

ANALISIS TUNDAAN DAN PANJANG ANTRIAN AKIBAT PENUTUPAN PALANG PINTU KERETA API DENGAN MENGUNAKAN METODE GREENSHIELD DAN SHOCKWAVE (Studi Kasus Jalan Raya Kubangkungkung Cilacap)

Dimas Prasetyo¹, Uu Saepudin², Atep Maskur³

¹²³Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

Email: dimasprz2001@gmail.com, uusaepudin20@gmail.com, atepmaskur612@gmail.com

ABSTRACT

The intersection of crossings is formed between two means of transportation, namely highways and rail roads, which often cause problems. the same is the case at the intersection of crossings on the Kubangkungkung Cilacap highway which has problems, namely delays and queue lengths when the train door bars are closed. The purpose of this study was to determine the relationship between volume, speed, and density due to the closing of train door bars and determine the value of delays and the largest queue length that occurred due to the closing of train door bars at the research location. This research uses a survey method, namely by making direct observations to the research location to obtain data as a reference for analyzing. After the data is collected, analysis is carried out using the greenshield method to calculate the relationship between volume, speed and traffic density, and the shockwave method to calculate the value of delays and queue length due to the closing of train door bars. The results of the study stated that based on data in the field, the relationship between volume, speed and density is very strong. The largest queue length value (Qm) on Sunday in the Kawunganten - Cilacap direction at 11.11 was 0.38 km, with a duration of closing the train door bars for 220 seconds and a delay (stopped delay) for 330.3 seconds, the time needed to release the queue (tb) was 264.8 seconds.

Keywords: Delay, queue length, Shockwave, Greenshield

I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan komponen utama dalam sistem hidup dan kehidupan yang meliputi sistem pemerintahan, dan sistem kemasyarakatan. Transportasi dapat diartikan perpindahan baik orang barang maupun benda dari tempat asal ketempat yang lain (Alhadar, 2011). Dalam suatu sistem jaringan jalan raya, perlintasan biasanya terbentuk dari pertemuan antara dua ruas jalan dengan arah yang berbeda. Pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi seperti jalan raya dengan jalan rel, juga merupakan bentuk pertemuan yang menimbulkan masalah. Di Indonesia, pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi ini telah dioperasikan secara resmi semi otomatis dengan menggunakan penutupan pintu perlintasan. Walaupun telah dioperasikan dengan semi otomatis, perlintasan sebidang ini sangat berpengaruh terhadap lalu lintas di jalan raya karena sesuai dengan Undang – Undang No. 23 tahun 2007 pasal 124 yang menyatakan bahwa: "pada perpotongan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api".

Perpotongan sebidang jalan dengan lintasan kereta yang berada di jalan raya Kubangkungkung kabupaten cilacap merupakan perpotongan atau persimpangan yang terbentuk dari pertemuan antara dua jenis sarana transportasi yang berlainan. Dengan adanya perpotongan antara jalan dengan lintasan kereta di jalan raya kubangkungkung kabupaten cilacap, maka kondisi tersebut akan mengakibatkan segala proses pergerakan arus lalu lintas menjadi terganggu, sehingga mengakibatkan terjadinya tundaan dan antrian kendaraan pada saat palang pintu kereta api tersebut tertutup.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Sejauhmanakah hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan akibat terjadinya penutupan palang pintu kereta api pada lokasi penelitian ?
2. Berapakah nilai tundaan dan panjang antrian terbesar yang terjadi akibat penutupan palang pintu kereta api ?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan akibat terjadinya penutupan palang pintu pada lokasi penelitian.
2. Mengetahi nilai tundaan dan panjang antrian terbesar yang terjadi akibat penutupan palang pintu kereta api.



Sumber: Google Earth

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Untuk mempermudah dalam penelitian, makas perlu adanya batasa permasalahan yang meliputi:

1. Lokasi penelitian dilakukan di Jalan raya Kubangkungkung, cilacap.
2. Waktu pengambilan data volume lalu lintas dan waktu tempuh kendaraan dilakukan selama satu minggu, untuk hari kerja pada hari senin dan Selasa, untuk hari libur pada hari Sabtu dan Minggu. Pada saat jam sibuk yaitu pada pukul 08.00-10.00; 10.00-12.00; 13.00-15.00 WIB dengan interval waktu 15 menit.
3. Penentuan nilai antrian dan tundaan dengan menggunakan metode shockwave analisis didasarkan pada penentuan model pendekatan terpilih.
4. Parameter yang digunakan adalah durasi penutupan dan data arus lalu lintas.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat Teoritis
Ikut memberikan kontribusi bagi pengembangan pengetahuan khususnya pada bidang transportasi
2. Manfaat Praktis
Diharapkan dapat menjadi bahan referensi bagi para praktisi dalam penembangan mengenai tundaan dan panjang antrian palang pintu di jalan Raya Kubangkungkung Cilacap.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di jalan Raya Kubangkungkung Cilacap pada bulan Juli 2023. Peta lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi penelitian untuk mendapatkan data sebagai acuan untuk menganalisis.

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

1. Data Primer

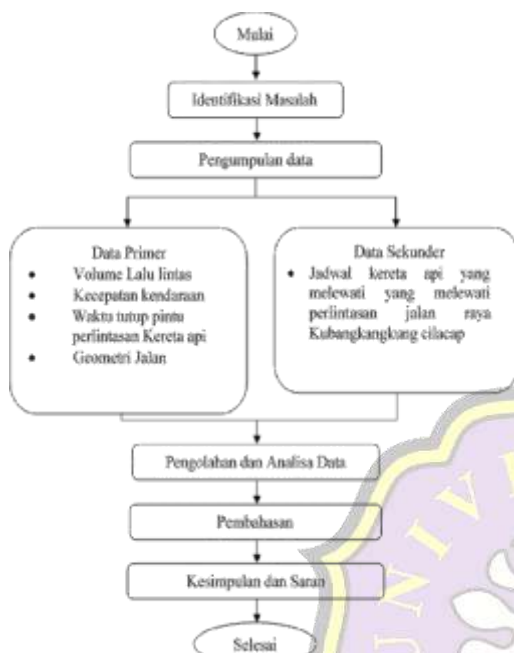
Data Primer merupakan data yang diperoleh melalui hasil pengamatan secara langsung di lokasi penelitian, meliputi:

- a. Volume lalu lintas Volume lalu lintas merupakan LHR yang sudah diakumulasikan menjadi Smp/jam
- b. Kecepatan Kendaraan Kecepatan kendaraan diambil dengan jarak 100 meter sebelum palang pintu kereta api.
- c. Waktu Penutupan Palang Pintu Kereta Api
Waktu penutupan palang pintu kereta api diambil menggunakan stopwatch pada saat palang pintu kereta api tertutup
- d. Kondisi Geometrik Jalan Data geometric jalan ini berupa data meliputi lebar jalan dan bahu jalan, ataupun bangunan pelengkap jalan yang diperlukan untuk penelitian

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pedoman buku-buku atau dari instansi terkait, diantaranya jadwal kereta api yang melewati perlintasan Jalan Raya Kubangkungkung Cilacap.

