

Analisis Gelombang Kejut Antrean Lalu Lintas pada Perlintasan Sebidang KA Kebon Pedes dengan Model Greenshields

Fabian D. Izaz¹, Rulhendri, Nurul Chayati, Endang Sudrajat

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: davin.one22@gmail.com, rulhendri@gmail.com, nurulais12345@gmail.com,
endang.sudrajat@ft.uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

Palang pintu perlintasan sebidang di Jalan Kebon Pedes, Kota Bogor, merupakan salah satu titik kemacetan krusial akibat tingginya frekuensi perjalanan kereta api *Commuter Line* yang memicu antrean kendaraan panjang pada jam sibuk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aliran lalu lintas makroskopis serta mengevaluasi fenomena pembentukan dan penguraian antrean menggunakan kombinasi model Greenshields dan Teori Gelombang Kejut (*Shockwave Theory*). Data primer diperoleh melalui survei pencacahan volume lalu lintas, kecepatan, dan kepadatan kendaraan di lokasi studi. Hasil pemodelan Greenshields menunjukkan hubungan linier antara kecepatan (S) dan kepadatan (D) dengan persamaan $S = 28,37 - 0,17D$. Dari hubungan ini diperoleh nilai kecepatan arus bebas (S_f) sebesar 28,37 km/jam, kepadatan jenuh (D_j) sebesar 165,58 smp/km, dan kapasitas jalan maksimum (VM) teoritis sebesar 1174,51 smp/jam. Berdasarkan analisis gelombang kejut dengan durasi penutupan palang pintu selama 70 detik, diperoleh nilai gelombang kejut mundur bentukan (ω_{AB}) sebesar -6,30 km/jam dan gelombang kejut mundur pemulihan (ω_{CB}) sebesar -14,19 km/jam. Fenomena ini menghasilkan panjang antrean kendaraan maksimum (QM) mencapai 220,25 meter dari garis henti. Waktu yang diperlukan untuk mengurai seluruh antrean setelah pintu dibuka kembali adalah 55,89 detik, dengan total waktu penormalan lajur secara keseluruhan mencapai 101,52 detik. Hasil ini mengindikasikan perlunya manajemen lalu lintas yang adaptif atau pembangunan infrastruktur vertikal seperti underpass atau flyover guna mengeliminasi konflik sebidang di masa mendatang.

Kata Kunci: Antrean, Gelombang Kejut, Greenshields, Perlintasan Sebidang, Kapasitas Jalan.

ABSTRACT

The railway level crossing on Kebon Pedes Road, Bogor City, is a crucial congestion bottleneck due to the high frequency of *Commuter Line* train operations, which triggers long vehicle queues during peak hours. This study aims to analyze macroscopic traffic flow characteristics and evaluate queue formation and dissipation phenomena using a combination of the Greenshields model and Shockwave Theory. Primary data were obtained through traffic volume counts, speed, and vehicle density surveys at the study location. The results of the Greenshields modeling demonstrate a linear relationship between speed (S) and density (D), expressed by the equation ($S = 28.37 - 0.17D$). From this relationship, the free-flow speed (S_{ff}) was determined to be 28.37 km/h, the jam density (D_j) was 165.58 pcu/km, and the theoretical maximum road capacity (VM) was 1,174.51 pcu/h. Based on the shockwave analysis with a gate closure duration of 70 seconds, the backward forming shockwave (ω_{AB}) was calculated at -6.30 km/h, and the backward recovery shockwave (ω_{CB}) was -14.19 km/h. This phenomenon resulted in a maximum vehicle queue length (QM) reaching 220.25 meters from the stop line. The time required to fully dissipate the queue after the gate reopened was 55.89 seconds, with the total time for overall lane normalization reaching 101.52 seconds. These results indicate the need for adaptive traffic management or the construction of vertical infrastructure, such as underpasses or flyovers, to eliminate level crossing conflicts in the future.

Key words: Queue, Shockwave, Greenshields, Level Crossing, Road Capacity.

Submitted:
25 Mei 2026

Reviewed:
15 Juni 2026

Revised
18 Juli 2026

Published:
01 Agustus 2026

PENDAHULUAN

Transportasi sudah menjadi bagian penting bagi aktivitas keseharian masyarakat, sehingga kelancaran jalur sistem transportasi sangat berpengaruh terhadap mobilitas masyarakat terhadap aktivitasnya, dan berpengaruh pada pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Khususnya di kecamatan Tanah Sereal, jalan Kebon Pedes

memiliki peran yang penting dan strategis sebagai jalur pendistribusian barang, jalur penghubung antara kawasan pemukiman dan kota serta sebagai pusat kegiatan sehari – hari masyarakat. Akan tetapi, Kondisi jalur transportasi di jalan Kebon Pedes masih memiliki permasalahan. Salah satu permasalahannya yakni adanya perlintasan satu jalur antara jalan raya dengan jalur kereta api

