

Tinjauan Tundaan Perjalanan Perlintasan Sebidang pada Segmen Jalan Haji Komarudin Menggunakan Metode Gelombang Kejut

M. Arif Yoga Sembada¹⁾
Sasana Putra²⁾
Dwi Herianto³⁾
Rahayu Sulistyorini⁴⁾

Abstract

A level crossing of railway track on H. Komarudin street often gives rise to traffic which causes delays and long queues. This research aims to determine the value of the flow, speed, and density of traffic that occurs at railroad crossings on H. Komarudin street and to determine the amount of delay using the shock wave method based on the EKR (Light Vehicle Equivalent) value obtained from the headway ratio method.

The calculation of the shock wave value is based on the Greenshields linear model. The results of the research on observations showed an increase in travel time from 11.86 seconds to 17.55 seconds due to the queue of vehicles. Meanwhile, the shock waves that occurred on H. Komarudin street due to queues crossing a piece of rail road were as follows: the forward shock wave (ω_{da}) of 14.41 km/hour; shock wave formation (ω_{ab}) of -2.22 km/hour; recovery forward shock wave (ω_{dc}) of 18.53 km/h; recovery shock wave (ω_{cb}) of -5.24 km/hour; and a recovery forward shock wave (ω_{ac}) of 9.56 km/h.

Keywords: Delay, Shock Wave, Light Vehicle Equivalence (EKR), headway, Greenshield Model, Queue Length.

Abstrak

Perlindungan sebidang jalan rel kereta api pada segmen ruas Jalan H. Komarudin Bandar Lampung sering menimbulkan kemacetan sehingga menyebabkan tundaan dan panjang antrian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai arus, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas yang terjadi di perlindungan sebidang kereta api di Jalan H. Komarudin serta mengetahui besarnya tundaan dengan metode gelombang kejut berdasarkan nilai EKR (Ekuivalen Kendaraan Ringan) yang diperoleh dari metode rasio *headway*.

Perhitungan nilai gelombang kejut berdasarkan model linier *Greenshields*. Hasil penelitian pada pengamatan menunjukkan peningkatan waktu tempuh dari 11,86 detik menjadi 17,55 detik akibat adanya antrian kendaraan. Sedangkan Gelombang kejut yang terjadi pada ruas Jalan H. Komarudin akibat antrean perlindungan sebidang jalan rel secara berturut-turut adalah sebagai berikut gelombang kejut maju bentukan (ω_{da}) sebesar 14,41 km/jam; gelombang kejut mundur bentukan (ω_{ab}) sebesar -2,22 km/jam; gelombang kejut maju pemulihan (ω_{dc}) sebesar 18,53 km/jam; gelombang kejut mundur pemulihan (ω_{cb}) sebesar -5,24 km/jam; dan gelombang kejut maju pemulihan (ω_{ac}) sebesar 9,56 km/jam.

Kata Kunci: Tundaan, Gelombang Kejut, Ekuivalensi Kendaraan Ringan (EKR), *headway*, Model *Greenshield*, Panjang Antrian.

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

Kota Bandar Lampung menjadi daerah yang dilalui oleh kereta api baik jenis batu bara rangkaian panjang, penumpang, hingga barang. Berdasarkan data yang diperoleh pada tahun 2022 dari PT. KAI Tanjung Karang kereta melintas sebanyak 44 kali dalam sehari. Adanya lalu lintas kereta api yang tinggi menyebabkan adanya beberapa masalah transportasi, salah satunya berupa kemacetan lalu lintas.

Salah satu lokasi lintasan kereta api terdapat pada jalan H. Komarudin Kecamatan Rajabasa, Bandar Lampung. Jalan tersebut menghubungkan Kecamatan Rajabasa Kota Bandar Lampung dan Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. Mayoritas pengguna jalannya menggunakan kendaraan roda dua dan empat. Dari data yang diperoleh melalui survei pendahuluan, lalu lintas terpadat terjadi pagi hari pada pukul 06.00 – 09.00 WIB dan sore hari pada pukul 15.00 – 18.00 WIB. Hal tersebut mengakibatkan antrean kendaraan dapat terjadi dan mengakibatkan adanya gelombang kejut.