Tahapan penelitiannya adalah sebagai berikut:



Langkah analisis data sebagai berikut:

1. Menghitung Volume Kendaraan Volume kendaraan diperoleh pada saat penelitian selama 4 hari yaitu hari senin, selasa, sabtu, dan minggu pada jam sibuk yaitu pada pukul 08.00-10.00; 10.00-12.00; 13.00-15.00 WIB dengan interval waktu 15 menit.
2. Menghitung Kecepatan Kendaraan Kecepatan kendaraan diperoleh saat penelitian dilapangan dengan menghitung durasi kendaraan, dengan jarak 100 meter sebelum melintasi palang pintu tersebut.
3. Menghitung kerapatan kendaraan
4. Menganalisis hubungan antara volume kendaraan, kecepatan kendaraan, dan kerapatan menggunakan metode *greenshield*
5. Menghitung tundaan dan panjang antrian kendaraan menggunakan metode *shockwave*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

A. Kondisi Geometrik Jalan

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Raya Kubangkangcilacap. Tipe jalan ini merupakan 2 arah- 2 lajur (2/2TT) dengan lebar jalan sebesar 7 meter dengan bahu kurang dari 0,5 meter dan lebar rel kereta api 1435 mm (trak setandar)

B. Volume Kendaraan

Volume kendaraan diperoleh dari perhitungan LHR selama 4 hari dengan 2 hari kerja (Senin dan selasa) dan 2 hari libur (Sabtu dan Minggu). diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Volume Kendaraan hari senin arah kawunganten – cilacap

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (samp/15 menit)	q (samp/jam)
		LV	HV	MC	Total	LV	HV	MC		
1	08.00-08.15	123	13	357	495	125	16,9	178,5	320,4	
2	08.15-08.30	113	9	324	446	113	11,7	162	286,7	
3	08.30-08.45	127	11	382	420	127	14,3	141	282,3	
4	08.45-09.00	123	12	270	405	123	15,6	135	273,6	
5	09.00-09.15	120	10	261	391	120	13	130,5	261,5	
6	09.15-09.30	134	9	279	402	114	11,7	139,5	265,2	
7	09.30-09.45	102	8	263	373	102	10,4	131,5	243,9	
8	09.45-10.00	94	12	239	345	94	15,6	119,5	229,1	
9	10.00-10.15	101	10	291	402	101	13	145,5	259,5	
10	10.15-10.30	125	7	289	411	115	9,1	144,5	268,6	
11	10.30-10.45	97	6	291	394	97	7,8	145,5	258,3	
12	10.45-11.00	114	10	267	391	114	13	133,5	260,5	
13	11.00-11.15	124	9	329	462	124	11,7	164,5	300,2	
14	11.15-11.30	119	11	279	409	119	14,3	139,5	272,8	
15	11.30-11.45	128	9	300	437	128	11,7	150	289,7	
16	11.45-12.00	101	11	267	379	101	14,3	133,5	248,8	
17	12.00-12.15	98	7	270	375	98	9,1	135	242,1	
18	12.15-12.30	116	8	261	385	116	10,4	130,5	256,9	
19	12.30-12.45	121	11	319	451	121	14,3	139,5	294,8	
20	12.45-13.00	120	10	291	421	120	13	145,5	278,5	
21	13.00-13.15	112	9	288	409	112	11,7	144	267,7	
22	13.15-13.30	125	12	319	456	125	15,6	139,5	300,1	
23	13.30-13.45	111	11	297	419	111	14,3	148,5	273,8	
24	13.45-14.00	112	13	288	413	112	16,9	144	272,9	

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 2. Volume Kendaraan hari senin arah cilacap - kawunganten

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (samp/15 menit)	q (samp/jam)
		LV	HV	MC	Total	LV	HV	MC		
1	08.00-08.15	125	10	297	432	125	13	148,5	286,5	
2	08.15-08.30	110	8	283	406	110	10,4	144	264,4	
3	08.30-08.45	107	9	254	370	107	11,7	127	245,7	
4	08.45-09.00	119	13	259	391	119	16,9	129,5	265,4	
5	09.00-09.15	114	11	277	402	114	14,3	138,5	266,8	
6	09.15-09.30	107	11	262	380	107	14,3	131	252,3	
7	09.30-09.45	99	9	247	355	99	11,7	128,5	234,2	
8	09.45-10.00	119	10	245	374	119	13	122,5	254,5	
9	10.00-10.15	105	8	262	375	105	10,4	131	246,4	
10	10.15-10.30	100	12	289	401	100	15,6	144,5	260,1	
11	10.30-10.45	98	9	231	338	98	11,7	119,5	225,2	
12	10.45-11.00	111	11	218	340	111	14,3	129	254,3	
13	11.00-11.15	115	10	235	360	115	13	117,5	245,5	
14	11.15-11.30	102	8	288	398	102	10,4	144	256,4	
15	11.30-11.45	110	6	269	385	110	7,8	134,5	252,3	
16	11.45-12.00	117	9	240	375	117	11,7	124,5	253,2	
17	12.00-12.15	98	10	235	343	98	13	117,5	228,5	
18	12.15-12.30	112	8	260	380	112	10,4	130	252,4	
19	12.30-12.45	104	11	261	376	104	14,3	130,5	248,8	
20	12.45-13.00	118	9	270	397	118	11,7	135	264,7	
21	13.00-13.15	110	12	216	378	110	15,6	128	253,6	
22	13.15-13.30	107	10	230	347	107	13	115	235	
23	13.30-13.45	95	7	241	343	95	9,1	120,5	222,6	
24	13.45-14.00	91	9	233	333	91	11,7	116,5	219,2	

