

**Tinjauan Pengaruh Gelombang Kejut di Pintu Perlintasan Kereta Api
pada Kondisi Pintu Terbuka
(Studi Kasus Segmen Jalan Urip Sumoharjo-Kimaja)**

Sulthan Aditia Primo¹⁾

Sasana Putra²⁾

Rahayu Sulistyorini³⁾

Aleksander Purba⁴⁾

Abstract

This research is located at the intersection of a railroad crossing on Jalan Urip Sumoharjo, Bandar Lampung. The shock wave caused by this crossing causes the vehicle to slow down or delay. This study aims to determine the amount of delay with a shock wave approach based on the ekr value obtained from the headway ratio method.

The calculation of the shock wave value is based on the Greenshields linear model. Based on the headway ratio analysis, the equivalent value of light vehicles (ekr) for motorcycles (SM) is 0.60. The results of the morning observation showed an increase in travel time from 25.47 seconds to 31.29 seconds due to the queue of vehicles. In the calculation, the maximum shock wave value is $\omega_{ab} = -2.34$ km/hour, $\omega_{cb} = -8.48$ km/hour, and $\omega_{ac} = 6.99$ km/hour with a queue length of 13.5 m and a normalization time of 17.03 seconds. While the calculation results for afternoon observations obtained $\omega_{ab} = -14.92$ km/hour, $\omega_{cb} = -14.46$ km/hour, and $\omega_{ac} = 24.40$ km/hour with a queue length of 18 m and a normalization time of 17.73 seconds.

Keywords: Shock Wave, Headway Ratio, Greenshield Model, Delay, Queue Length

Abstrak

Penelitian ini berlokasi di persimpangan sebidang perlintasan kereta api pada Jalan Urip Sumoharjo, Bandar Lampung. Gelombang kejut akibat adanya perlintasan ini menyebabkan kendaraan menurunkan kecepatan atau tundaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tundaan dengan pendekatan gelombang kejut berdasarkan nilai ekr (ekivalen kendaraan ringan) yang didapat dari metode rasio *headway*.

Perhitungan nilai gelombang kejut berdasarkan model linier *Greenshields*. Berdasarkan analisis rasio *headway* didapatkan nilai ekivalen kendaraan ringan (ekr) untuk sepeda motor (SM) sebesar 0,60. Hasil penelitian pada pengamatan pagi menunjukkan peningkatan waktu tempuh dari 25,47 detik menjadi 31,29 detik akibat adanya antrian kendaraan. Pada perhitungan diperoleh nilai gelombang kejut maksimum $\omega_{ab} = -2,34$ km/jam, $\omega_{cb} = -8,48$ km/jam, dan $\omega_{ac} = 6,99$ km/jam dengan panjang antrian 13,5 m dan waktu penormalan 17,03 detik. Sedangkan hasil perhitungan untuk pengamatan sore diperoleh $\omega_{ab} = -14,92$ km/jam, $\omega_{cb} = -14,46$ km/jam, dan $\omega_{ac} = 24,40$ km/jam dengan panjang antrian 18 m dan waktu penormalan 17,73 detik.

Kata kunci : Gelombang Kejut, Rasio *Headway*, Model *Greenshield*, Tundaan, Panjang Antrian

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

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

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

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

1. PENDAHULUAN

Lampung merupakan sebuah provinsi paling selatan di Pulau Sumatera, dengan Ibukota bernama Bandar Lampung. Kota Bandar Lampung menjadi daerah yang dilalui oleh kereta api baik jenis batu bara rangkaian panjang, penumpang, maupun pengangkut barang. Sehingga terdapat banyak perlintasan kereta api yang bersimpangan dengan jalan raya. Hal ini tentunya menimbulkan masalah-masalah transportasi.

Persimpangan sebidang perlintasan kereta api di Jalan Urip Sumoharjo-Kimaja merupakan salah satu persimpangan kereta api yang ramai dilewati kendaraan. Jalan ini menghubungkan antara kecamatan Way Halim dan kecamatan Kedaton. Persimpangan kereta ini juga merupakan salah satu penyebab terjadinya kemacetan di Jalan Urip Sumoharjo-Kimaja.