Gelombang kejut adalah diskontinuitas arus dan kepadatan lalu lintas. Ketika kendaraan mendekati perlintasan maka kecepatan akan diturunkan, maka kepadatan akan bertambah dan terbentuklah antrean. Gelombang kejut terjadi akibat adanya pergantian nyala lampu lalu lintas berwarna merah, kendaraan akan berhenti, kepadatan lengan sebelum lampu merah akan meningkat, kecepatan menurun.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan Raya

Jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun, meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas (KPUPR, 2004).

2.2. Perlintasan

Perlintasan sebidang adalah perpotongan sebidang antara jalur kereta api dengan jalan raya (Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 2017). Perlintasan sebidang antara rel kereta api dengan jalan raya merupakan suatu kasus khusus pada suatu ruas jalan raya dengan tanggung jawab untuk pengaturan dan pertimbangan keamanan yang terbagi pada kepentingan jalan raya dan rel kereta api. Pengguna jalan raya yang mendekat ke suatu perlintasan kereta api harus memiliki pandangan yang baik dan tidak terhalang ke jalur masuk yang cukup untuk memungkinkan kontrol pada kendaraan.

2.3. Kereta Api

Angkutan kereta api mempunyai karakteristik khusus, dibandingkan dengan angkutan darat lainnya, yaitu bergerak diatas jalan rel dan dalam satu petak jalan bebas hanya diperbolehkan dilewati oleh satu kereta api. Untuk menjaga agar dalam satu petak jalan bebas hanya dilewati satu kereta, maka diperlukanlah suatu sistem persinyalan.

2.4. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara yang melakukan interaksi antara yang satu dengan yang lainnya pada suatu ruas jalan dan lingkungannya (PKJI, 2014). Karakteristik utama arus lalu lintas yang digunakan sebagai berikut.

2.4.1 Volume

Volume merupakan jumlah kendaraan yang diamati melewati suatu titik tertentu dari suatu ruas jalan selama rentang waktu tertentu dinyatakan dalam satuan skr/jam atau skr/hari (Julianto, 2010).

2.4.2 Kecepatan

Kecepatan didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dalam jarak per satuan waktu.

$$S = \frac{d}{t} \quad (1)$$

Keterangan:

S = Kecepatan (km/jam)

d = Jarak perjalanan (km)

t = Waktu perjalanan (jam)

2.4.3 Kepadatan

Kepadatan (*density*) adalah jumlah kendaraan yang menempati sepanjang ruas jalan tertentu atau lajur yang ada pada umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan tiap kilometer (Tamin, 2000).

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

Dimana:

D = kepadatan (skr/km)

n = jumlah kendaraan

L = jarak (km)

2.4.4 Waktu Antara

Waktu antara (*headway*) adalah waktu antara dua sarana angkutan untuk melewati suatu titik. Waktu antara digunakan dalam rekayasa lalu lintas di jalan yang kaitannya dengan kapasitas jalan. Analisis rasio waktu antara juga digunakan dalam perhitungan Nilai Ekuivalensi Kendaraan Ringan (EKR).

2.4.5 Model *Greenshield*

Greenshields yang mengadakan studi di jalan-jalan luar kota Ohio USA mengusulkan model linier antara *space mean speed* (kecepatan) dengan kepadatan kendaraan (S-D).

Tabel 1. Rangkuman Persamaan yang Dihasilkan Model *Greenshield*

Hubungan	Persamaan yang Dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang Dihasilkan
$\frac{S_{ff}}{D_j} \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} S - D$	$S = S_{ff} - x D$	VM	$VM = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4}$
$\frac{S_{ff}}{D_j} \frac{S_{ff}}{2} V - D$	$V = D \cdot S_{ff} - . D^2$	SM	$SM = \frac{S_{ff}}{2}$
$\frac{D_j}{S_{ff}} \frac{D_j}{2} V - S$	$V = D_j \cdot S - . S^2$	DM	$DM = \frac{D_j}{2}$

Sumber : (Tamin, 2000).

2.5 Gelombang Kejut

Gelombang kejut dapat diklasifikasikan menjadi 6 (enam) kelas, yaitu:

1. Gelombang kejut diam depan (*frontal stationary shock wave*)
2. Gelombang kejut mundur bentukan (*backward forming shock wave*)
3. Gelombang kejut maju pemulihan (*forward recovery shock wave*)
4. Gelombang kejut diam belakang (*rear stationary shock wave*)
5. Gelombang kejut mundur pemulihan (*backward recovery shock wave*)
6. Gelombang kejut maju bentukan (*forward forming shock wave*) (Tamin, 2000).