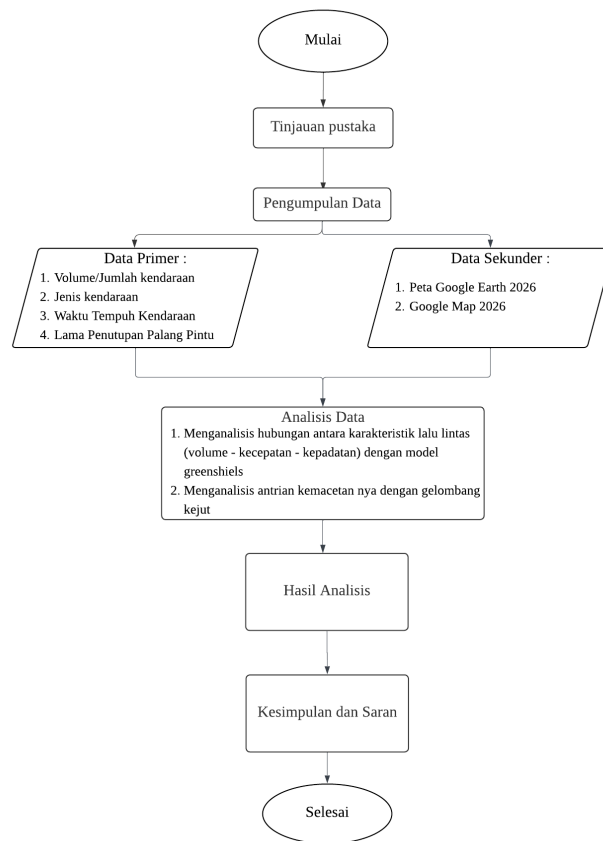
(KRL *Commuter Line* Bogor – Jakarta). Perlintasan ini sering menjadi penghambat bagi masyarakat yang melintas di karenakan sering terjadi kemacetan di sana, Terutama di jam sibuk pagi dan sore hari, diakibatkan penutupan palang pintu rel kereta. Sehingga menyebabkan lamanya waktu tempuh perjalanan, menurunnya kenyamanan pengendara dan meningkatnya resiko kecelakaan lalulintas.

Sehingga diperlukannya kajian antrian kemacetan tersebut menggunakan gelombang kejut dengan meode greenshield, guna mengatasi permasalahan lalulintas di jalan kebon pedes. Melalui proposal ini semoga mendapat solusi yang efektif dan efisien, seperti pengaturan lalulintas, peningkatan infrastruktur, atau alternatif oenanganan pelintasan sejalur ini, sehingga sistem transportasi bisa menjadi aman, dan lancar bagi masyarakat setempat.

Menurut Sugendra R. (2023). Penutupan perlintasan kereta api di Jalan Perintis Kemerdekaan sering menyebabkan antrean kendaraan di Jalan Gatot Subroto. Kepadatan yang terjadi di Jalan Perintis Kemerdekaan berdampak pada terjadinya kemacetan jalan dan keterlambatan kecepatan kendaraan. Hasil pengamatan selama empat jam menunjukkan bahwa nilai keterlambatan dapat disimpulkan dengan analisis gelombang kejut. Nilai gelombang kejut yang terbentuk ke depan (ωda) pada pengamatan pagi adalah 20,72 km/jam dan pada pengamatan sore adalah 9,08 km/jam; sedangkan nilai gelombang kejut yang terbentuk ke belakang (ωab) pada pagi hari adalah 1,32 km/jam dan pada sore hari adalah 1,07 km/jam; dan gelombang kejut yang terbentuk ke depan (ωdc) pada pagi hari adalah 5,17 km/jam dan pada sore hari adalah 1,98 km/jam. juga dengan nilai -10,64 km/jam untuk gelombang kejut pemulihan mundur (ωcb) di pagi hari dan -4,10 km/jam di sore hari; sedangkan untuk gelombang kejut stasioner frontal (ωac) nilainya adalah 4,73 km/jam di pagi hari dan 1,75 km/jam di sore hari. Peningkatan waktu jarak tempuh naik dari 4,25 menjadi 7,6925 detik di pagi hari dan dari 10,68 menjadi 21,196 detik di sore hari.

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan analisis antrian lalu lintas menggunakan teori gelombang kejut dengan model greenshields pada palang pintu rel kebon pedes ini disajikan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* pada Gambar 1 berikut ini.



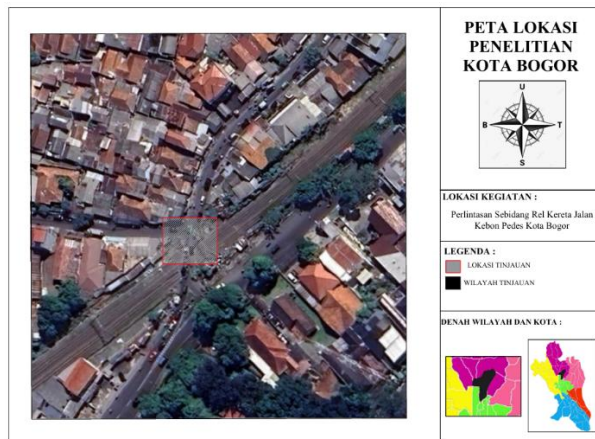
Gambar 1. Diagram alir penelitian
(Sumber: Hasil analisis)

Penelitian ini dimulai dengan persiapan survei lapangan serta penetapan tujuan penelitian. Tinjauan pustaka ini dilakukan untuk memahami konsep dasar karakteristik arus lalu lintas (kecepatan, volume, dan densitas), mekanisme terbentuknya gelombang kejut (*shockwave*) akibat gangguan/penutupan perlintasan rel kereta api, serta penerapan model Greenshields dalam menganalisis hubungan parameter lalu lintas tersebut. Hal ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini dibandingkan studi-studi terdahulu. Data dikumpulkan dalam dua bentuk: data primer melalui pengambilan data langsung di lapangan berupa data volume, kecepatan, dan lama penutupan palang pintu rel kereta di jalan Kebon Pedes, Kec. tanah Sareal, Kota Bogor.

