

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERLINTASAN SEBIDANG JALAN DENGAN REL KERETA API DI LUBUK PAKAM TERHADAP KARAKTERISTIK LALULINTAS (STUDI KASUS)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RANDI SURYA DHARMA
1807210039



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Randi Surya Dharma
NPM : 1807210039
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta
Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalulintas
(Studi Kasus).
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIAN UJIAN SKRIPSI

Medan, 11 Januari 2023

Dosen Pembimbing



Irma Dewi, ST., M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini diajukan Oleh:

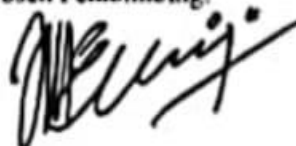
Nama : Randi Surya Dharma
NPM : 1807210039
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta
Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalulintas
(Studi Kasus).
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada program studi teknik sipil, fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 11 Januari 2023

Mengetahui dan disetujui:

Dosen Pembimbing:



Irma Dewi, ST., M.Si

Dosen Penguji I



M. Husin Gultom, ST., M.T

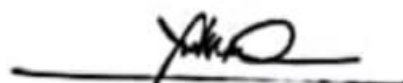
Dosen Penguji II



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

Program Studi Teknik Sipil

Ketua:



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Randi Surya Dharma
Tempat, tanggal lahir : Beringin, 12 November 2000
Npm : 1807210021
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalulintas (Studi Kasus)”

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 11 Januari 2023

g menyatakan.

Randi Surya Dharma

ABSTRAK

ANALISIS PERLINTASAN SEBIDANG JALAN DENGAN REL KERETA API DI LUBUK PAKAM TERHADAP KARAKTERISTIK LALULINTAS

Randi Surya Dharma

1807210039

Irma Dewi, ST.,M.Si

Perlindungan kereta api adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan, baik jalan raya ataupun jalan setapak. Keberadaan perlindungan sebidang dapat menimbulkan berbagai masalah, diantaranya kemacetan dan kecelakaan. Kemacetan di perlindungan sebidang terjadi karena ditutupnya pintu perlindungan untuk mendahulukan perjalanan kereta api sehingga terjadi antrian kendaraan bermotor. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan yang di pengaruhi perlindungan kereta api, mengetahui nilai tundaan dan antrian yang terjadi pada saat pintu perlindungan tertutup. Dalam analisis ini digunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 dan metode *Greenshields*. Dari hasil dari perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa pada lokasi Jalan Tanpa Hambatan pengemudi dapat memilih kecepatannya namun ketika memasuki lokasi Jalan ada Hambatan kecepatan akan menurun karena adanya hambatan lalu lintas dan rambu-rambu bahwasannya pengemudi memasuki perlindungan sebidang jalan dengan rel kereta api. Pada lokasi jalan tanpa hambatan nilai kecepatan arus bebas \bar{U}_f 38.01 km/jam, nilai kepadatan K_j 249.71 dan volume maksimum 4746.28 skr/jam, sedangkan pada lokasi jalan ada hambatan nilai kecepatan arus bebas \bar{U}_f 26.54 km/jam, nilai kepadatan K_j 342.92 dan volume maksimum 4551.69 skr/jam. Kondisi antrian dan tundaan maksimum terjadi pada periode 16.34.00- 16.35.56, dimana menghasilkan waktu pelepasan $t_a = 1.13$ detik, waktu pemulihan $t_b = 2.27$ detik, panjang antrian maksimum = 0,008 Km, jumlah kendaraan antrian $N = 2.84$ skr/jam, serta rata-rata tundaan sebesar 60.84 detik.