Kondisi pada persimpangan kereta api di Jalan Urip Sumoharjo-Kimaja dapat digambarkan dengan studi gelombang kejut. Gelombang kejut memiliki 2 fase, yaitu ketika kendaraan mendekati perlintasan kereta api maka kecepatan akan diturunkan. Fase ini disebut dengan gelombang kejut bentukan. Kemudian ketika kendaraan sudah melewati perlintasan kereta api kecepatan mulai dinaikkan. Fase ini disebut dengan gelombang kejut penguraian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perlintasan Sebidang Jalan dengan Jalan Rel Kereta Api

Suatu simpang biasanya terbentuk dari pertemuan antara dua ruas jalan yang berbeda. Pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi seperti jalan dengan jalan rel merupakan bentuk pertemuan yang menimbulkan masalah sehingga diperlukan peranan sistem kontrol pada pertemuan jalur prasarana transportasi tersebut sehingga dapat mengurangi masalah transportasi seperti panjang antrian dan tundaan. Pertemuan dua jenis jalur prasarana tersebut yang dinamakan dengan perlintasan. (Amal et al., 2002)

2.2. Waktu Antara (*Time Headway*)

Waktu Antara (*Time Headway*) adalah waktu antara dua kendaraan yang berurutan ketika melalui titik pada suatu jalan. Waktu antara antar kendaraan-kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan stop watch. (Habibie, 2010)

2.3. Arus dan Volume Lalu Lintas

Arus Lalu lintas adalah jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) atau dalam (PKJI, 2014) disebut ekuivalen kendaraan ringan (ekr) yang melalui suatu potongan melintang jalan dalam satuan waktu tertentu. Arus lalu lintas disebut sebagai jumlah kendaraan bermotor yang melewati satu titik pada suatu penggal jalan per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan kend/jam (Q_{kend}), atau skr/jam (Q_{skr}), atau akr/hari (LHRT). Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan karakteristiknya akan bervariasi baik berdasarkan lokasi maupun waktunya (PKJI, 2014). Sedangkan volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari satu segmen/ruas jalan selama waktu tertentu. (Kumalawati et al., 2021)

2.4. Kecepatan

Kecepatan didefinisikan sebagai laju perjalanan, biasanya dinyatakan dalam km/jam (Kumalawati et al., 2021). Persamaan mendasar untuk menghitung kecepatan adalah:

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

Keterangan:

S = Kecepatan (km/jam)

d = Jarak perjalanan (km)

t = Waktu perjalanan (jam)

2.5. Kepadatan

Kepadatan dapat didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur yang ada pada umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan tiap kilometer. (Julianto, 2010)

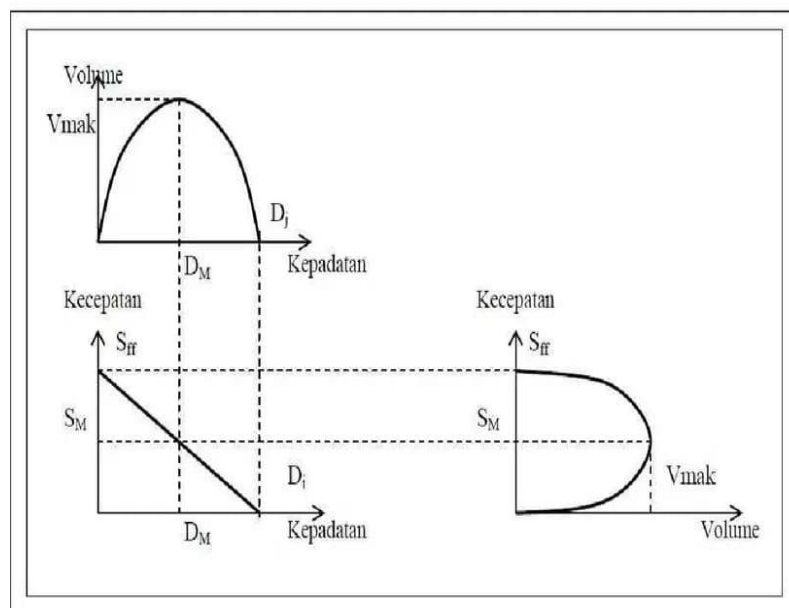
$$D = \frac{n}{L} \quad (2)$$

Dimana:

D = kepadatan (skr/km)