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 3. Volume Kendaraan hari Selasa arah kawunganten – cilacap

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (sampul 5 menit)	q (sampul 5 menit)
		L/V	H/V	MC	Total	L/V	H/V	MC		
1	08.00-08.15	123	11	331	464	123	14,3	165,5	301,8	1115,1
2	08.15-08.30	110	9	299	418	110	11,7	149	269,7	
3	08.30-08.45	112	10	257	379	112	13	126,5	232,5	
4	08.45-09.00	119	12	311	442	119	15,9	151,5	290,1	1096,7
5	09.00-09.15	120	8	287	415	120	10,4	143,5	273,9	
6	09.15-09.30	121	9	271	401	121	11,7	135,5	266,2	
7	09.30-09.45	91	12	250	360	91	15,6	121	238,6	971,8
8	09.45-10.00	110	10	272	392	110	13	136	250	
9	10.00-10.15	100	9	249	358	100	11,7	134,5	236,2	
10	10.15-10.30	111	12	264	387	111	15,6	132	258,6	1088,6
11	10.30-10.45	95	10	250	355	95	13	125	233	
12	10.45-11.00	97	9	269	375	97	11,7	134,5	243,2	
13	11.00-11.15	112	13	247	372	112	16,9	123,5	252,6	1028,9
14	11.15-11.30	109	8	289	396	109	10,4	134,5	253,9	
15	11.30-11.45	114	10	299	392	114	13	134	261	
16	11.45-12.00	102	11	256	363	102	14,3	125	241,3	987,7
17	12.00-12.15	91	8	270	376	91	10,4	135	242,4	
18	12.15-12.30	123	9	263	395	123	11,7	131,5	266,2	
19	12.30-12.45	120	9	261	390	120	11,7	130,5	263,2	967,7
20	12.45-13.00	119	12	239	370	119	15,6	119,5	254,1	
21	13.00-13.15	121	10	240	371	121	13	120	254	
22	13.15-13.30	91	9	269	360	91	11,7	129,5	254,2	967,7
23	13.30-13.45	113	9	260	382	113	11,7	119	254,7	
24	14.45-15.00	101	11	251	353	101	14,3	116,5	257,8	

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 4. Volume Kendaraan hari Selasa arah cilacap - kawunganten

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (sampul 5 menit)	q (sampul 5 menit)
		L/V	H/V	MC	Total	L/V	H/V	MC		
1	08.00-08.15	113	12	301	446	113	15,6	150,5	299,1	1094,7
2	08.15-08.30	121	8	311	438	121	7,8	155,5	284,3	
3	08.30-08.45	104	10	251	365	104	17	125,5	242,5	
4	08.45-09.00	119	12	289	410	119	14,3	144,5	285,3	1067,6
5	09.00-09.15	113	9	256	378	113	11,7	129	252,7	
6	09.15-09.30	116	10	241	367	116	13	120,5	249,5	
7	09.30-09.45	121	8	252	381	121	10,4	126	257,4	1004,5
8	09.45-10.00	110	10	250	370	110	13	125	248	
9	10.00-10.15	105	11	281	397	105	14,3	145,5	258,8	
10	10.15-10.30	117	8	249	374	117	10,4	124,5	251,9	967,1
11	10.30-10.45	100	10	265	373	100	13	121,5	244,5	
12	10.45-11.00	119	11	258	384	119	11,7	125	251,7	
13	11.00-11.15	108	9	288	354	108	11,7	125	231,7	967,1
14	11.15-11.30	99	10	240	349	99	13	120	232	
15	11.30-11.45	97	11	261	369	97	14,3	130,5	242,8	
16	11.45-12.00	100	10	259	360	100	13	125	238	1000,2
17	12.00-12.15	96	9	252	359	96	11,7	126	233,7	
18	12.15-12.30	111	10	269	390	111	13	134,5	255,5	
19	12.30-12.45	108	9	278	395	108	11,7	139	258,7	1063,5
20	12.45-13.00	112	11	262	385	112	14,3	131	257,3	
21	13.00-13.15	115	12	281	409	115	15,6	140,5	271,1	
22	13.15-13.30	101	10	257	368	101	13	128,5	243,5	1063,5
23	13.30-13.45	92	8	272	372	92	10,4	138	238,4	
24	14.45-15.00	114	10	269	393	114	13	134,5	261,5	

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 5. Volume Kendaraan hari Sabtu arah kawunganten – cilacap

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (sampul 5 menit)	q (sampul 5 menit)
		L/V	H/V	MC	Total	L/V	H/V	MC		
1	08.00-08.15	110	10	252	412	110	16,9	148	292,9	1049,3
2	08.15-08.30	121	10	267	398	121	13	133,5	267,5	
3	08.30-08.45	114	11	211	336	114	18,5	123,5	239	
4	08.45-09.00	99	8	241	348	99	10,4	126,5	229,9	997,9
5	09.00-09.15	117	10	252	374	117	17	118	241	
6	09.15-09.30	117	11	291	419	117	18,9	126,5	254,8	
7	09.30-09.45	105	14	272	398	105	18,5	116	254,7	1050,3
8	09.45-10.00	104	11	299	414	104	14,3	139	248,3	
9	10.00-10.15	118	9	233	360	118	11,7	126,5	258,2	
10	10.15-10.30	104	11	256	401	104	10,4	141	260,5	1043,2
11	10.30-10.45	110	12	273	395	110	12,8	136,5	262,1	
12	10.45-11.00	117	10	272	399	117	13	133,5	265,5	
13	11.00-11.15	99	11	296	410	99	18,5	140	289,5	1043,2
14	11.15-11.30	100	12	239	401	100	23,8	144,5	260,1	
15	11.30-11.45	111	11	275	406	111	16,9	137,5	273,4	
16	11.45-12.00	99	9	269	374	99	11,7	134,5	242,2	891,8
17	12.00-12.15	113	11	241	365	113	14,3	128,5	245,8	
18	12.15-12.30	101	7	277	385	101	9,1	138,5	240,6	
19	12.30-12.45	108	14	254	376	108	18,5	127	253,2	974,8
20	12.45-13.00	100	8	265	374	100	11,7	137,5	248,2	
21	13.00-13.15	111	10	231	376	111	11	125,5	253,5	
22	13.15-13.30	104	8	240	360	104	10,4	129	238,4	1093,3
23	13.30-13.45	117	12	252	379	117	15,6	129	256,6	
24	14.45-15.00	91	11	242	344	91	14,3	121	226,3	