Gelombang kejut yang terbentuk dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Omega_{DA} = \frac{VA - VD}{DA - DD} \quad (3)$$

$$\Omega_{AB} = \frac{VB - VA}{DB - DA} \quad (4)$$

$$\Omega_{DC} = \frac{VC - VD}{DC - DD} \quad (5)$$

$$\Omega_{CB} = \frac{VB - VC}{DB - DC} \quad (6)$$

$$\Omega_{AC} = \frac{VC - VA}{DC - DA} \quad (7)$$

$$\Omega_{DB} = \frac{VB - VD}{DB - DD} \quad (8)$$

Keterangan :

ω_{DA} = gelombang kejut maju bentukan

ω_{AB} = gelombang kejut mundur bentukan

ω_{DC} = gelombang kejut maju pemulihan

ω_{CB} = gelombang kejut mundur pemulihan

ω_{AC} = gelombang kejut maju pemulihan

ω_{DB} = gelombang kejut mundur bentukan

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian dan Data Penelitian

Data penelitian diperoleh dengan survei menggunakan peralatan berupa kamera yang digunakan untuk merekam arus lalu lintas yang melewati jalan, sehingga diperoleh data berupa jumlah kendaraan dan waktu antara. Survei dilaksanakan pada tanggal 9 September 2021 yang dilakukan di lokasi perlintasan kereta api yang terletak di Jalan H. Komarudin, Bandar Lampung. Sedangkan waktu penelitian dilakukan pada waktu puncak saat orang melakukan perjalanan selama 2 hari pada pagi dan sore hari. Pengambilan data dilakukan pada pagi hari (06.00-09.00 WIB) dan sore hari (15.00-18.00 WIB).



Gambar 1. Lokasi penelitian.

3.2. Analisis Data

Data yang didapatkan melalui survei dengan menggunakan kamera kemudian dilakukan perhitungan sehingga diperoleh kecepatan kendaraan yang melewati hambatan, serta data *time headway*. Kemudian data *time headway* digunakan untuk mencari nilai ekr. Data diolah dengan menggunakan program *Microsoft Excel*. Nilai ekr digunakan untuk mengubah satuan arus lalu lintas dari kendaraan menjadi satuan kendaraan ringan (skr). Setelah didapat data arus lalu lintas dalam satuan kendaraan ringan dan kecepatan kendaraan, selanjutnya dengan model *Greenshields* dicari hubungan matematis antara kecepatan, kepadatan dan arus sehingga didapat kecepatan saat arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan saat macet total (D_j). Dari data tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai gelombang kejut. Nilai kecepatan gelombang kejut yang diperoleh dipakai untuk menghitung waktu penormalan dan panjang antrian maksimum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Pada pengumpulan data yang telah dilakukan di lokasi ini terdapat 4 parameter yang akan dihitung dalam karakteristik arus lalu lintas yaitu nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR), kecepatan lalu lintas, volume lalu lintas, dan kepadatan lalu lintas.

4.2. Perhitungan Nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (ekr)

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai EKR dengan Analisis Rasio *Headway* pada Hari Senin

ekr	SENIN			
	PAGI		SORE	
	Jl.K. A. Haq- Komarudin	Jl. H. Komarudin- Jl.K. A. Haq	Jl.K. A. Haq- Jl. H. Komarudin	Jl. H. Komarudin-Jl. K. A. Haq
SM	0,36	0,63	0,65	0,56
KR	1	1	1	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