2.6. Hubungan antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Berikut adalah grafik hubungan matematis antara volume/arus, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas:



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

2.7. Tundaan

Tundaan disebut sebagai waktu tempuh tambahan yang diperlukan kendaraan untuk melewati suatu simpang dibandingkan pada situasi tanpa simpang. Terdapat dua jenis tundaan yang dapat terjadi di dalam arus lalu lintas, yaitu tundaan tetap dan tundaan operasional. (PKJI, 2014)

2.8. Greenshield

Greenshield merumuskan bahwa hubungan matematis kecepatan-kepadatan diasumsikan linear. (Tamin, 2000)

Tabel 1. Rangkuman Persamaan yang Dihasilkan Model *Greenshield*

Hubungan	Persamaan yang Dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang Dihasilkan
$\frac{Sff}{Dj} \frac{Dj \cdot Sff}{4} S - D$	$S = Sff - x D$	VM	$VM = \frac{Dj \cdot Sff}{4}$
$\frac{Sff}{Dj} \frac{Sff}{2} V - D$	$V = D \cdot Sff - \cdot D2$	SM	$SM = \frac{Sff}{2}$
$\frac{Dj}{Sff} \frac{Dj}{2} V - S$	$V = Dj \cdot S - \cdot S2$	DM	$DM = \frac{Dj}{2}$

Sumber : (Tamin, 2000)

2.9. 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. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Survei Pendahuluan

Lokasi yang dipilih pada penelitian ini adalah perlintasan kereta api yang terletak di Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Kimaja, Bandar Lampung.



Gambar 2. Lokasi penelitian.

Waktu penelitian dilakukan pada waktu puncak (*peak hour*) selama 2 hari pada pagi dan sore hari. Pengambilan data dilakukan pada pagi hari (06.00-08.00 WIB) dan sore hari (16.00-18.00 WIB).

Dalam melakukan survei pendahuluan digunakan peralatan sebagai berikut:

1. Kamera, digunakan untuk merekam arus lalu lintas.
2. Meteran, digunakan untuk mengukur kondisi geometri jalan.
3. Lembar kerja, digunakan untuk mencatat data.
4. Penanda titik pengamatan.

Data yang akan diambil selama survei adalah:

1. Kecepatan kendaraan
2. Arus lalu lintas
3. Kepadatan lalu lintas
5. *Time headway*
6. Panjang antrian
7. Tundaan
8. Waktu penormalan

3.2. Desain Survei

Desain survei dilakukan untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian dan menentukan titik penempatan *surveyor*. Untuk mengetahui kecepatan kendaraan diperlukan jarak penggal jalan. Total jarak penggal jalan yang digunakan untuk pengamatan kecepatan pada penelitian ini adalah 107 meter, yaitu 50 meter sebelum jalan rel kereta api, 7 meter untuk area perlintasan kereta api, dan 50 meter sesudah jalan rel kereta api.

Data tundaan dan waktu penormalan didapatkan saat kendaraan mulai memasuki perlintasan kereta api. Tundaan didapat dari menghitung waktu yang hilang akibat adanya perlintasan kereta api. Sedangkan penghitungan waktu penormalan dimulai saat kendaraan meninggalkan perlintasan kereta api sampai jarak yang telah ditentukan sebelumnya oleh peneliti.

3.3. Survei Primer

Survei primer dilakukan untuk mendapatkan data arus lalu lintas (volume), data kecepatan (kecepatan rerata ruang), *time headway*, tundaan dan waktu penormalan pada ruas jalan yang diteliti.

3.4. Analisis Data

Untuk dapat melakukan analisis data, maka semua data yang dibutuhkan harus sudah diperoleh. Data yang dibutuhkan adalah data jumlah arus lalu lintas yang didapatkan dari hasil perhitungan jumlah MC, LV, dan HV yang melewati hambatan yang diteliti, 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).

