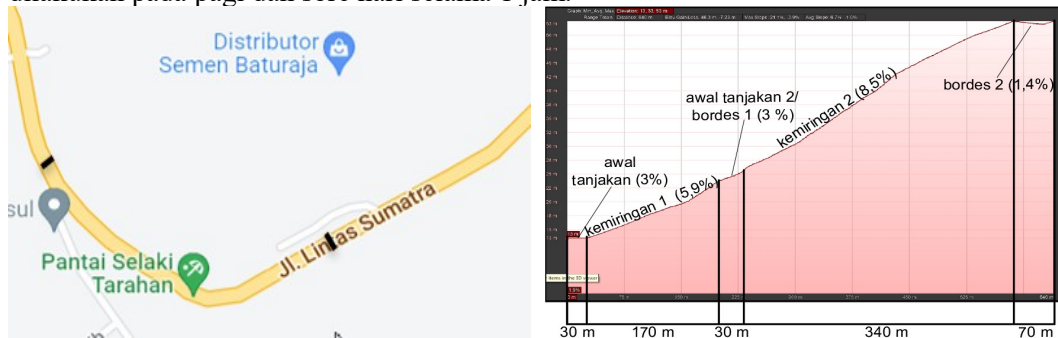
Kecepatan Rencana (Km/jam)											
80		60		50		40		30		20	
5%	500 m	6%	500 m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10 %	250 m
6%	500 m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m
7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m	12 %	250 m
8%	420 m	9%	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m	12 %	250 m	13 %	250 m

Sumber: (Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan oleh Sukirman, 1999)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah ruas jalan Lintas Sumatra Tarahan di Lampung Selatan dengan panjang ruas jalan penelitian 640 meter, menentukan elevasi kemiringan ruas jalan dengan menggunakan aplikasi *Google Earth* dan terdapat 2 kemiringan. Survei dilakukan pada pagi dan sore hari selama 1 jam.

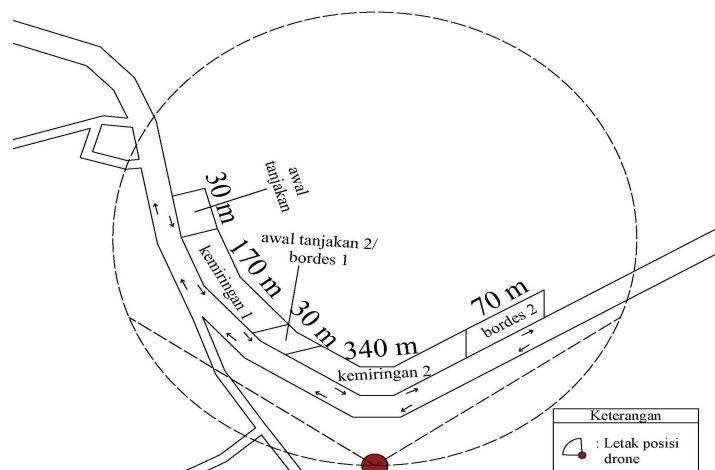


Gambar 3. Lokasi pengamatan dan elevasi ruas jalan

Sumber: (Google earth)

3.2. Teknik Pengambilan Data

Data lapangan didapat dari hasil survei lapangan dengan mencatat semua data yang diperlukan dan direkam.



Gambar 4. Area pengamatan

Gambar di atas menunjukkan lokasi dan batas-batas pengamatan yang telah di tentukan. Pengamatan dilakukan sepanjang 640 meter dan ditandai segmen setiap 10 meter untuk pengambilan data. Suvei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data arus lalu lintas (volume), data tempuh, *time headway*, panjang antrian dan waktu penormalan. Data-data tersebut dihitung per waktu 5 menit selama 1 jam.

3.3. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam analisis gelombang kejut (*shock wave*) ini menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Data perhitungan yang digunakan yaitu

3.3.1. Data *time headway*

Data *time headway* digunakan untuk mendapatkan nilai EKR (ekivalen Kendaraan Ringan). Nilai EKR digunakan untuk mengubah arus lalu lintas dari satuan kendaraan menjadi satuan kendaraan ringan (SKR).