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 6. Volume Kendaraan hari Sabtu arah cilacap - kawunganten

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (sampul 5 menit)	q (sampul 5 menit)
		L/V	H/V	MC	Total	L/V	H/V	MC		
1	08.00-08.15	108	10	289	395	108	13	134,5	233,3	1030,9
2	08.15-08.30	117	12	280	409	117	15,6	140	272,6	
3	08.30-08.45	101	9	259	376	101	11,7	129,5	240,2	
4	08.45-09.00	110	9	266	385	110	11,7	131	234,7	998,5
5	09.00-09.15	91	8	249	355	91	10,4	124,5	232,9	
6	09.15-09.30	105	10	235	350	105	13	117,5	235,5	
7	09.30-09.45	111	12	241	368	111	15,6	120,5	240,1	979,7
8	09.45-10.00	111	10	280	401	111	13	140	271	
9	10.00-10.15	110	9	258	358	110	10,4	119	239,4	
10	10.15-10.30	114	13	252	379	114	16,9	126	256,9	1019,4
11	10.30-10.45	123	10	289	422	123	13	146,5	282,5	
12	10.45-11.00	89	12	242	352	89	15,6	121	234,6	
13	11.00-11.15	100	9	251	362	100	11,7	126,5	238,2	996,2
14	11.15-11.30	127	10	224	361	127	13	117	247	
15	11.30-11.45	101	8	270	379	101	10,4	135	246,4	
16	11.45-12.00	125	7	261	393	125	9,1	126,5	244,6	1006,6
17	12.00-12.15	111	9	265	385	111	11,7	132,5	251,2	
18	12.15-12.30	99	10	244	353	99	13	132	231	
19	12.30-12.45	110	8	252	370	110	10,4	126	246,4	1006,6
20	12.45-13.00	101	7	260	375	101	9,1	130	247,1	
21	13.00-13.15	102	9	252	363	102	11,7	126	239,7	
22	13.15-13.30	115	12	241	368	115	15,6	126,5	251,1	1006,6
23	13.30-13.45	129	11	244	384	129	14,3	132	285,3	
24	14.45-15.00	113	9	258	378	113	11,7	128	252,7	

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 7. Volume Kendaraan hari Minggu arah kawunganten – cilacap

No	Waktu	Kendaraan				EMP			Total (sampul 5 menit)	q (sampul 5 menit)
		L/V	H/V	MC	Total	L/V	H/V	MC		
1	08.00-08.15	102	9	282	393	102	11,7	141	254,7	1001,8
2	08.15-08.30	115	9	318	442	115	11,7	139	255,7	
3	08.30-08.45	112	10	310	432	112	13	135	250	
4	08.45-09.00	160	9	399	468	160	13,7	149,5	268,2	
5	09.00-09.15	161	10	322	490	168	15	141	262	1015,4
6	09.15-09.30	114	8	279	401	114	10,4	139,3	268,9	
7	09.30-09.45	112	9	296	399	112	14,3	133	259,3	
8	09.45-10.00	101	9	255	365	101	11,7	137,5	250,2	
9	10.00-10.15	124	12	298	394	124	15,8	139	269,6	1048,5
10	10.15-10.30	113	11	271	395	113	14,3	135,5	262,3	
11	10.30-10.45	86	10	296	402	86	13	148	257	
12	10.45-11.00	116	12	239	369	96	15,8	144,5	259,3	
13	11.00-11.15	127	11	331	469	127	14,3	161,3	306,8	1119,5
14	11.15-11.30	117	12	285	454	117	15,8	147,3	280,3	
15	11.30-11.45	112	8	276	396	112	10,4	138	260,4	
16	11.45-12.00	120	9	281	409	120	11,7	140,9	272,2	
17	12.00-12.15	110	12	294	423	119	15,8	147	281,6	1042,0
18	12.15-12.30	161	11	377	389	161	14,3	138,5	253,8	
19	12.30-12.45	110	9	274	393	110	11,7	137	258,7	
20	12.45-13.00	95	13	252	360	95	16,9	136	247,8	
21	13.00-14.15	125	7	339	473	125	8,1	144,5	278,6	1068,4
22	14.15-14.30	111	9	295	405	111	13,7	147,5	270,2	
23	14.30-14.45	121	10	289	420	121	15	149,3	276,3	
24	14.45-15.00	112	12	387	491	112	15,8	149,3	278,5	

volume lalu lintas yang terbesar yaitu pada hari senin arah kawunganten - cilacap pada jam 08.00 – 09.00 sebanyak 1766 kendaraan atau 1163,0 smp/jam, sedangkan dari arah cilacap – kawunganten volume lalu lintas terbesar yaitu pada hari selasa jam 08.00 – 09.00 sebanyak 1659 kendaraan atau 1030,0 smp/jam.

C. Kecepatan Kendaraan

Dari hasil Survey di lapangan data yang diperoleh adalah data waktu tempuh kendaraan dengan jarak 100 dari palang pintu kereta api dalam satuan detik. Cara mengolah data tersebut dengan mengambil rata – rata semua kecepatan kendaraan pada interval waktu 1 jam. Data kecepatan kendaraan yang melewati perlintasan kereta api tersebut ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 9. Kecepatan kendaraan pada hari senin arah kawunganten – cilacap.