Selanjutnya adalah mencari hubungan matematis antara kecepatan, kepadatan dan arus agar dapat memperoleh kecepatan saat arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan saat macet total (D_j). Barulah data di atas dapat digunakan untuk mendapatkan nilai gelombang kejut. Nilai kecepatan gelombang kejut yang diperoleh dapat digunakan untuk memperoleh waktu penormalan dan tundaan yang terjadi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Penelitian

Lokasi pengambilan data berada di Jalan Urip Sumoharjo, Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung pada hari Senin, 8 November 2021 pukul 06.00-08.00 WIB dan Jumat, 12 November 2021 pukul 16.00-18.00. Ruas jalan di lokasi penelitian terdiri dari 2 lajur 2 arah tidak terbagi, 1 arah menuju ke Jalan Teuku Umar dan 1 arah lainnya menuju ke Jalan Ki Maja. Penelitian ini akan menghitung 4 aspek 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)

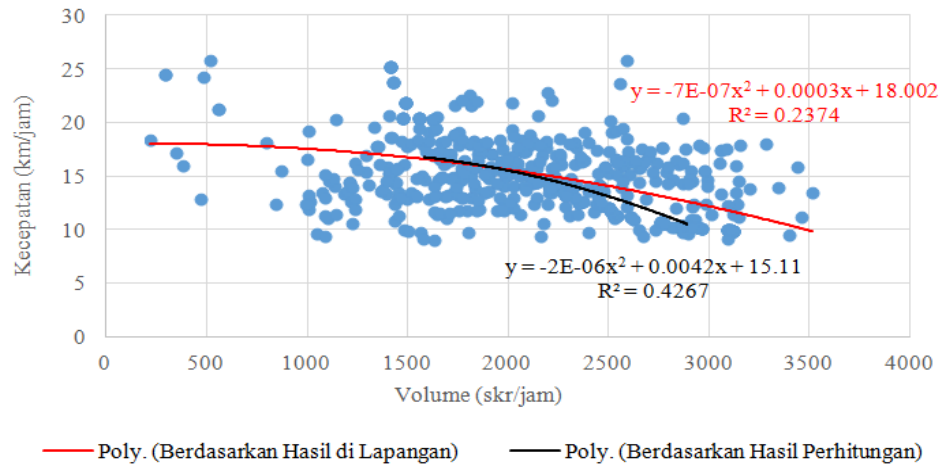
Tabel 2. Rekapitulasi Nilai EKR dengan Analisis Rasio *Headway*

ekr	PAGI		SORE		ekr Rata-rata
	Urip - Teuku Umar	Urip - Ki Maja	Urip - Teuku Umar	Urip - Ki Maja	
SM	0.56	1.12	0.3	0.43	0.60
KR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
KB	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30

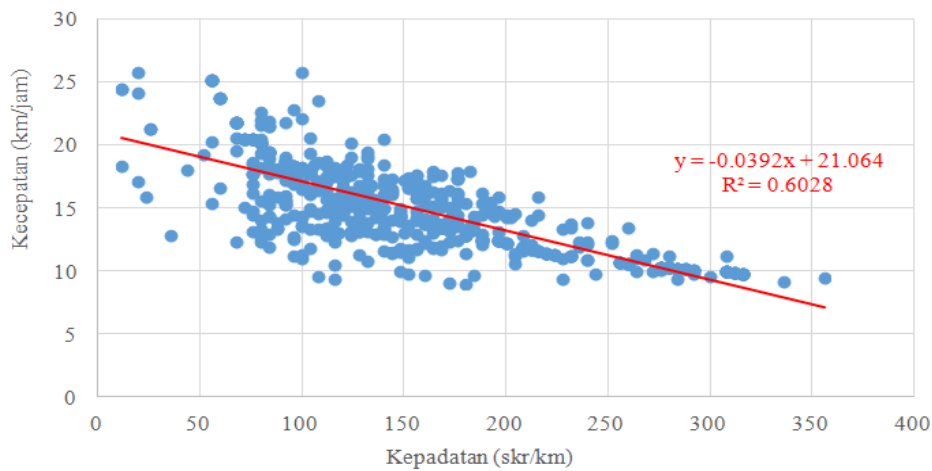
Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