Kata Kunci: Perlindungan Sebidang, Tundaan dan Antrian, Lalulintas

ABSTRACT

ANALYSIS OF ROAD PASSAGE WITH RAILWAY IN LUBUK PAKAM ON TRAFFIC CHARACTERISTICS

Randi Surya Dharma
1807210039
Irma Dewi, ST.,M.Si

A railroad crossing is a cross between a railroad track and a road, either a highway or a footpath. The existence of level crossings can cause various problems, including traffic jams and accidents. Congestion at level crossings occurs because the crossing gates are closed to prioritize train travel, resulting in a queue of motorized vehicles. The purpose of this study is to determine the relationship between the volume, speed, and density of traffic on the roads affected by railroad crossings, to determine the value of delays and queues that occur when the crossing gates are closed. In this analysis, the 2014 Indonesian Road Capacity Guidelines and the Greenshields method are used. From the results of the calculations carried out, it is known that at the Unblocked Road location the driver can choose the speed but when entering the Road location there is an obstacle the speed will decrease due to traffic barriers and signs that the driver is entering the crossing of a road with railroad tracks. At the location of the road without obstacles, the value of the free flow speed is f 38.01 km/hour, the density value of K_j is 249.71 and the maximum volume is 4746.28 skr/hour, while at the location of the road there is an obstacle the value of the free flow speed is f 26.54 km/hour, the density value of K_j is 342.92 and the maximum volume 4551.69 cur/hour. Queuing conditions and maximum delays occurred in the period 16.34.00-16.35.56, which resulted in release time $t_a = 1.13$ seconds, recovery time $t_b = 2.27$ seconds, maximum queue length = 0.008 Km, number of queued vehicles $N = 2.84$ cur/hour, and the average delay is 60.84 seconds.

Keywords: Level crossings, delays and queues, Traffic

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalulintas (Studi Kasus)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Irma Dewi, ST, M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, ST, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Orang tua penulis: Ayahanda Tumiran, dan Ibunda Nona, terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Keluarga penulis: Rindu Maharani, Reni Novita Sari.
10. Rekan-rekan Grup gg dan Kontrakan Mimi: Hilda Nisti Zentrato, Pandu, M.Alfarizi, Candy, Fanny, Zai, Khairul, Andre, Eka dan Misbahul.
11. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama, kelas A1 Pagi beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2018 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 11 Januari 2023



Randi Surya Dharma

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	5
2.1.1. Pengertian Transportasi	5
2.2. Kemacetan	5
2.3. Karakteristik Arus Lalulintas	5
2.4. Volume Lalulintas	6
2.5. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan	7
2.5.1. Hubungan Volume-Kecepatan	7
2.5.2. Hubungan Kecepatan -Kerapatan	8
2.5.3. Hubungan Volume-Kerapatan	10
2.6. Pemodelan Hubungan Antara Volume, Kecepatan, Dan Kerapatan Arus Lalulintas	11

2.6.1. Model Linear <i>Greenshields</i>	11
2.7. Panjang Tundaan	14
2.8. Panjang Antrian	15
2.9. Pintu Perlindungan Kerata Api	15
2.10. Klasifikasi Gelombang Kejut	16
2.11. Rambu peringatan pada perlintasan sebidang	17
2.12. Kapasitas Jalan Perkotaan	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Bagan Alir Penelitian	21
3.2. Pemilihan Lokasi penelitian	22
3.3. Variabel yang akan Diukur	22
3.4. Metode pengambilan Data PT KAI	22
3.5. Metode Pengumpulan Data	23
3.5.1. Alat Pengumpulan Data	23
3.5.2. Priode Pengamatan Data	23
3.5.3. Metode Pengolahan Data Primer	23
3.5.4. Metode Pengolaan Data Sekunder	25
3.6. Data Hasil Survei Lapangan	27
3.7. Metode Pelaksanaan Penelitian	41
3.8. Analisa Data	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Lalulintas	42
4.2. Data Kecepatan Kendaraan	44
4.2.1 Data Kecepatan Rata-Rata Ruang Kendaraan	45
4.3. Perhitungan Kerapatan	53
4.4. Hubungan Antara Volume Lalulintas, kecepatan dan Kerapatan	54
4.4.1. Hubungan Antara Kecepatan Dan Kerapatan	57
4.4.2. Hubungan Antara Volume Dan Kecepatan	58
4.4.3. Hubungan Antara Volume Dan Kerapatan	59
4.5. Perhitungan Antrian dan Tundaan	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	