3.3.2. Volume lalu lintas

Data Volume lalu lintas digunakan untuk pengolahan regresi model *greenshield* dan nilai gelombang kejut.

3.3.2. Waktu tempuh kendaraan

Waktu tempuh kendaraan digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan lalu lintas. Nilai kecepatan didapat dengan membagi jarak tiap segmen dengan waktu tempuh yang diperoleh (m/det) kemudian dikonversi ke km/jam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Penelitian

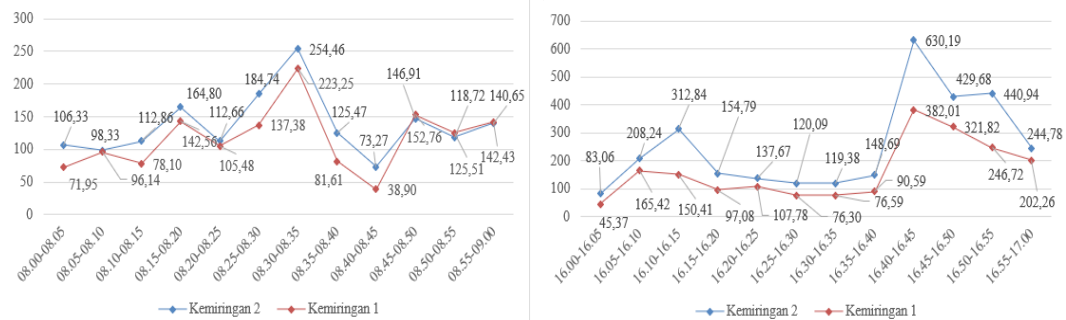
Data diambil pada ruas jalan Lintas Sumatra Tarahan di Lampung Selatan. pengambilan data penelitian dilakukan pada tanggal 15 Februari 2022 pukul 08.00-09.00 WIB dan pukul 16.00-17.00. Hasil pengamatan didapat dari rekaman *drone* dengan ketinggian 400 meter yang dilakukan pada tempat penelitian. Pengamatan ruas jalan yang terdiri dari 4 lajur 2 arah tak terbagi, lebar jalan pada perlintasan 14 meter dan direkam sepanjang 640 meter.

4.2. Batasan Karakteristik Lalu Lintas

Dari hasil perhitungan nilai EKR (Ekivalen Kendaraan ringan) di tanjakan Tarahan dengan analisis *headway* didapatkan nilai EKR SM (Sepeda Motor) sebesar 2,072, EKR KR (Kendaraan Ringan) sebesar 1,00, dan EKR KB (Kendaraan Berat) sebesar 0,498

4.2.1. Volume lalu lintas

Volume kendaraan yang diperoleh dari pengambilan data diubah menjadi satuan kendaraan per satuan waktu (SKR/jam). Kemudian data yang didapatkan dikonversikan ke dalam Satuan Kendaraan Ringan (SKR) dengan faktor konversi sesuai dengan jenis kendaraan (nilai EKR analisis rasio *headway*). Setelah itu data volume lalu lintas dikalikan 12 untuk memperoleh nilai volume per jam.

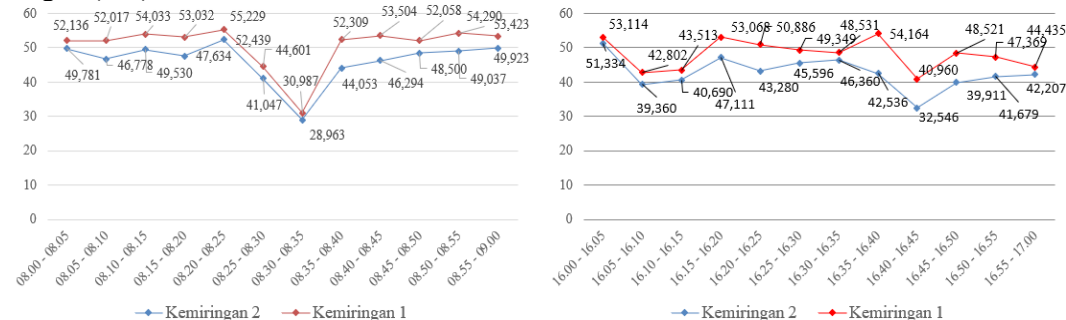


Gambar 5. Volume lalu lintas pagi dan sore

Dari 2 grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa volume lalu lintas kemiringan 2 lebih tinggi dari kemiringan 1. Hal ini dikarenakan panjang ruas jalan kemiringan 2 lebih panjang dibanding kemiringan 1.