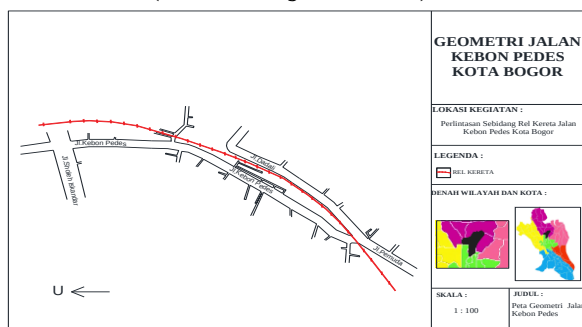
Metode

Tempat lokasi penelitian dilaksanakan di ruas Jalan Kebon Pedes palang pintu perlintasan sebidang kereta api arah Jl. Soleh Iskandar – Jl. Dadali. RT 02 / RW 03. Kelurahan Kebon Pedes, Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor.– Jawa Barat 16126 dengan koordinat *latitude*: -6.577903 dan *longitude*: 106.797203. Waktu Pengambilan data dimulai dari bulan September 2024 sampai

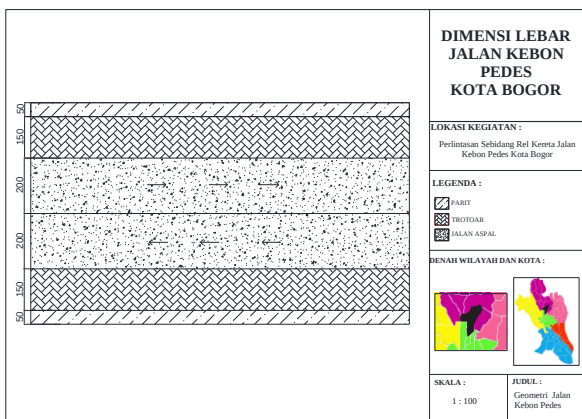
dengan April 2025. Denah lokasi penelitian diperlihatkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Lokasi penelitian
(Sumber: Google Earth Pro)



Gambar 3. Geometri Jalan Kebon Pedes
(Sumber: Hasil Penelitian)



Gambar 4. Detail geometrik jalan Kebon Pedes
(Sumber: hasil penelitian)

Penelitian ini dilakukan untuk menilai Seberapa pengaruh nya perlintasan sebidang rel kereta api pada jalan Kebon Pedes ini, dilihat sebagai mana masyarakat di sana selalu beraktivitas menggunakan jalan tersebut untuk perlintasan kabupaten menuju kota. Dan sudah menjadi jalan alternatif utama bagi masyarakat sekitar maupun masyarakat luar yang melintasi jalan tersebut, serta daerah sekitar sana sudah banyak sekolah – sekolah yang berdiri sehingga ruinitas pengguna jalan di Kebon Pedes setiap hari bisa di lalui anak yang berangkat sekolah.

ANALISIS DATA

Analisis data yang di didapatkan saat survei yakni data volume dan kecepatan untuk memperoleh data kepadatan nya lalu hubungan antara ketiga itu kemudian dianalisis menggunakan model greensield sehingga bisa diperoleh persamaan hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan arus lalu lintasnya. Di lanjut dengan menganalisis panjang antrian nya menggunakan teori gelombang kejut dan mendapatkan hasil analisisnya seberapa panjang antrian yang terjadi dan proses kemacetan nya juga yang menghasilkan grafik diagram jejak di perlintasan sebidang ruas jalan Kebon Pedes ini.. Kesimpulan dan saran kemudian disusun sebagai dasar untuk upaya mitigasi yang bertujuan mengurangi tingkat kemacetan dan kenyamanan masyarakat yang melintasi ruas jalan tersebut dan bisa jadi faktor keselamatan dan keamanan pengguna jalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume lalu lintas yang di tinjau di Lokasi palang rel pintu kereta perlintasan sebidang Kebonpedes arah jalan Kebonpedes – Jalan Dadali. Peninjauan di bagi berdasarkan jenis kendaraan nya dari Sepeda Motor (SM), Kendaraan Ringan (KR) yakni angkot, mobil pribadi dan pickup, Kendaraan Sedang (KS) yakni truk 2 gandar atau bus sedang, dalam interval waktu 15 menit. Data yang di dihasilkan dari pengamatan tersebut adalah data primer yang di peroleh dari survei secara langsung di lapangan.