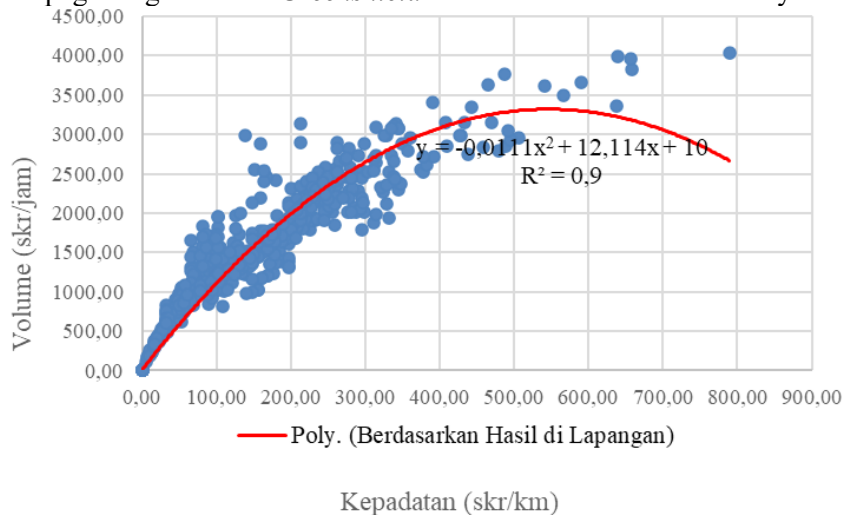
Tabel 3. Rekapitulasi Nilai EKR dengan Analisis Rasio *Headway* pada Hari Jumat

ekr	JUMAT			
	PAGI		SORE	
	Jl.K. A. Haq- Jl. H. Komarudin	Jl. H. Komarudin-Jl.K. A. Haq	Jl.K. A. Haq- Jl. H. Komarudin	Jl. H. Komarudin- Jl. K. A. Haq
	0,46	0,67	0,79	0,62
SM				
KR	1	1	1	1
Ekr Rata-rata				
SM		0,82		
KR		1		

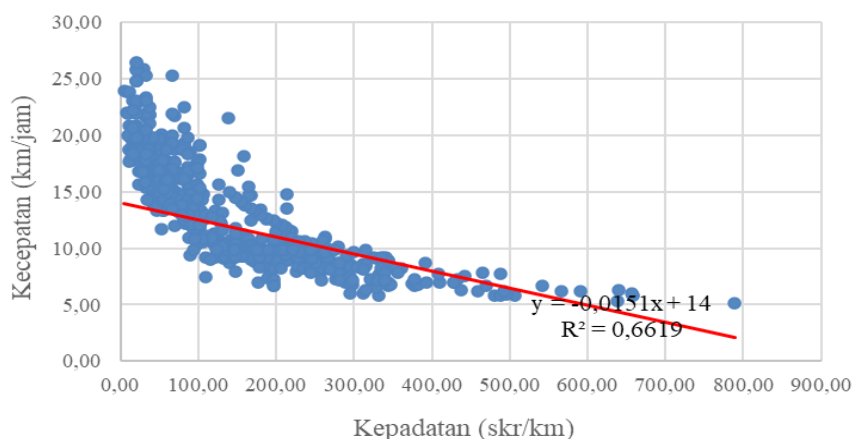
Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

4.3. Hubungan Antara Volume, Kecepatan, Kepadatan dengan metode *Greenshield*

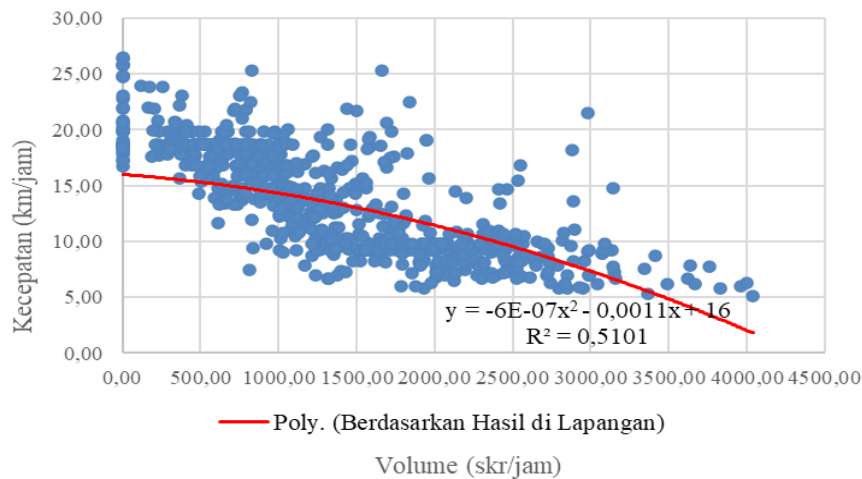
Di bawah ini ditampilkan grafik hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan hasil pengamatan pagi dengan Model *Greenshield* berdasarkan ekr rasio headway.