4.2.2. Waktu Tempuh

Jumlah data kecepatan lalu lintas didapat dari hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan. Pengambilan data kecepatan dilakukan dengan mengambil sampel kendaraan ringan (KR) secara acak dalam waktu 5 menit.

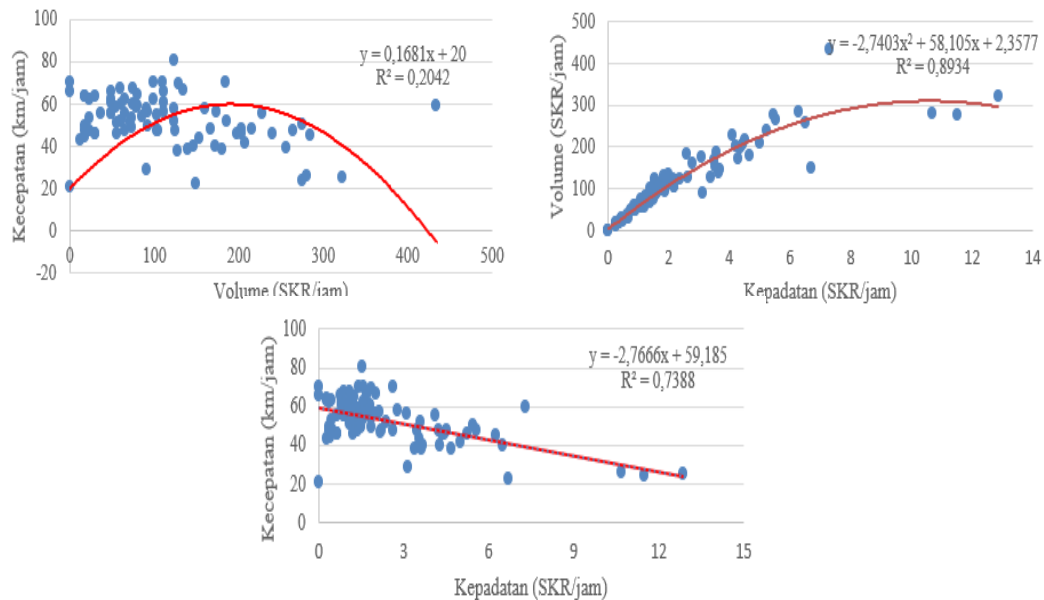


Gambar 6. Grafik data kecepatan lalu lintas pagi dan sore

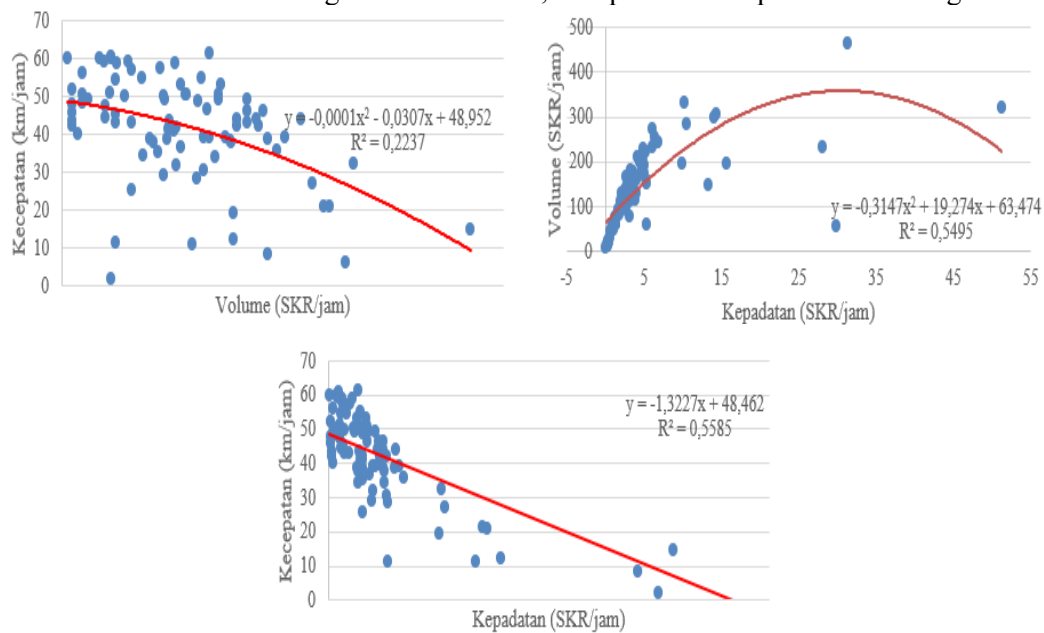
Pada grafik kecepatan lalu lintas diatas, diperoleh data kecepatan pagi maksimum kemiringan 1 adalah 54,290 km/jam berada pada jam 08.50-08.55 WIB dan kecepatan pagi maksimum kemiringan 2 adalah 49,923 km/jam berada pada jam 08.55-09.00 WIB. Sedangkan data kecepatan sore maksimum kemiringan 1 adalah 54,164 berada pada jam 16.35-16.40 WIB dan kecepatan sore maksimum kemiringan 2 adalah 51,334 km/jam berada pada jam 16.00-16.05 WIB.

4.3. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan dengan Model *Greenshield*