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	18,3	5,47	19,70
2	09.00-10.00	100	18,7	5,35	19,28
3	10.00-11.00	100	18,3	5,46	19,65
4	11.00-12.00	100	18,2	5,49	19,78
5	13.00-14.00	100	18,6	5,38	19,35
6	14.00-15.00	100	19,3	5,18	18,65

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 10. Kecepatan kendaraan pada hari senin arah cilacap - kawunganten

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	18,7	5,35	19,28
2	09.00-10.00	100	18,0	5,55	19,97
3	10.00-11.00	100	18,1	5,53	19,92
4	11.00-12.00	100	18,3	5,47	19,70
5	13.00-14.00	100	18,2	5,51	19,83
6	14.00-15.00	100	18,5	5,40	19,43

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 11. Kecepatan kendaraan pada hari selasa arah kawunganten – cilacap

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	18,7	5,34	19,23
2	09.00-10.00	100	18,4	5,43	19,57
3	10.00-11.00	100	18,5	5,41	19,49
4	11.00-12.00	100	18,1	5,54	19,94
5	13.00-14.00	100	18,2	5,49	19,75
6	14.00-15.00	100	18,0	5,55	19,97

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 12. Kecepatan kendaraan pada hari selasa arah cilacap – kawunganten

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	18,4	5,45	19,62
2	09.00-10.00	100	18,2	5,51	19,83
3	10.00-11.00	100	18,3	5,47	19,70
4	11.00-12.00	100	18,6	5,38	19,38
5	13.00-14.00	100	18,7	5,36	19,30
6	14.00-15.00	100	18,0	5,57	20,06

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 13. Kecepatan kendaraan pada hari sabtu arah kawunganten – cilacap

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	18,8	5,33	19,17
2	09.00-10.00	100	18,3	5,48	19,73
3	10.00-11.00	100	18,5	5,41	19,46
4	11.00-12.00	100	18,4	5,43	19,57
5	13.00-14.00	100	18,5	5,41	19,46
6	14.00-15.00	100	18,6	5,38	19,38

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 14. Kecepatan kendaraan pada hari sabtu arah cilacap – kawunganten

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	17,8	5,61	20,20
2	09.00-10.00	100	17,9	5,59	20,14
3	10.00-11.00	100	17,7	5,66	20,37
4	11.00-12.00	100	17,6	5,70	20,51
5	13.00-14.00	100	17,8	5,63	20,25
6	14.00-15.00	100	17,7	5,66	20,37

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 15. Kecepatan kendaraan pada hari minggu arah kawunganten – cilacap

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	17,3	5,80	20,87
2	09.00-10.00	100	18,1	5,52	19,86
3	10.00-11.00	100	18,0	5,57	20,06
4	11.00-12.00	100	17,5	5,72	20,60
5	13.00-14.00	100	17,9	5,60	20,17
6	14.00-15.00	100	18,3	5,47	19,70

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

Tabel 16. Kecepatan kendaraan pada hari minggu arah cilacap – kawunganten

no	Interval waktu (Jam)	Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (Us) (m/detik)	Kecepatan (Us) (km/jam)
1	08.00-09.00	100	18,6	5,37	19,33
2	09.00-10.00	100	18,4	5,44	19,59
3	10.00-11.00	100	18,2	5,50	19,81
4	11.00-12.00	100	18,1	5,53	19,92
5	13.00-14.00	100	18,5	5,42	19,51
6	14.00-15.00	100	18,5	5,40	19,43

Sumber: Hasil Survey Lapangan 2023

D. Kepadatan/kerapatan (*density*)

Berdasarkan data volume dan kecepatan kendaraan dapat dihitung kerapatan (*Density*) jalan tersebut dengan cara memasukkan ke dalam persamaan $k = q/U_s$. Berikut ditampilkan pada data kerapatan (*Density*) sebagai berikut.

Tabel 17. Kerapatan kendaraan pada hari minggu arah kawunganten – cilacap

No	Waktu (Jam)	Volume (smp/Jam)	Kecepatan (Km/Jam)	Kerapatan (k) (smp/Km)
1	08.00-09.00	1081,6	20,87	52
2	09.00-10.00	1035,4	19,86	52
3	10.00-11.00	1046,5	20,06	52
4	11.00-12.00	1119,5	20,60	54
5	13.00-14.00	1042,0	20,17	52
6	14.00-15.00	1098,4	19,70	56

Sumber: Hasil Perhitungan 2023

Tabel 18. Kerapatan kendaraan pada hari minggu arah cilacap – kawunganten

No	Waktu (Jam)	Volume (smp/Jam)	Kecepatan (Km/Jam)	Kerapatan (k) (smp/Km)
1	08.00-09.00	1049,8	19,33	54
2	09.00-10.00	1028,4	19,59	52
3	10.00-11.00	1064,5	19,81	54
4	11.00-12.00	1065,0	19,92	53
5	13.00-14.00	1039,1	19,51	53
6	14.00-15.00	1032,3	19,43	53

Sumber: Hasil Perhitungan 2023

Pembahasan

Analisis data yang dilakukan adalah analisis data *shockwave* yang mengamati pengaruh palang pintu kereta api terhadap kinerja lalu lintas di jalan Raya Kubangkungkung Cilacap dengan metode Gelombang Kejut (*shockwave*), analisis berdasarkan perolehan data pada kondisi eksisting berupa data kecepatan *shockwave*.

A. Hubungan antara Volume, Kecepatan, dan Kerapatan Kendaraan

Setelah mendapatkan nilai kerapatan (*density*) (k) dari kondisi eksisting volume lalu lintas kendaraan (q) dan kecepatan kendaraan (U_s) dari masing-masing lajur jalan, kemudian dibuat grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dengan kerapatan (k), volume lalu lintas (q) dengan Kerapatan (k), dan kecepatan kendaraan (U_s) dengan volume lalu lintas (q) dengan menggunakan metode greenshield. Dari grafik tersebut didapat nilai-nilai yang digunakan untuk menghitung kecepatan *shockwave* U_{AB} , U_{BC} , dan U_{AC} saat terjadi palang pintu perlintasan. Dengan data kerapatan (k) dengan volume lalu lintas (q) ke grafik hubungan $q-k$ dan menggunakan persamaan dalam grafik tersebut untuk

menentukan K_j dan U_j . Untuk mendapatkan nilai $K_0 = K_j/2$ dan $U_0 = U_j/2$. Berikut data dan grafik hubungan U_s-k , $q-k$, $q-U_s$, di jalan Raya Kubangkungkung Cilacap.