5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kerangka Dasar Karakteristik Lalulintas	6
Tabel 2.2.	Ekivalen kendaraan ringan untuk tipe jalan 2/2TT	19
Tabel 2.3.	Ekivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah	20
Tabel 3.1.	Data Jadwal Dan Penutupan Pintu Perlintasan Hasil Survei	27
Tabel 3.2.	Data Lama Dan Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Hasil Survei	28
Tabel 3.3.	Data Volume Lalulintas hari Sabtu Tanggal 24 September 2022	29
Tabel 3.4.	Data Waktu Tempuh Kendaraan Hari Sabtu Tanggal 24 September 2022 (Jalan Tanpa Hambatan)	30
Tabel 3.5.	Data Waktu Tempuh Kendaraan Hari Sabtu Tanggal 24 September 2022 (Jalan Ada Hambatan)	36
Tabel 4.1.	Volume Kendaraan Per jam Pada Hari Sabtu Tanggal 24 September 2022 (Jalan Tanpa Hambatan dan Jalan Ada Hanbatan)	44
Tabel 4.2.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan (Jalan Tanpa Hambatan)	45
Tabel 4.3.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan (Jalan Ada Hambatan)	46
Tabel 4.4.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sepeda Motor Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan)	48
Tabel 4.5.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan)	49
Tabel 4.6.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Berat Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan)	50
Tabel 4.7.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sedang Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan)	51
Tabel 4.8.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sepeda Motor Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan)	52
Tabel 4.9.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan)	53
Tabel 4.10.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Berat Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan)	54
Tabel 4.11.	Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan)	55
Tabel 4.12.	Kecepatan Rata-Rata Ruang Ketiga Jenis Kendaraan (Jalan Tanpa Hambatan)	56
Tabel 4.13.	Kecepatan Rata-Rata Ruang Ketiga Jenis Kendaraan	

(Jalan Ada Hambatan)	56
Tabel 4.14. Perhitungan Volume, Kecepatan Dan Kerapatan (Jalan Tanpa Hambatan)	57
Tabel 4.15. Perhitungan Volume, Kecepatan Dan Kerapatan (Jalan Ada Hambatan)	57
Tabel 4.16. Variabel Dan Konstanta Regresi Linear <i>Greenshields</i>	58
Tabel 4.17. Resume Perhitungan Regresi Linear <i>Greenshields</i>	59
Tabel 4.18. Persamaan Hubungan Antara Kecepatan (U_s), Volume (q) Dan Kerapatan (K)	59
Tabel 4.19. Kecepatan Arus Bebas (U_f) Dan Kerapatan Macet(K_j)	60
Tabel 4.20. Nilai Volume Maksimum	61
Tabel 4.21. Perhitungan antrian dan tundaan pada kondisi pintu perlintasan tertutup dengan analisis gelombang kejut.	65
Tabel L.1. Data survei kendaraan hari senin	
Tabel L.2. Data survei kendaraan hari selasa	
Tabel L.3. Data survei kendaraan hari rabu	
Tabel L.4. Data survei kendaraan hari kamis	
Tabel L.5. Data survei kendaraan hari jum'at	
Tabel L.6. Data survei kendaraan hari sabtu	
Tabel L.7. Data survei kendaraan hari minggu	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan Volume-Kecepatan	7
Gambar 2.2. Hubungan Kecepatan-Kerapatan	8
Gambar 2.3. Hubungan Volume-Kerapatan	11
Gambar 2.4. Rambu peringatan Persilangan datar dengan lintasan kereta api berpintu	18
Gambar 2.5. Rambu peringatan Persilangan datar dengan lintasan kereta api tanpa pintu	18
Gambar 2.6. Rambu peringatan kata-kata	18
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian	21
Gambar 3.2. Lokasi Penelitian	25
Gambar 3.3. Sketsa Lokasi Penelitian	26
Gambar 4.1. Hubungan Antara Kecepatan dan Kerapatan (Jalan Tanpa Hambatan)	60
Gambar 4.2. Hubungan Antara Kecepatan dan Kerapatan (Jalan Ada Hambatan)	60
Gambar 4.3. Hubungan Antara Kecepatan Dan Volume (Jalan Tanpa Hambatan)	61
Gambar 4.4. Hubungan Antara Kecepatan Dan Volume (Jalan Ada Hambatan)	61
Gambar 4.5. Hubungan Antara Volume Dan Kerapatan (Jalan Tanpa Hambatan)	62
Gambar 4.6. Hubungan Antara Volume Dan Kerapatan (Jalan Ada Hambatan)	62
Gambar L.1. Mengukur panjang jalan tanpa hambatan	
Gambar L.2. Mengukur panjang jalan tanpa hambatan	
Gambar L.3. Survei lalulintas	
Gambar L.4. Survei lalulintas	