Perhitungan menggunakan model *Greenshield* didapatkan hubungan antara parameter lalu lintas yang disajikan dalam grafik berikut:



Gambar 7. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan kemiringan 1



Gambar 8. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan kemiringan 2

Variabel utama yang mempengaruhi parameter lalu lintas adalah volume/arus, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas. Berdasarkan model *Greenshield* merumuskan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan diasumsikan linear. Data-data yang diperoleh dari model *Greenshield* tersebut digunakan untuk analisis gelombang kejut.

4.4 Nilai Gelombang Kejut

Gelombang kejut pada tanjakan tarahan dianalisis setelah mengetahui hubungan matematis antara volume-kepadatan. Berikut adalah tabel perhitungan nilai gelombang kejut yang terjadi pada Tanjakan Tarahan, Lampung Selatan:

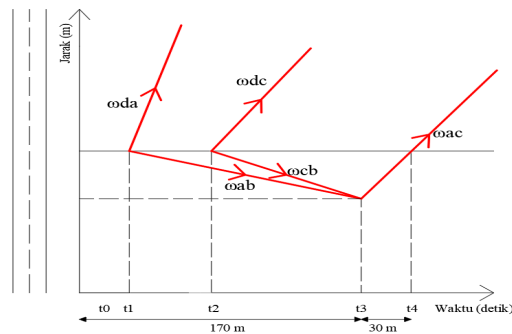
Tabel 3. Perhitungan nilai gelombang kejut kemiringan 1 pagi