4.3. Hubungan Antara Volume, Kecepatan, dan Kerapatan dengan Metode *Greenshields*

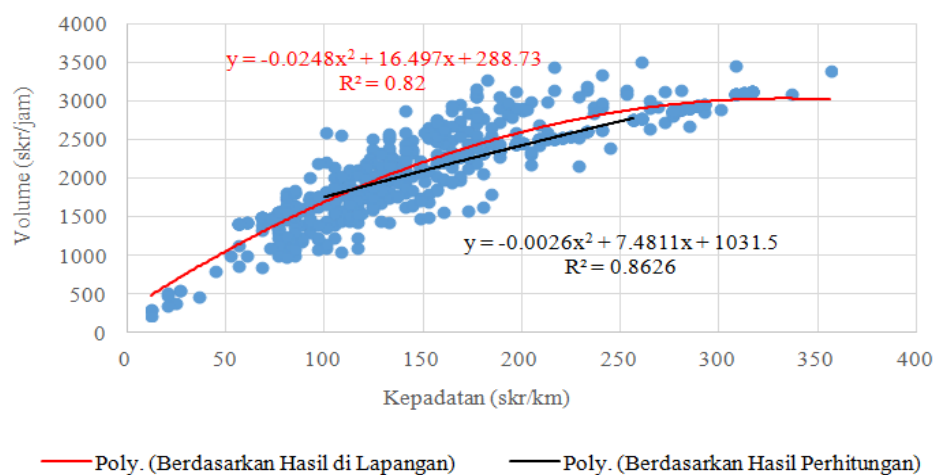
Di bawah ini ditampilkan grafik hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan hasil pengamatan pagi dengan Model *Greenshield* berdasarkan ekr rasio headway.



Gambar 3. Hubungan volume dan kepadatan periode waktu sore.



Gambar 4. Hubungan kecepatan dan kepadatan periode waktu sore.



Gambar 5. Hubungan volume dan kecepatan periode waktu sore.

4.5. Tundaan

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

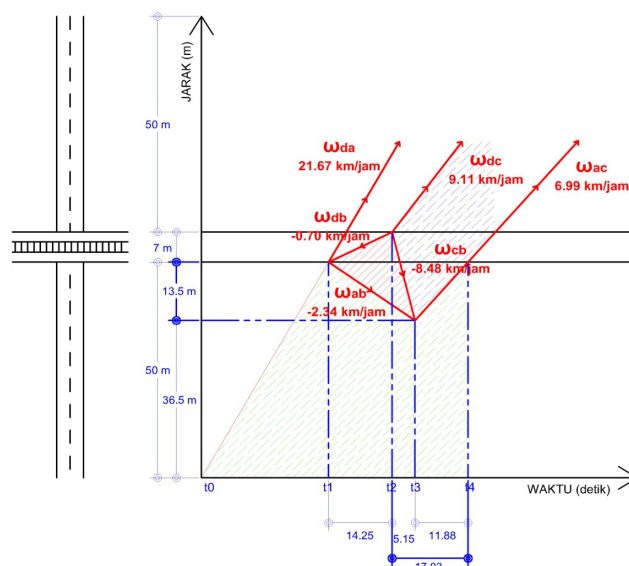
Tabel 3. Tundaan yang Terjadi Akibat Perlintasan Rel Kereta Api Periode Waktu Pagi

Antrian (kendaraan)	Antrian (meter)	t1-t2 (detik)	t2-t3 (detik)	t3-t4 (detik)	t0-t4 (detik)
0	0	8.44	5.59	11.44	25.47
1	4.5	9.88	5.19	10.48	25.55
2	9	11.93	5.12	10.74	27.79
3	13.5	14.25	5.15	11.88	31.29

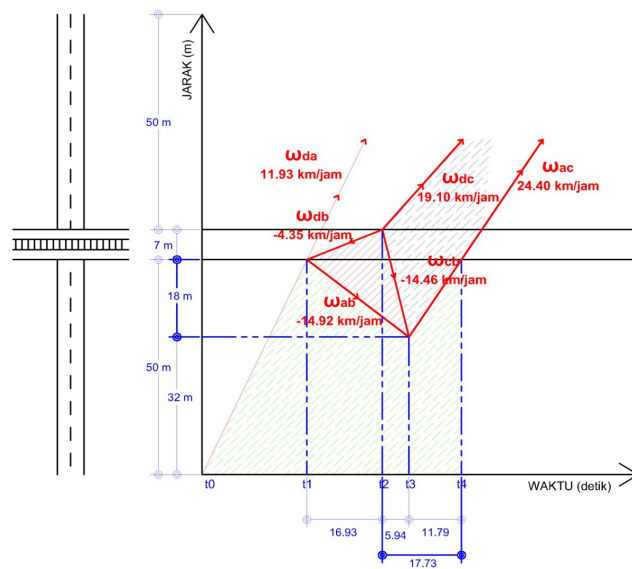
Tabel 4. Tundaan yang Terjadi Akibat Perlintasan Rel Kereta Api Periode Waktu Sore