1. Analisis Hubungan antara volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan kerapatan hari minggu

Tabel 19. Data Regresi Hari Minggu Arah Kawunganten – Cilacap

No	X1 (k)	Y1 (Us)	X1 ²	Y1 ²	X1 Y1 (q)
1	52	20,87	2686,0	435,54	1081,6
2	52	19,86	2717,5	394,50	1035,4
3	52	20,06	2722,7	402,23	1046,5
4	54	20,60	2953,1	424,40	1119,5
5	52	20,17	2669,4	406,75	1042,0
6	56	19,70	3109,1	388,05	1098,4
Σ	318	121,26	16857,7	2451,47	6423,40
Σ	53	20,21			

Sumber: Hasil Perhitungan 2023

$$B = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_1 Y_1 - \sum_{i=1}^n X_1 \cdot \sum_{i=1}^n Y_1}{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_1^2) - \sum_{i=1}^n (X_1)^2}$$

$$B = \frac{(6 \times 6423,40) - (318 \times 121,26)}{(6 \times (16857,7)) - (318)^2}$$

$$B = -0,08$$

$$A = Y - B \cdot X$$

$$A = 20,21 - (-0,08 \times 53)$$

$$A = 24,65$$

$$\text{Maka } U_f = 24,65 \text{ Km/Jam}$$

$$K_j = \frac{U_f}{b} = \frac{24,65}{0,08} = 293,5 \text{ Smp/jam}$$

$$K_0 = \frac{K_j}{2} = \frac{293,5}{2} = 146,7 \text{ Smp/jam}$$

$$U_j = 24,65 \text{ km/jam}$$

$$U_0 = \frac{U_j}{2} = \frac{24,65}{2} = 12,33 \text{ Smp/jam}$$

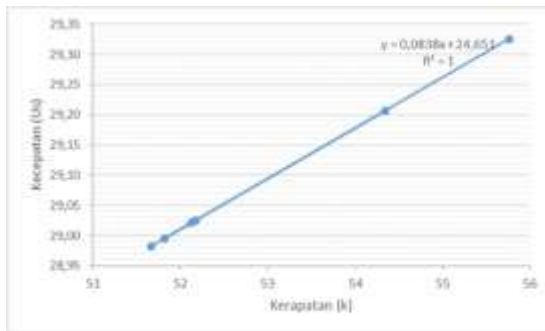
$$q_{maks} = K_0 \times U_0 = 146,7 \times 12,33 = 1808,1 \text{ smp/jam}$$

Setelah ditemukan K_0 dan U_0 lalu dibuat tabel dan grafik hubungan U_s-k , $q-k$, $q-U_s$ hari minggu arah Kawunganten - Cilacap berikut.

Tabel 20. Hasil Perhitungan Metode Greenshield Hari Minggu Arah Kawunganten – Cilacap

K	Us	K	Q	Q	Us
52	29,00	52	1051,9	939,46	20,87
52	29,02	52	1056,8	1132,33	19,86
52	29,03	52	1057,6	1097,14	20,06
54	29,21	54	1091,5	993,26	20,60
52	28,98	52	1049,4	1076,31	20,17
56	29,33	56	1113,3	1161,27	19,70

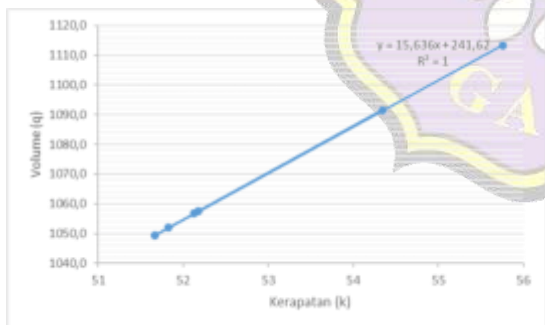
Sumber: Hasil Perhitungan 2023



Gambar 2. Grafik Hubungan Kecepatan (Us) dengan Kerapatan (k) Hari Minggu Arah Kawunganten – Cilacap.

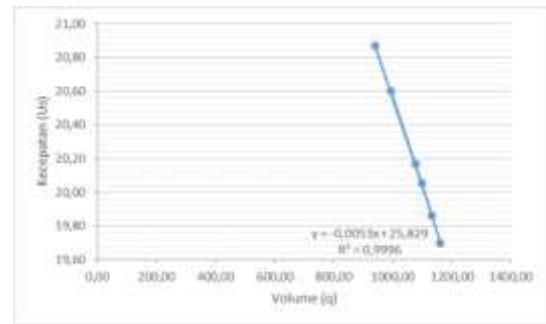
Berdasarkan hasil perhitungan hubungan dengan metode greenshield didapat korelasi sederhana (r) menggunakan linear antara kecepatan (Us) dan kerapatan (k), (r) adalah 1.

Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya hubungan sangat kuat antara kecepatan (Us) dengan kerapatan (k). sedangkan arah hubungan positif karena nilai (r) positif, maka semakin besar kerapatan maka semakin berpengaruh pada kecepatan.



Gambar 3. Grafik Hubungan Volume (q) dengan Kecepatan (k) Hari Minggu Arah Kawunganten – Cilacap

Berdasarkan hasil perhitungan hubungan dengan metode greenshield didapat korelasi sederhana (r) menggunakan linear antara volume (q) dan kerapatan (k), (r) adalah 1. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya hubungan sangat kuat antara volume (q) dengan kerapatan (k). sedangkan arah hubungan positif karena nilai (r) positif, maka semakin besar volume maka semakin berpengaruh pada kerapatan.



Gambar 4. Grafik Hubungan Volume (q) dengan Kecepatan (Us) Hari Minggu Arah Kawunganten – Cilacap

Berdasarkan hasil perhitungan hubungan dengan metode greenshield didapat korelasi sederhana (r) menggunakan linear antara volume (q) dan kecepatan (Us), (r) adalah 0,9996. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya hubungan sangat kuat antara volume (q) dengan kecepatan (Us). Sedangkan arah hubungan positif karena nilai (r) positif, maka semakin besar volume maka semakin berpengaruh pada kecepatan.