KEMIRINGAN 1														
Periode Waktu	Va	Vb	Vc	Vd	Da	Db	Dc	Dd	Kecepatan Gelombang Kejut					
									oda	oab	odc	ocb	oac	
	(SKR/jam)				(SKR/km)				(km/jam)					
08.00 – 08.05	12,27	112,50	2189,97	43,12	0,25	36,62	73,23	0,79	57,12	-2,76	29,64	-56,74	29,84	
08.05 – 08.10	39,14	86,26	2189,97	34,83	0,74	36,62	73,23	0,66	55,74	-1,31	29,70	-57,45	29,69	
08.10 – 08.15	65,70	83,69	2189,97	41,13	1,10	36,62	73,23	0,80	51,31	-0,74	29,67	-57,52	29,51	
08.15 – 08.20	51,71	64,00	2189,97	26,85	0,90	36,62	73,23	0,51	63,53	-0,34	29,74	-58,06	29,52	
08.20 – 08.25	63,41	90,22	2189,97	41,11	1,04	36,62	73,23	0,77	58,45	-0,75	29,65	-57,34	29,46	
08.25 – 08.30	67,69	144,34	2189,97	154,31	1,44	36,62	73,23	3,41	44,00	-2,18	29,16	-55,87	29,56	
08.30 – 08.35	77,97	278,12	2189,97	164,82	1,81	36,62	73,23	7,65	54,88	-5,69	31,02	-52,21	29,43	
08.35 – 08.40	44,54	167,84	2189,97	66,81	0,85	36,62	73,23	1,26	53,41	-2,11	29,50	-55,22	29,23	
08.40 – 08.45	40,55	60,19	2189,97	28,25	0,74	36,62	73,23	0,52	56,19	-0,88	29,73	-58,16	29,74	
08.45 – 08.50	76,29	181,13	2189,97	149,93	1,36	36,62	73,23	2,98	45,34	-2,97	29,04	-54,86	29,41	
08.50 – 08.55	84,57	152,57	2189,97	55,71	1,49	36,62	73,23	1,04	53,80	-1,94	29,56	-55,64	29,35	
08.55 – 09.00	68,29	144,29	2189,97	72,29	1,26	36,62	73,23	1,33	56,35	-2,15	29,45	-55,87	29,45	
	Σrata-rata								56,18	-1,99	29,65	-56,25	29,51	

Tabel 4. Perhitungan nilai gelombang kejut kemiringan 2 pagi

KEMIRINGAN 2														
Periode Waktu	Va	Vb	Vc	Vd	Da	Db	Dc	Dd	Kecepatan Gelombang Kejut					
									oda	oab	odc	ocb	oac	
									(SKR/jam)			(SKR/km)		(km/jam)
08.00 - 08.05	43,12	174,45	1738,25	30,55	0,79	36,90	73,23	0,63	59,92	-3,64	23,52	-43,04	23,40	
08.05 - 08.10	34,83	110,79	1738,25	18,26	0,66	36,90	73,23	0,42	54,18	-2,10	23,62	-44,79	23,47	
08.10 - 08.15	41,13	160,52	1738,25	61,68	0,80	36,90	73,23	1,25	45,58	-3,31	23,29	-43,43	23,43	
08.15 - 08.20	26,85	73,97	1738,25	63,98	0,51	36,90	73,23	1,31	46,25	-1,29	23,28	-45,81	23,53	
08.20 - 08.25	41,11	109,55	1738,25	95,64	0,77	36,90	73,23	1,71	57,74	-1,89	22,97	-44,83	23,42	
08.25 - 08.30	154,31	168,17	1738,25	170,16	3,41	36,90	73,23	3,58	56,49	-0,41	22,51	-43,22	22,69	
08.30 - 08.35	164,82	335,61	1738,25	93,30	7,65	36,90	73,23	2,49	43,87	-5,84	23,25	-38,61	24,10	
08.35 - 08.40	66,81	350,92	1738,25	205,61	1,26	36,90	73,23	5,16	35,65	-7,97	22,51	-38,19	23,22	
08.40 - 08.45	28,25	115,88	1738,25	75,67	0,52	36,90	73,23	1,76	38,36	-2,41	23,26	-44,65	23,52	
08.45 - 08.50	149,93	157,89	1738,25	83,92	2,98	36,90	73,23	1,73	52,75	-0,23	23,14	-43,50	22,61	
08.50 - 08.55	55,71	139,35	1738,25	81,95	1,04	36,90	73,23	1,75	37,11	-2,33	23,17	-44,01	23,31	
08.55 - 09.00	72,29	127,06	1738,25	81,95	1,33	36,90	73,23	1,69	26,81	-1,54	23,15	-44,35	23,17	
			Σrata-rata						49,81	-2,75	23,14	-43,20	23,32	

Pada tabel di atas maka dapat disimpulkan bahwa besar penurunan kecepatan untuk kemiringan 2 lebih besar di banding pengamatan kemiringan 1. berdasarkan perhitungan di atas diperoleh grafik jejak antara jarak dan waktu untuk rata-rata nilai gelombang kejut.