Tabel 1. Data satuan volume perlintasan KA Kebon Pedes

Waktu	Sepeda Motor (SM)	Kendaraan Ringan (KR)	Kendaraan Sedang (KS)	Total Kendaraan kend/15menit
7.00 - 7.15	288	35	2	325
7.15 - 7.30	361	27		388
7.30 - 7.45	350	27		377
7.45 - 8.00	300	33	3	336
8.00 - 8.15	363	28	1	392
8.15 - 8.30	325	33	1	359
8.30 - 8.45	306	31		337
8.45 - 09.00	390	30		420
11.00 - 11.15	355	30	1	386

11.15 - 11.30	307	17		324
11.30 - 11.45	251	24		275
11.45 - 12.00	290	30		320
12.00 - 12.15	380	35	2	417
12.15 - 12.30	330	33	2	365
12.30 - 12.45	293	27		320
12.45 - 13.00	402	30		432
16.00 - 16.15	367	64		431
16.15 - 16.30	321	53	6	380
16.30 - 16.45	489	51	1	541
16.45 - 17.00	732	42	4	778
17.00 - 17.15	645	59	2	706
17.15 - 17.30	572	43		615
17.30 - 17.45	445	42	1	488
17.45 - 18.00	561	39	1	601
16.00 - 16.15	367	64		431
16.15 - 16.30	321	53	6	380
16.30 - 16.45	489	51	1	541
Total				10.313

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Data lain yang di ambil selain volume Adalah kecepatan dan kepadatan, Data kecepatan kendaraan Adalah data primer yang di ambil secara langsung dari lapangan bisa di hitung secara manual atau digital, untuk surevi kami menggunakan cara digital yakni dengan aplikasi penghitung kecepatan kendaraan. Sedangkan Kepadatan bisa di ambil dari persamaan $V = D \times S$, dengan adanya data volume dan kecepatan kendaraan bisa di dapat hasil kepadatan dari persamaan tersebut.

Tabel 1. Data kecepatan dan kepadatan untuk hubungan S - D

Waktu	D = V/S=Xi		S = Yi (km/jam)
	X	Y	
7.00 - 7.15	21,21	20,63	
7.15 - 7.30	16,37	28,65	
7.30 - 7.45	19,90	23,02	
7.45 - 8.00	18,21	24,51	
8.00 - 8.15	20,27	23,67	
8.15 - 8.30	19,28	23,95	
8.30 - 8.45	15,64	27,49	
8.45 - 09.00	18,01	28,33	
11.00 - 11.15	20,04	23,94	
11.15 - 11.30	15,79	23,75	
11.30 - 11.45	13,18	26,32	
11.45 - 12.00	16,02	25,59	
12.00 - 12.15	21,54	24,59	
12.15 - 12.30	19,94	23,65	
12.30 - 12.45	15,79	25,40	
12.45 - 13.00	20,64	25,29	
16.00 - 16.15	23,28	26,76	
16.15 - 16.30	22,84	24,60	
16.30 - 16.45	30,35	22,99	
16.45 - 17.00	36,76	25,01	
17.00 - 17.15	36,68	24,28	
17.15 - 17.30	42,78	17,39	
17.30 - 17.45	25,01	24,70	
17.45 - 18.00	30,07	24,00	
X	22,48	24,52	

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Tabel 2, dari volume kendaraan sudah menjadi volume satuan mobil penumpang dengan satuan nya masing – masing, sepeda motor (SM) = 0,25, kendaraan ringan (KR) = 1, dan kendaraan sedang (KS) = 1,2, menurut standar PKJI 2023 untuk masing masing SMP-nya. Di sini (SM) untuk kategori motor, (KR) untuk kategori mobil pribadi, angkot dan mobil pickup, seedangkan untuk (KS) adalah truk gandar 2 dan bus sedang.

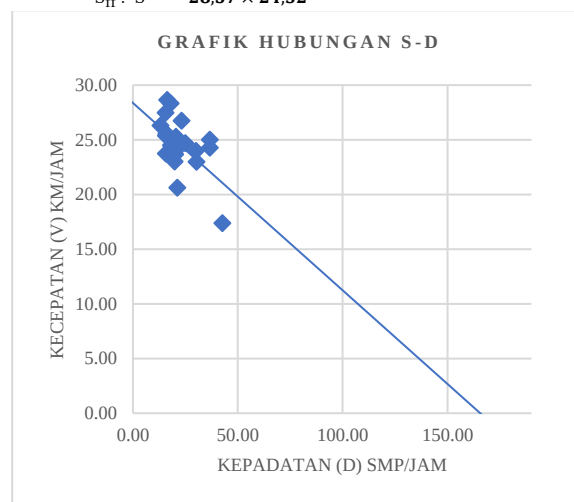
Tabel 2 menampilkan data yang di perlukan untuk hubungan S – D, yaitu hubungan antara kecepatan dan kepadatan yang di mana di lanjutkan sengan perhitungan data – data lain sebagai berikut.

$$S = 24,52 \text{ Km/jam}$$

$$D = 22,48 \text{ Kend/Jam}$$

$$S_{ff} = \frac{S \cdot D_j}{D_j \cdot D} = \frac{24,52 \times 165,58}{165,58 - 22,48} = 28,37 \text{ km/jam}$$

$$D_j = \frac{S_{ff} \cdot D}{S_{ff} \cdot S} = \frac{28,37 \times 22,48}{28,37 \times 24,52} = 165,58 \text{ SMP/jam}$$



Gambar 5. Hasil grafik hubungan S – D
(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan grafik hubungan $S - D$, atau hubungan kecepatan dan kepadatan yang diperoleh dari hasil Tabel 2 dan perhitungan di atas yang menghasilkan grafik hubungan yang bersifat linier atau menurun kebawah. Juga di dapatkan persamaan matematis hubungan kecepatan dan kepadatan $S = 28,37 - 0,17D$.