Tabel 21. Data Regresi Hari Minggu Arah Cilacap - Kawunganten

No	X1 (k)	Y1 (Us)	X1 ²	Y1 ²	X1 Y1 (q)
1	54	19,33	2949,9	373,60	1049,8
2	52	19,59	2755,3	383,84	1028,4
3	54	19,81	2888,3	392,33	1064,5
4	53	19,92	2859,2	396,69	1065,0
5	53	19,51	2836,0	380,73	1039,1
6	53	19,43	2821,8	377,65	1032,3
Σ	320	117,59	17110,4	2304,84	6279,10
Σ	53	19,60			

Sumber: Hasil Perhitungan 2023

$$B = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X1 Y1 - \sum_{i=1}^n X1 \cdot \sum_{i=1}^n Y1}{n \cdot \sum_{i=1}^n (X1^2) - \sum_{i=1}^n (X1)^2}$$

$$B = \frac{(6 \times 6279,10) - (320 \times 117,59)}{(6 \times (17110,4)) - (320)^2}$$

$$B = -0,04$$

$$A = Y - B \cdot X \quad A = 19,60 -$$

$$(-0,04 \times 53)$$

$$A = 22,06 \text{ Maka } U_f = 22,06 \text{ Km/Jam}$$

$$K_j = \frac{U_f}{b} = \frac{22,06}{0,04} = 479,6 \text{ Smp/jam}$$

$$K_0 = \frac{K_j}{2} = \frac{479,6}{2} = 239,8 \text{ Smp/jam}$$

$$U_j = 22,06 \text{ km/jam}$$

$$U_0 = \frac{U_j}{2} = \frac{22,06}{2} = 11,03 \text{ Smp/jam}$$

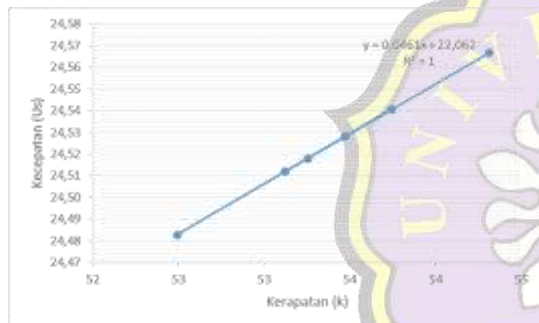
$$q_{maks} = K_0 \times U_0 = 239,8 \times 11,03 = 2645,2 \text{ smp/jam}$$

Setelah ditemukan K0 dan U0 lalu dibuat tabel dan grafik hubungan Us-k, q-k, q-Us hari minggu arah Cilacap - Kawunganten berikut.

Tabel 22. Hasil Perhitungan Metode Greenshield Hari Minggu Arah Cilacap – Kawunganten

K	Us	K	Q	Q	Us
54	24,57	54	1062,5	1148,3	19,33
52	24,48	52	1031,3	1051,9	19,59
54	24,54	54	1052,8	970,6	19,81
53	24,53	53	1048,1	928,5	19,92
53	24,52	53	1044,4	1081,4	19,51
53	24,51	53	1042,1	1110,4	19,43

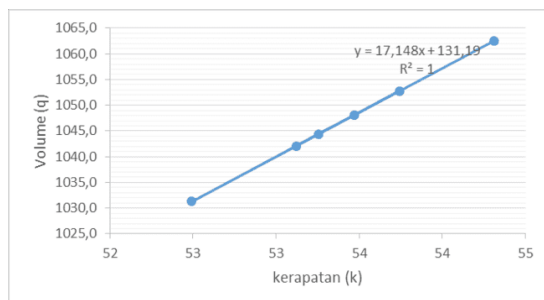
Sumber: Hasil Perhitungan 2023



Gambar 5. Grafik Hubungan Kecepatan (Us) dengan Kerapatan (k) Hari Minggu Arah Cilacap - Kawunganten

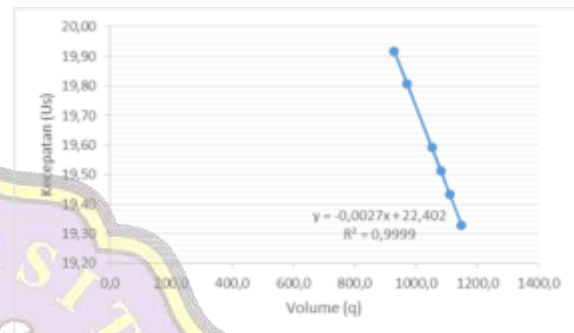
Berdasarkan hasil perhitungan hubungan dengan metode greenshield didapat korelasi sederhana (r) menggunakan linear antara kecepatan (Us) dan kerapatan (k), (r) adalah 1.

Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya hubungan sangat kuat antara kecepatan (Us) dengan kerapatan (k). sedangkan arah hubungan positif karena nilai (r) positif, maka semakin besar kerapatan maka semakin berpengaruh pada kecepatan.



Gambar 6. Grafik Hubungan Volume (q) dengan Kerapatan (k) Hari Minggu Arah Cilacap - Kawunganten

Berdasarkan hasil perhitungan hubungan dengan metode greenshield didapat korelasi sederhana (r) menggunakan linear antara volume (q) dan kerapatan (k), (r) adalah 1. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya hubungan sangat kuat antara volume (q) dengan kerapatan (k). sedangkan arah hubungan positif karena nilai (r) positif, maka semakin besar volume maka semakin berpengaruh pada kerapatan.



Gambar 7. Grafik Hubungan Volume (q) dengan Kerapatan (Us) Hari Minggu Arah Cilacap - Kawunganten

Berdasarkan hasil perhitungan hubungan dengan metode greenshield didapat korelasi sederhana (r) menggunakan linear antara volume (q) dan kecepatan (Us), (r) adalah 0,9999. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya hubungan sangat kuat antara volume (q) dengan kecepatan (Us). Sedangkan arah hubungan positif karena nilai (r) positif, maka semakin besar volume maka semakin berpengaruh pada kecepatan.