Gambar 9. Grafik jarak dan waktu pengamatan pagi kemiringan 1

Gambar 9 merupakan grafik antara jarak dan waktu dimana kemiringan garis mempengaruhi kecepatan kendaraan. Gambar di atas berdasarkan nilai rata-rata nilai gelombang kejut, panjang antrian, dan waktu penormalan untuk pengamatan. Selama waktu antara t_0 sampai t_1 tidak terjadi hambatan pada arus lalu lintas. Pada waktu t_1 , mulai terjadi hambatan yang menyebabkan antrian akibat adanya perlintasan dan kondisi arus lalu lintas. Gelombang kejut yang terjadi pada saat t_1 yaitu $\omega_{da} = 56,78$ km/jam dan $\omega_{ab} = -1,99$ km/jam Arus lalu lintas terjadi sampai dengan t_2 dimana pada saat itu arus lalu lintas mengalami hambatan. Sebuah arus lalu lintas dengan kondisi baru akan terbentuk. Hal ini menyebabkan terbentuknya gelombang kejut baru pada selang waktu antara t_2 sampai t_3 yaitu $\omega_{dc} = 29,65$ km/jam dan $\omega_{cb} = -56,25$ km/jam. Arus lalu lintas terjadi sampai dengan ω_{ab} mencapai t_3 . Pada waktu t_3 terbentuk 1 gelombang kejut baru yaitu gelombang kejut maju pemulihan $\omega_{ac} = 29,51$ km/jam. Antrian terbentuk dari t_1 hingga t_3 sepanjang 35,04 m. Waktu dari t_2 - t_4 disebut sebagai waktu penormalan, yaitu total waktu sejak dilakukan penormalan lajur hingga antrian berakhir. Waktu penormalan yang terjadi (t_2 - t_4) yaitu 7,31 detik. Berikut dijelaskan hasil rekapitulasi rata-rata gelombang kejut untuk pengamatan kemiringan 1 dan kemiringan 2.

Tabel 5. Rekapitulasi nilai gelombang kejut rata-rata

Pengamatan Kemiringan 1 Kemiringan 2		
ω_{da}	56,61	43,24
ω_{ab}	-3,58	-5,49
ω_{dc}	23,37	19,97
ω_{cb}	-42,19	-35,67
ω_{ac}	23,21	20,73
Q_m	54,58	75,40
t_0 - t_1	13,42	32,98
t_1 - t_2	4,78	16,91
t_2 - t_3	5,06	6,28
t_3 - t_4	2,11	8,41
t_0 - t_4 normal	16,63	27,47
t_0 - t_4 antrian	28,28	58,60

Berdasarkan penelitian terdapat literatur untuk menyelesaikannya, berikut penelitian terdahulu:

a. Dalam (Pratiwi *et al.* 2015) menjelaskan 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 ωac (gelombang kejut maju pemulihan) sebesar 7,55 km/jam waktu penormalan 159,18 detik dengan durasi 121 detik.

b. Dalam (Adam *et al.* 2013) Penelitian ini menggunakan 3 metode yaitu: Greenshield, Greenberg, dan Underwood kemudian dipilih model yang terbaik. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa arah pusat Kota Bitung ke Wangurer didapatkan menggunakan model greenshield dengan R^2 sebesar = 0,883. Arus maksimum yang didapat dari model greenshield adalah sebesar = 917.751 smp/jam.

c. Dalam (Rakha and Zhang 2012) Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbedaan antara analisis gelombang kejut dan teori antrian. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah perhitungan tundaan menggunakan analisis gelombang kejut dan teori antrian dibandingkan untuk dua contoh aplikasi yaitu waktu kedatangan yang bervariasi pada bottleneck kapasitas konstan dan laju kedatangan konstan pada bottleneck kapasitas waktu yang bervariasi. Hasilnya menunjukkan konsistensi antara analisis gelombang kejut dan teori antrian.

d. Dalam (Rouhani 2014) Penelitian ini merupakan upaya untuk mengestimasi pengaruh kendaraan, waktu perjalanan, arah lalu lintas, dan peningkatan jalan terhadap kecepatan disipasi antrian. Waktu rata-rata akibat pengaruh gabungan dari semua faktor lain tidak dipertimbangkan dalam model linier adalah 1,69 detik.