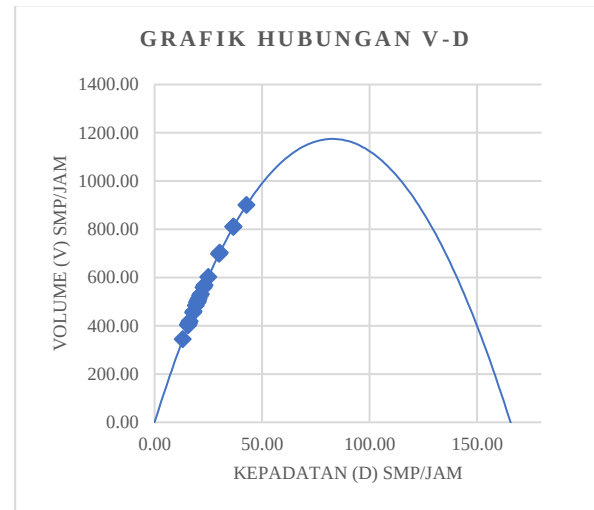
Tabel 2. Data kepadatan dan volume untuk hubungan V - D

Waktu	D = V/S=Xi	V (smp/jam)
	X	Y
7.00 - 7.15	21,21	524,76
7.15 - 7.30	16,37	418,61
7.30 - 7.45	19,90	496,68
7.45 - 8.00	18,21	459,96
8.00 - 8.15	20,27	504,73
8.15 - 8.30	19,28	483,44
8.30 - 8.45	15,64	401,89
8.45 - 09.00	18,01	455,32
11.00 - 11.15	20,04	499,88
11.15 - 11.30	15,79	405,23
11.30 - 11.45	13,18	344,29
11.45 - 12.00	16,02	410,57
12.00 - 12.15	21,54	531,66
12.15 - 12.30	19,94	497,65
12.30 - 12.45	15,79	405,30
12.45 - 13.00	20,64	512,72
16.00 - 16.15	23,28	567,76
16.15 - 16.30	22,84	558,60
16.30 - 16.45	30,35	703,25
16.45 - 17.00	36,76	811,38
17.00 - 17.15	36,68	810,14
17.15 - 17.30	42,78	900,13
17.30 - 17.45	25,01	602,41
17.45 - 18.00	30,07	698,26

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Tabel 2, hubungan V - D, yaitu hubungan antara volume dan kepadatan yang di perlukan untuk mencari grafik hubungan V - D. Dan data tabel ini untuk variabel (X) adalah kepadatan data primer atau data hasil survei lapangan dan untuk variabel (Y) adalah data yang di dapat dari persamaan hubungan V - D, berikut satu contoh perhitungannya:

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2 = 21,21 \times 28,37 - \frac{28,27}{165,58} \cdot 21,21^2 = 524,76 \text{ SMP/jam}$$



Gambar 6. Hasil grafik hubungan V - D
(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Hasil perhitungan diperoleh sebesar 524,76 SMP/jam untuk hasil yang pertama begitu seterusnya semua data volume hubungan V - D sampai terhitung semua seperti Tabel 3. Berdasarkan Gambar 2 didapatkan grafik yang membentuk parabola untuk hubungan V - D, atau hubungan volume dan kepadatan. Dari hasil perhitungan sebelumnya serta Tabel 3 di dapatkannya grafik hubungan V - D, serta di dapatkan juga hasil hubungan sistematis antara hubungan volume dan kepadatan $V = 28,37D - 0,17D^2$.

Tabel 4. Data kecepatan dan volume untuk hubungan V - S

Waktu	S = Yi (km/jam)	V (smp/jam)
	X	Y
7.00 - 7.15	20,63	932,28
7.15 - 7.30	28,65	-45,43
7.30 - 7.45	23,02	719,15
7.45 - 8.00	24,51	552,85
8.00 - 8.15	23,67	649,67
8.15 - 8.30	23,95	618,60
8.30 - 8.45	27,49	141,69
8.45 - 09.00	28,33	7,97
11.00 - 11.15	23,94	619,74
11.15 - 11.30	23,75	640,41
11.30 - 11.45	26,32	315,37
11.45 - 12.00	25,59	415,31
12.00 - 12.15	24,59	543,31
12.15 - 12.30	23,65	651,88
12.30 - 12.45	25,40	441,37
12.45 - 13.00	25,29	455,69
16.00 - 16.15	26,76	252,58
16.15 - 16.30	24,60	541,69
16.30 - 16.45	22,99	721,90
16.45 - 17.00	25,01	491,08
17.00 - 17.15	24,28	579,72
17.15 - 17.30	17,39	1114,50