Antrian (kendaraan)	Antrian (meter)	t1-t2 (detik)	t2-t3 (detik)	t3-t4 (detik)	t0-t4 (detik)
0	0	9.43	5.22	10.90	25.55
1	4.5	10.68	5.65	11.33	27.65
2	9	13.52	5.65	12.92	32.09
3	13.5	16.05	5.47	11.08	32.60
4	18	16.93	5.94	11.79	34.66

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4. Pada pengamatan pagi, diperoleh nilai tundaan sebesar 2,73 detik, antrian sepanjang 13,5 meter, waktu penormalan sebesar 17,03 detik, dan peningkatan waktu tempuh akibat adanya antrian kendaraan dari 25,47 detik menjadi 31,29 detik, atau meningkat sebesar 5,82 detik. Pada pengamatan sore, diperoleh nilai tundaan sebesar 6,20 detik, antrian sepanjang 18 meter, waktu penormalan sebesar 17,73 detik, dan peningkatan waktu tempuh akibat adanya antrian kendaraan dari 25,55 detik menjadi 34,66 detik, atau meningkat sebesar 9,51 detik. Nilai-nilai yang sudah diperoleh selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik jarak dan waktu. Berikut ditampilkan grafik jarak dan waktu.



Gambar 6. Grafik jarak dan waktu periode waktu pagi.



Gambar 7. Grafik jarak dan waktu periode waktu sore.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan (Amal *et al.*, 2002) dalam kondisi palang pintu lintasan kereta api tertutup menghasilkan tundaan terbesar selama 968 detik dan mengakibatkan antrian terpanjang sebesar 184 meter. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan dalam kondisi palang pintu lintasan terbuka atau dalam kondisi tidak ada kereta yang melintas. Sehingga hambatan yang terjadi hanya berasal dari perbedaan geometri jalan. Menghasilkan tundaan terbesar selama 6,2 detik dan mengakibatkan antrian terpanjang sebesar 18 meter.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh tundaan yang terjadi. Pada pengamatan pagi, besar tundaan yang diperoleh sebesar 2,73 detik, yang mengakibatkan antrian kendaraan sepanjang 13,5 meter dengan waktu penormalan sebesar 17,03 detik. Pada pengamatan sore, besar tundaan yang diperoleh sebesar 6,2 detik, yang mengakibatkan antrian kendaraan sepanjang 18 meter dengan waktu penormalan sebesar 17,73 detik.

Berdasarkan metode analisis gelombang kejut (*shock wave*) menunjukkan pengaruh peningkatan waktu tempuh kendaraan saat melintasi Perlintasan Kereta Api. Pada pengamatan pagi, hasil perhitungan menunjukkan peningkatan waktu tempuh dari 25,47 detik saat lalu lintas normal meningkat menjadi 31,29 detik saat adanya antrian kendaraan, atau meningkat sebesar 5,82 detik. Pada pengamatan sore, diperoleh peningkatan waktu tempuh akibat adanya antrian kendaraan dari 25,55 detik menjadi 34,66 detik, atau meningkat sebesar 9,51 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, A.S., Pudjianto, B., and Mujihartono, E., 2002. Pengaruh Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Tundaan dan Panjang Antrian Kendaraan pada Jalan Raya Malang - Surabaya Km.101. *PILAR*, 11 (2), 88–91.
- Habibie, Z., 2010. Pengaruh Median pada Ruas Jalan Limboto – Isimu. *RADIAL*, 1 (1), 11–15.

- 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.
- Kumalawati, A., Utomo, S., Frans, J.H., and Nasjono, J.K., 2021. Hubungan Volume dan Kecepatan Lalu Lintas Terhadap Kinerja Jalan Ahmad Yani Kota Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 10 (2), 139–150.
- PKJI, 2014. *Kapasitas Jalan Perkotaan*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Tamin, O.Z., 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung: ITB.