e. Dalam (Abdi *et al.* 2019) Penelitian ini menjelaskan tentang hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan analisis berbagai model dan dipilih yang terbaik. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah karakteristik pola arus lalu lintas pada Jalan Padjarab beragam.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

a. Berdasarkan metode analisis gelombang kejut (shock wave) mengalami perubahan waktu tempuh kendaraan saat melintasi tanjakan Jalan Lintas Sumatra Tarahan bahwa semakin besar kelandaian berpengaruh terhadap tundaan perjalanan. Pada kemiringan 1, hasil perhitungan menunjukkan peningkatan dari waktu tempuh 16,63 detik pada saat normal meningkat menjadi 28,28 detik pada saat tundaan antrian kendaraan. Pada pengamatan kemiringan 2, menunjukkan peningkatan waktu tempuh dari 27,47 detik saat normal meningkat menjadi 58,60 detik saat adanya tundaan kendaraan.

b. Berdasarkan “Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan”, panjang kritis di tanjakan Jalan Lintas Sumatra Tarahan yang diteliti memenuhi desain geometri. Dapat disimpulkan bahwa kendaraan mengalami penurunan kecepatan, kemiringan 1 saat awal tanjakan 56,54 km/jam. Pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 23,37 km/jam sedangkan kemiringan 2 saat awal tanjakan 43,24 km/jam dan pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 19,97 km/jam.

5.2. Saran

a. Untuk mengurangi potensi tundaan di Tanjakan Tarahan dengan regeometri segmen jalan, membuat jembatan kelok sehingga kelandaian bisa lebih kecil.

b. Pada saat pengambilan data video, lebih baik jika penanda segmen menggunakan *pilox* atau *banner* dan tandai lebih besar agar memudahkan peneliti saat mengambil dan mengolah data lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, G.N., Priyanto, S., and Malkamah, S., 2019. Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman. *Teknisia*, XXIV (1), 55–64.
- Adam, O.L., Timboeleng, J.A., and Jansen, F., 2013. Arus Lalu Lintas Di Jalan Walanda Maramis Bitung, 3 (2), 94–98.
- Bela, M.H.L.A., Timboeleng, J.A., and Rompis, S.Y.R., 2016. Analisa Gelombang Kejut pada Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus: Jl. 17 Agustus – Jl. Babe Palar). *Jurnal Sipil Statik*, 4 (9), 559–566.
- Desmi, A., Widari, L.A., and Yanti, R., 2019. Efektifitas Model Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Simpang 4 Bireun (Perbandingan Dengan Metode Greenshield, Greenberg, Underwood). *Teras Jurnal*, 9 (1), 19–28.
- Earth, G., 2019. Peta lokasi Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatra, Lampung Selatan.
- Michael, G., Timboeleng, J.A., and Rompis, S.Y.R., 2020. Analisis Gelombang Kejut pada Lengan Persimpangan Bersinyal, 8 (6), 933–942.
- Pratiwi, L.A., Sumarsono, A., and Djumari, 2015. Studi Gelombang Kejut Pada Silang Ka Letjen S.Parman Balapan Dengan Menggunakan Emp Atas Dasar Analisa Headway, 913–920.
- Rakha, H. and Zhang, W., 2012. C Onsistency of S Hock - Wave and Q Ueuing T Heory P Rocedures for a Nalysis of R Oadway B Ottlenecks, 1–21.
- Ramadhan, L., Sumarsono, A., and M.H.M., A., 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). *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 1333–1340.
- Rouhani, O.M., 2014. Munich Personal RePEc Archive Queue Dissipation Shockwave Speed for Signalized Intersections Queue Dissipation Shockwave Speed for, (53161), 1–12.
- Sukirman, S., 1999. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik*. Penerbit NOVA.
- Zakaria, A., 2013. Studi Karakteristik Lalu Lintas Sepeda Motor pada Ruas Jalan Tipe Terbagi di Kota Makassar. Universitas Hasanuddin.