17.30 - 17.45	24,70	529,07
17.45 - 18.00	24,00	612,13

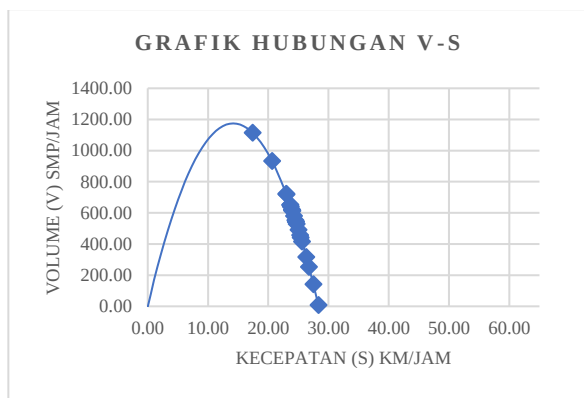
(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Tabel 4 adalah tabel untuk mencari grafik hubungan $V - S$, tabel ini didapatkan dengan mendapatkan variabel (X) sebagai kecepatan dari data rimer atau data hasil survei lapangan, adapula variabel (Y) yang didapatkan dari rumus persamaan hubungan $V - S$, berikut salah satu perhitungan:

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 = 165,58 \cdot 20,63 - \frac{165,58}{28,27} \cdot 20,63$$

$$= 932,28$$

Untuk hasil yang pertama, begitu seterusnya semua data volume hubungan $V - D$ semua Tabel 4.



Gambar 7. Hasil grafik hubungan $V - S$

Tabel 6. Hasil data hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan greenshields

D - S	$S = S_{ff} + \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D$	$S = 28,37 - 0,17D$
V - D	$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2$	$V = 28,37D - 0,17D^2$
V - S	$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2$	$V = 165,58S - 5,84S^2$

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Tabel 6 setelah semua hubungan didapatkan maka didapatkan juga masing-masing hubungan matematisnya seperti yang ditampilkan. Setelah analisis hubungan $V - S$, $V - D$, dan $S - D$ dengan metode greenshields, maka bisa dilakukan analisis nilai antrian dan tundaan gelombang kejut pada perlintasan sebidang Jalan Kebon Pedes ini. Berikut adalah data yang dicari:

$$\omega_{AB} = \frac{V_B - V_A}{D_B - D_A} = \frac{0 - 811,38}{165,58 - 36,76} = -6,30 \text{ Km/Jam}$$

$$\omega_{CB} = \frac{V_B - V_C}{D_B - D_C} = \frac{0 - 1174,51}{165,58 - 82,79} = -14,19 \text{ Km/Jam}$$

$$\omega_{AC} = \frac{V_C - V_A}{D_C - D_A} = \frac{1174,51 - 811,38}{82,79 - 36,76} = 7,89 \text{ Km/Jam}$$

$$\omega_{DC} = \frac{V_C - V_D}{D_C - D_D} = \frac{1174,51 - 0}{82,79 - 165,58} = -14,19 \text{ Km/Jam}$$

$$\omega_{DA} = \frac{V_A - V_D}{D_A - D_D} = \frac{811,38 - 0}{13,18 - 165,58} = -5,32 \text{ Km/Jam}$$

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Gambar 4.3 adalah grafik data hubungan $V - S$ yang ada di atas yang berbentuk parabola melengkung. Ini didapat dari hasil perhitungan di atas dan hasil dari Tabel 4. Dan hasil akhirnya didapatkan hubungan matematis antara volume dan kecepatan adalah $V = 165,58S - 5,84S^2$. Lalu dilanjutkan dengan perhitungan kecepatan maksimal (S_M), Kepadatan maksimal (D_M) dan Volume maksimal (V_M). Berikut adalah hasil perhitungan nya:

$$V_M = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} = \frac{165,58 \times 28,37}{4} = 1174,51 \text{ Smp/jam}$$

$$S_M = \frac{S_{ff}}{2} = \frac{28,37}{2} = 14,19 \text{ km/jam}$$

$$D_M = \frac{S_{ff}}{2} = \frac{165,58}{2} = 82,78 \text{ Smp/Jam}$$

Tabel 5. Hasil data hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan greenshields

S	(Km/Jam)	24,52
D	(Kend/Jam)	22,48
S_{ff}	(Km/Jam)	28,37
D_j	(Smp/Jam)	165,58
V_M	(Smp/Jam)	1174,51
S_M	(Km/Jam)	14,19
D_M	(Smp/Jam)	82,78

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

Berdasarkan Tabel 5 adalah data - data yang didapat dari perhitungan greenshields.

$$\omega_{DB} = \frac{V_B - V_D}{D_B - D_D} = \frac{0 - 0}{165,58 - 0} = 0 \text{ Km/Jam}$$