Gambar 2. Grafik hubungan antara volume (V) dan kepadatan (D).
Grafik Hubungan Antara S dan D



Gambar 3. Hubungan kecepatan (S) dan kepadatan (D).



Gambar 4. Hubungan volume (V) dan kecepatan (S).

4.5. Tundaan

Berikut ditampilkan data tundaan kendaraan hasil pengamatan di lapangan untuk pengamatan pagi.

Tabel 4. Tundaan yang terjadi akibat pelintasan sebidang jalan rel Jalan H. Komarudin menurut hasil perhitungan.

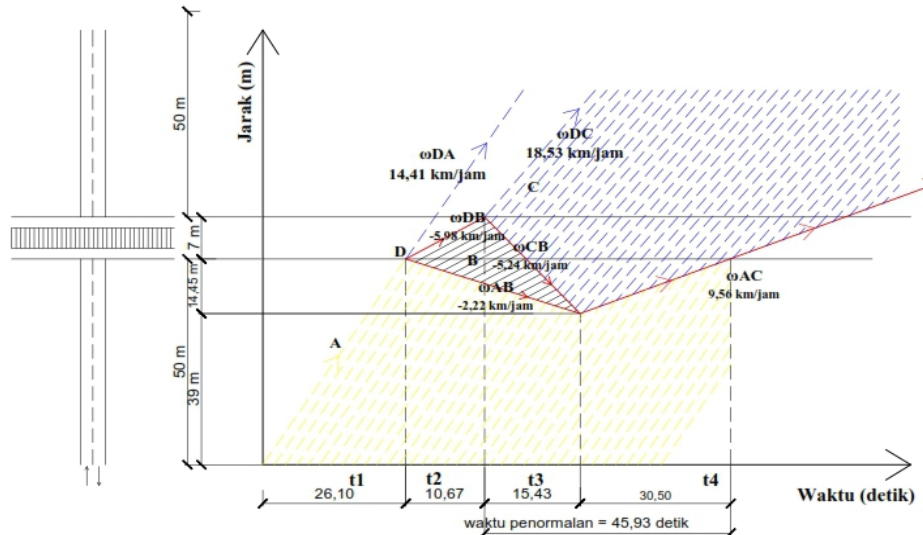
Antrian (kendaraan)	Antrian (meter)	t1-t2 (detik)	t2-t3 (detik)	t3-t4 (detik)	t0-t4 (detik)
0	0	1,7	1,71	4,61	11,86
1	4,5	2,92	2,96	4,25	13,82
2	9	4,74	4,7	4,5	16,4
3	13,5	6,1	4,89	4,43	16,52
5	22,5	5,48	4,66	4,4	14,9
6	27	6,87	6,09	4,33	17,43
7	31,5	7,25	6,69	5	19,03
8	36	8,65	7,81	4,29	20,53
9	40	10,89	9,66	8,89	27,48
Rata-rata					17,55

Pada Gambar 5 merupakan grafik antara jarak dan waktu dimana kemiringan garis mempengaruhi kecepatan kendaraan. Gambar di bawah berdasarkan nilai rata-rata nilai gelombang kejut, panjang antrian, dan waktu penormalan untuk pengamatan. Selama waktu antara t0 sampai t1 tidak terjadi hambatan pada arus lalu lintas sehingga arus lalu lintas bergerak ke arah hilir dengan arus kondisi A (VA, DA, SA).

Pada waktu t1, mulai terjadi hambatan yang menyebabkan antrian akibat adanya perlintasan dan kondisi arus lalu lintas berubah menjadi kondisi B (kondisi arus yang mengalami hambatan total), sedangkan kondisi arus lalu lintas setelah terjadi hambatan ke arah hilir berubah menjadi kondisi D. Gelombang kejut yang terjadi pada saat t1 yaitu $\omega_{da} = 14,41$ km/jam dan $\omega_{ab} = -2,22$ km/jam. Arus lalu lintas pada kondisi A, B, dan D menerus terjadi sampai dengan t2 dimana pada saat itu arus lalu lintas mengalami hambatan. Sebuah arus lalu lintas dengan kondisi baru akan terbentuk, yaitu arus lalu lintas pada kondisi C dimana pada waktu t2 garis henti arus lalu lintas akan meningkat dari VB menjadi jenuh (*saturated*).