Dari hasil perhitungan data analisis hubungan volume, kecepatan, dan kerapatan dengan metode greenshield, setiap grafik mempunyai nilai hubungan yang sangat kuat yaitu 0,9999 – 1. Menurut Sugiyono (2007) pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi sebagai berikut :

- 0,000 – 0,199 = sangat rendah
- 0,200 – 0,399 = rendah
- 0,400 – 0,599 = sedang
- 0,600 – 0,799 = kuat
- 0,800 – 1 = sangat kuat

B. Tundaan dan Panjang Antrian Kendaraan

Perhitungan mencari t_a , t_b , delay, dan panjang antrian di jalan Raya Kubangkungkung cilacap dapa penutupan palang pintu kereta api hari

Minggu arah kubangkangkung – cilacap pukul 11.11 selama 220 detik sebagai berikut :

$$q = K_j \cdot u - \frac{k_j}{u_f} \cdot u^2$$

$$q = 293,5 \cdot 20,6 - \frac{293,5}{24,65} \cdot 20,6^2$$

$$q = 993,38 \text{ kend/jam}$$

Data kecepatan shockwave hari senin arah Kubangkangkung - Cilacap sebagai berikut:

1. Pada saat pintu perlintasan di tutup (t1)

$$U_{AB} = \frac{q}{k_j - k_1}$$

$$U_{AB} = \frac{993,38}{293,5 - 52}$$

$$U_{AB} = 4,11 \text{ km/jam}$$

2. Pada saat pintu perlintasan dibuka (t2)

$$U_{BC} = \frac{q_{maks}}{k_j - k_0}$$

$$U_{BC} = \frac{1808,5}{293,5 - 146,7}$$

$$U_{BC} = 12,319 \text{ km/jam}$$

3. Pada saat arus lalu lintas kembali normal (t3)

$$U_{AC} = \frac{q_{maks} - q}{k_0 - k}$$

$$U_{AC} = \frac{1808,5 - 993,38}{146,7 - 54}$$

$$U_{AC} = 8,79 \text{ km/jam}$$

Lama waktu palang pintu di tutup (ta)

$$t_3 - t_2 = t \cdot \left[\frac{U_{AB}}{U_{BC} - U_{AB}} \right]$$

$$t_3 - t_2 = 220 \cdot \left[\frac{4,11}{12,319 - 4,11} \right]$$

$$t_3 - t_2 = 110,3 \text{ detik}$$

Waktu pelepasan antrian (tb)

$$t_4 - t_2 = \frac{t \cdot U_{AB}}{U_{BC} - U_{AB}} \left[\frac{U_{BC}}{U_{AC}} + 1 \right]$$

$$t_4 - t_2 = \frac{220 \cdot 4,11}{12,2 - 4,11} \left[\frac{12,319}{8,79} + 1 \right]$$

$$t_4 - t_2 = 264,8 \text{ detik}$$

stopped delay :

$$T = t + t_a$$

$$T = 220 + 110,3$$

$$T = 330,3 \text{ detik}$$

Untuk mendapatkan panjang antrian yang terjadi ketika palang pintu perlintasan tertutup dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_m = \frac{t}{3600} \frac{U_{BC} \cdot U_{AB}}{U_{BC} - U_{AB}}$$

$$Q_m = \frac{220}{3600} \left[\frac{12,319 \cdot 4,11}{12,319 - 4,11} \right]$$

$$Q_m = 0,38 \text{ Km} = 380 \text{ meter}$$

Data tundaan dan panjang antrian ketika palang pintu kereta api ditutup ditampilkan dalam tabel berikut :

Tabel 23. Data Tundaan Dan Panjang Antrian Hari Minggu

Kawunganten - Cilacap									
Waktu Penutupan	t (Kor/Jam)	UAB (Kor/Jam)	UBC (Kor/Jam)	UAC (Kor/Jam)	t (detik)	ta (detik)	tb (detik)	Delay (detik)	Qm (Km)
11.11	993,38	4,11	12,319	8,79	220	110,3	264,8	330,3	0,38
Cilacap - Kawunganten									
Waktu Penutupan	t (Kor/Jam)	UAB (Kor/Jam)	UBC (Kor/Jam)	UAC (Kor/Jam)	t (detik)	ta (detik)	tb (detik)	Delay (detik)	Qm (Km)
11.11	996,78	2,38	11,011	9,21	220	54,1	158,9	274,1	6,17

Sumber: Hasil Perhitungan 2023

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hubungan volume, kecepatan, kerapatan adalah menggunakan model greenshield yang menghasilkan koefisien determinasi (R^2), rata – rata semua hubungannya mendapatkan nilai hubungan yang sangat kuat yaitu 0,9999 – 1.
2. Panjang antrian (Qm) yang terbesar terjadi pada hari Minggu arah Kawunganten – cilacap pukul 11.11 sebesar 0,38 km, dengan durasi penutupan palang pintu kereta api selama 220 detik dan Tundaan (*stopped delay*) selama 330,3detik, Waktu yang dibutuhkan untuk melepas antrian (tb) yaitu sebesar 264,8 detik.

V. DAFTAR PUSTAKA

- M.Arif Yoga Sembada. 2022. “*Tinjauan Tundaan Perjalanan Perlintasan Sebidang Pada Segmen Jalan Haji Komarudin Menggunakan Metode Gelombang Kejut*”, Skripsi Teknik Sipil, Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Utami, A., & Widyastuti, H. (2019). Model Panjang Antrian Kendaraan pada Perlintasan Sebidang Tanpa Palang Pintu (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang Jl. Gayung Kebonsari Surabaya). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(1), 27-34.
- Ahmad, A., & Mahmudati, R. (2019). Pengaruh Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Tundaan Dan Panjang Antrian Kendaraan. *Teras*, 9(1), 51-62.
- Putri, G., & Mahardi, P. Model Hubungan Penutupan Perlintasan Sebidang Dengan Panjang Antrian. *Jurnal Teknik Sipil* 01(01),1-12. Dinda Maya Sari Putri. 2022. “*Analisis Tundaan dan Panjang Antrean Akibat Penutupan Palang Pintu Kereta Api (Studi Kasus: Jalan Perintis Kemerdekaan)*”, Skripsi Teknik Sipil, Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Oktaviani, O., & Basri, M. A. (2021). Hubungan Tundaan Dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Akibat Penyempitan Jalan (Bottleneck) (Studi Kasus Proyek Jembatan Linggarjati Jalan Adinegoro, Kota Padang). *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 2(1), 44-49.
- Fajar Maulana. 2021. “*Analisis Tundaan dan Panjang Antrian Akibat Penutupan Palang Pintu Kereta Api dengan Menggunakan Metode Greenshield dan Shockwave (Studi Kasus Jalan Ciptomangunkusumo Simpang Gayam Ciamis)*”, Skripsi Teknik Sipil, Ciamis: Fakultas Teknik Universitas Galuh Ciamis.