Diketahui bahwa dengan Gelombang kejut mundur bentukan (ω_{AB}) = -6,30 Km/Jam, gelombang kejut mundur pemulihan (ω_{CB}) = -14,19 km/jam, Gelombang kejut maju pemulihan (ω_{AC}) = 7,89, Gelombang kejut Gerak maju (ω_{DC}) = -14,19 km/jam, Gelombang kejut pemulihan (ω_{DA}) = -5,32 km/jam, Arus kendaraan yang terhenti selama pintu rel ditutup (ω_{DB}) = 0,

$$t_3 - t_2 = r \left| \frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right| = 70 \left| \frac{-6,30}{-14,19 - (-6,30)} \right|$$

$$= 55,89 \text{ detik}$$

$$Q_M = r \left| \frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right| = 70 \left| \frac{-6,30}{-14,19 - (-6,30)} \right|$$

$$= 0,22025 \text{ Km} = 220,25 \text{ m}$$

$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{(\omega_{CB} - \omega_{AB})} \cdot \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right| = \frac{70 \cdot -6,30}{(-14,19 - (-6,30))} \cdot \left| \frac{-14,19}{7,89} + 1 \right| = 101,52 \text{ detik}$$

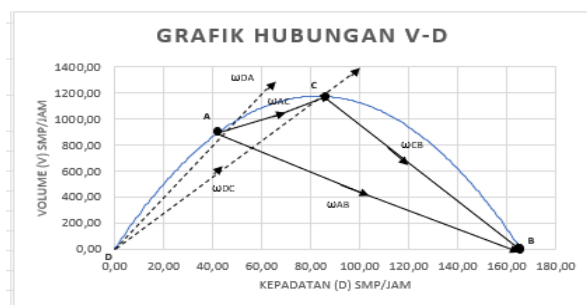
durasi waktu yang dibutuhkan sejak hambatan berakhir hingga antrean kendaraan benar-benar terurai atau habis $(t_3 - t_2) = 55,89$ detik, waktu penormalan $(t_4 - t_2) = 101,52$ detik, sehingga di dapatkan panjang antrian gelombang kejut nya (Q_M) adalah 220,25 m.

Tabel 7. Hasil data perhitungan gelombang kejut

ω_{AB}	(Km/Jam)	-6,30
ω_{CB}	(Km/Jam)	-14,19
ω_{AC}	(Km/Jam)	7,89
ω_{DC}	(Km/Jam)	-14,19
ω_{DA}	(Km/Jam)	-5,32
ω_{DB}	(Km/Jam)	0
$t_3 - t_2$	(detik)	55,89
Q_M	(m)	220,25
$t_4 - t_2$	(detik)	101,52

(Sumber: Hasil analisis, 2026)

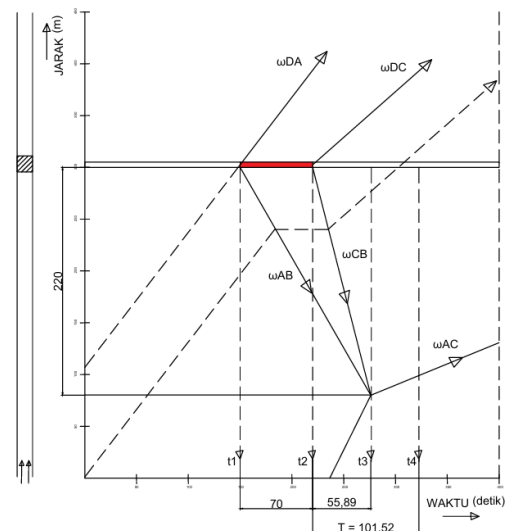
Berdasarkan Tabel 7 didapatkan data keseluruhan dari perhitungan gelombang kejut yang di mana hasil dari tabel ini akan digunakan untuk membuat grafik diagram jejak dimana juga akan mendapatkan panjang antrian kendaraan.



Gambar 8. Grafik diagram jejak 1

Berdasarkan Gambar 8 adalah awal untuk membuat grafik diagram jejak jadi grafik ini masih menjadi satu dengan grafik diagram jejak, grafik ini diambil berdasarkan grafik hubungan V - D di mana hasil titik A adalah titik volume tertinggi, titik C adalah hasil Volume maksimum (V_m), dan titik B adalah titik pertemuan antara (ω_{AB}) dan (ω_{CB}) , lalu (ω_{DA}) memotong titik A dan (ω_{CB}) memotong titik C.

Berdasarkan Gambar 9 dapat disimpulkan bahwa di dapatkan nya $(t_3 - t_2) = 55,89$ detik, dan juga nilai $(t_4 - t_2) = 101,52$ detik yang dimana ini adalah nilai (T) lama pemulihan pasca terjadi antrian yang berangsur kembali normal, sehingga di dapatkan panjang antrian kendaraan nya (Q_M) adalah 220,25 m.



Gambar 9. Hasil grafik hubungan V – S
(Sumber: Hasil analisis, 2026)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis antrian lalu lintas menggunakan teori gelombang kejut dengan model greenshields pada ruas jalan perlintasan sebidang Kebon Pedes, dapat disimpulkan bahwa perlintasan sebidang ini cukup berpengaruh pada arus lalu lintas dan menimbulkan kemacetan yang cukup panjang dari data yang di dapat yakni, hasil perhitungan pertama untuk mencari hubungan lalu lintas menggunakan *greenshields* data yang diperoleh nilai kecepatan arus bebas (S_{ff}) sebesar 28,37 km/jam dan kepadatan jenuh/macet total (D_j) sebesar 165,58 smp/km. Kondisi arus maksimum atau kapasitas jalan (V_m) teoritis adalah sebesar 1174,51 smp/jam, yang tercapai pada saat kecepatan rata-rata (SM) 14,19 km/jam dan kepadatan (D_m) 82,78 smp/km. Lalu di dapatkan hubungan sistematisnya $S - D$ $S = 28,37 - 0,17D$, hubungan $V - D$ $V = 28,37D - 0,17D^2$, dan hubungan $V - S$ $V = 165,58S - 5,84S^2$.