Hal ini menyebabkan terbentuknya gelombang kejut baru pada selang waktu antara t2 sampai t3 yaitu $\omega_{dc} = 18,53$ km/jam dan $\omega_{cb} = -5,24$ km/jam. Arus lalu lintas pada kondisi D, C, B, dan A menerus terjadi sampai dengan ω_{ab} mencapai t3.

Pada waktu t_3 terbentuk 1 gelombang kejut baru yaitu gelombang kejut maju pemulihan $\omega_{ac} = 9,56$ km/jam. Antrean terbentuk dari t_1 hingga t_3 sepanjang 14,45 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 45,93 detik.



Gambar 5. Grafik jarak dan waktu periode waktu pagi.

Penelitian ini mengacu berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Sumarsono *et al.*, 2017), penelitiannya dilakukan dengan menggunakan metode rasio *time headway* dengan selanjutnya menggunakan model *Greenshield* untuk mengetahui nilai gelombang kejut di lokasi terjadinya hambatan diakibatkan oleh perlintasan sebidang jalan rel di Jalan Slamet Riyadi, Surakarta. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan di Jalan Haji Komarudin, Rajabasa Bandar Lampung. Terdapat perbedaan durasi survei pada penelitian sebelumnya yang dilakukan selama dua setengah jam dengan perhitungan *time headway* setiap 15 menit sedangkan pada penelitian ini dilakukan selama tiga jam pada pagi dan sore hari dan perhitungan *time headway* setiap 5 menit, hal ini didasarkan pada survei pendahuluan yang telah dilakukan untuk mengetahui waktu puncak (*peak hour*) arus lalu lintas yang terjadi pada jalan tersebut. Sehingga pada penelitian ini diperoleh pengaruh gelombang kejut terhadap kemacetan lalu lintas adalah peningkatan waktu perjalanan rata-rata dari 11,86 detik pada saat tidak ada antrian yang diakibatkan perlintasan sebidang jalan rel meningkat menjadi 17,55 detik pada saat terjadi antrean atau dengan kata lain gelombang kejut mengakibatkan penurunan kecepatan rata-rata dari 24,28 km/jam turun menjadi 15,77 km/jam.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Akibat perlintasan sebidang jalan rel secara berturut-turut diperoleh rata-rata volume lalu lintas maksimum sebesar 1728,23 SKR/jam; kecepatan lalu lintas sebesar 26,4 km/jam; dan kepadatan lalu lintas sebesar 189,23 SKR/km.
2. Gelombang kejut yang terjadi pada ruas Jalan H. Komarudin akibat antrian perlintasan sebidang jalan rel secara berturut-turut adalah sebagai berikut gelombang kejut maju bentukan (ω_{da}) sebesar 14,41 km/jam atau 3,69 m/detik; gelombang kejut mundur bentukan (ω_{ab}) sebesar -2,22 km/jam atau -0,61 m/detik; gelombang kejut maju pemulihan (ω_{dc}) sebesar 18,53 km/jam atau 11,14 m/detik; gelombang kejut mundur pemulihan (ω_{cb}) sebesar -5,24 km/jam atau -1,45 m/detik; dan gelombang kejut maju pemulihan (ω_{ac}) sebesar 9,56 km/jam atau 2,65 m/detik. Dengan panjang antrian rata-rata (Q_m) yang terjadi adalah sebesar 14,45 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Julianto, E.N., 2010. Hubungan Antara Kecepatan, Volume Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 12 (2), 151–160.
- KPUPR, B., 2004. UU No. 38 tahun 2004 tentang Jalan. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38*, 1–59.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 2017, 2017. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: SK.2574/AJ.403/DRJD/2017.
- PKJI, 2014. *Kapasitas Jalan Perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Sumarsono, A., MHM, A., and Noviyanti, I., 2017. Headway (Studi Kasus Perlintasan Kereta Purwosari Jl. Slamet Riyadi Surakarta), 1242–1257.
- Tamin, O.Z., 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Institut Teknologi Bandung. ITB.