Diketahui bahwa dengan $(\omega_{AB}) = -6,30$ km/jam, $(\omega_{CB}) = -14,19$ km/jam, $(\omega_{AC}) = 7,89$, $(\omega_{DC}) = -14,19$ km/jam, $(\omega_{DA}) = -5,32$ km/jam, $(\omega_{DB}) = 0$, durasi waktu yang $(t_3 - t_2) = 55,89$ detik, $(t_4 - t_2) = 101,52$ detik, sehingga di dapatkan panjang antrian gelombang kejut nya (Q_M) adalah 220,25 menunjukkan nilai yang cukup besar untuk kemacetan di satu ruas jalan saja. Dengan adanya hasil ini, dapat disimpulkan bahwa Perlintasan sebidang Jalan Kebon Pedes cukup berpengaruh untuk terjadi nya potensi kemacetan dan hambatan bagi arus lalu lintas, Pemerintah Kota Bogor disarankan untuk mulai mengkaji perencanaan struktur vertikal berupa *underpass* atau *flyover*.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Greenshields, B. D. (1935). A Study of Traffic Capacity. *Proceedings of the Highway Research Board*, 14, 448-477. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1743519>
- Hobbs, F. D. (1995). *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas (Edisi Kedua, Terjemahan Suprpto dan Waldijono)*. Gadjah Mada University Press.
- Hidayat, R., & Kushari, B. (2018). Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Perlintasan Sebidang Kereta Api (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang Jalan Malioboro). *Jurnal Teknik Sipil Transportasi*, 3(2), 89-98.
- Kafilah, F. A. (2023). *Analisis Panjang Antrian Akibat Penutupan Palang Pintu Kereta Api Menggunakan Metode Mkji 1997 Dan Gelombang Kejut Guna Mengetahui Kinerja Lalu Lintas (Studi Kasus: Jl. Pahlawan Seribu, Tangerang Selatan)* (Doctoral Dissertation, Universitas Mercu Buana).
- Lighthill, M. J., & Whitham, G. B. (1955). On Kinematic Waves. II. A Theory Of Traffic Flow On Long Crowded Roads. *Proceedings Of The Royal Society Of London. Series A. Mathematical And Physical Sciences*, 229(1178), 317-345.
- Mcshane, (2011). *Traffic Engineering (4th Ed.)*. Prentice Hall.
- Mega, B., Putra, M, I, R. (2025). *Analisis Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan Raya Dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalu Lintas Menggunakan Model Greenshield Dan Gelombang Kejut (shockwave) (studi Kasus: Perlintasan Kereta Api Ruas Jl. Gumilir-purwokerto Kab. Banyumas)* (-). Purwokerto: Fakultas Teknik dan Sains UMP.
- <https://smartlib.ump.ac.id/index.php?p=cite&id=49962&keywords=>
- Octaviani, R. S., Kusumawati, A., Sjafruddin, A., & Weningtyas, W. (2025). Analisis Gelombang Kejut Pada Perlintasan Sebidang Kereta Api di Jam Sibuk (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang Jalan Sunda, Kota Bandung). *Jurnal Transportasi*, 24(2), 179–189. <https://doi.org/10.26593/jtrans.v24i2.8985.179-189>
- Pratama, A. Y., & Lubis, F. (2021). Analisis Panjang Antrian dan Tundaan Kendaraan Akibat Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Menggunakan Metode Gelombang Kejut. *Jurnal Sipil Sains*, 11(2), 115-124. <https://ejurnal.pnl.ac.id/portal/article/download/4840>
- Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan. Lembaran Negara RI Tahun 2009 Nomor 96. Sekretariat Negara.
- Richards, P. I. (1956). Shock Waves On The Highway. *Operations Research*, 4(1), 42-51.
- Tamin, O. Z. (2007). Menuju Penyelesaian Masalah Transportasi Kota-Kota Besar Di Indonesia. Penerbit ITB.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan Dan Pemodelan Transportasi (Edisi Kedua)*. Penerbit ITB.
- Tamin, O. Z. (1997). *Keterkaitan Antara Pemodelan Transportasi Dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit ITB.
- Yanti, W. F. (2018). Studi Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan dengan Rel Kereta Api terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus: Perlintasan Kereta Api Jalan Hj. Ani Idrus). <https://repository.uma.ac.id/jspui/handle/123456789/9862>
- Dharma R. S. (2023). Analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalulintas.(Studi Kasus). <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/20694>
- Sugendra R. (2023). Pengaruh Antrian Ikutan Akibat Perlintasan Kereta Api di Jalan Perintis Kemerdekaan terhadap Penurunan Kecepatan Pada Jalan Gatot Subroto. <https://digilib.unila.ac.id>