DAFTAR NOTASI

q	= Volume	(Kendaraan/jam)
K	= Kerapatan	(Skr/jam)
V	= Kecepatan	(Km/jam)
q_m	= Kapaitas, arus maksimum	(Kendaraan/jam)
U_m	= Kecepatan kritis, kerapatan pada saat mencapai kapasitas	(Km/jam)
K_m	= Kerapatan kritis, kerapatan pada saat mencapai kapasitas	(Kend/jam)
K_j	= Kerapatan macet, keadaan untuk semua kendaraan berhenti	(Kend/jam)
U_f	= Kecepatan teoritis untuk lalulintas ketika kerapatannya nol	(Km/jam)
V_s	= Kecepatan rata-rata	
V_f	= Kecepatan pada arus bebas	(<i>Free-flowspeed</i>)
K_j	= Kerapatan pada saat macet	(Jam density)
K	= Kerapatan rata-rata	(Kend/jam)
a	= Konstanta regresi	
b	= Konstanta regresi	
x	= Variabel bebas	
y	= Variabel tidak bebas	
n	= Jumlah sampel	
n	= Jumlah pengamatan	
I	= Jumlah variabel	
$n-i$	= Derajat kebebasan	
U	= Kecepatan	(Km/jam)
x	= Jarak tempuh Kendaraan	(Km)
t	= Waktu tempuh Kendaraan	(Jam)
U_t	= Kecepatan rata-rata waktu	(Km/jam)
U_s	= Kecepatan rata-rata ruang	(Km/jam)
x	= Jarak tempuh	(Km)
t_1	= Waktu tempuh kendaraan	(Jam)
n	= Jumlah kendaraan yang diamati	
$\sum S^2$	= Deviasi standar dari kecepatan setempat	
U_c	= Kecepatan Maksimum Pada Saat Volume Maksimum	(Km/jam)

q_c	= Volume Maksimum	(Kend/jam)
q_1	= Arus Kendaraan Tipe 1	
EKR_1	= Faktor Ekr Kendaraan Tipe 1	
K_c	= Kerapatan Kendaraan Pada Saat Uc	(Kend/jam)
S	= Standart Deviasi Dari Kecepatan Setempat	
U_{t_1}	= Kecepatan Rata-rata Terhadap waktu	(Km/jam)
W	= Waktu Tempuh Total	
W_o	= Waktu Tempuh Pada Kondisi Arus Bebas	
T	= Tundaan Lalulintas	
TT	= Tundaan Lalulintas Rata-Rata	
TG	= Tundaan Geometrik Rata-Rata	
ω_{AB}	= gelombang kejut mundur bentukan,	
ω_{CB}	= gelombang kejut mundur pemulihan,	
ω_{AC}	= gelombang kejut maju pemulihan.	
ω_{DA}	= gelombang kejut dari kondisi titik awal K ($q_d = 0$ dan $KK = 0$) ke titik A (q_a, K_a).	
ω_{DB}	= gelombang kejut pada saat pintu perlintasan ditutup selama kendaraan berhenti sehingga $q_b = 0$ dan $K_b =$ kerapatan saat macet.	
ω_{AB}	= gelombang kejut saat nilai kerapatan arus pada kondisi volume kendaraan sama dengan volume kebutuhan ($q=q_a$) berangsur-angsur menjadi kerapatan macet (K_b).	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Transportasi jalan dan kereta api merupakan moda transportasi darat yang sangat dibutuhkan oleh pengguna jasa karena kedua moda transportasi tersebut berperan penting dalam mendukung aktivitas masyarakat, baik sebagai angkutan penumpang maupun barang. Perlintasan kereta api adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan, baik jalan raya ataupun jalan setapak. Keberadaan perlintasan sebidang dapat menimbulkan berbagai masalah, diantaranya kemacetan dan kecelakaan. Kemacetan di perlintasan sebidang karena ditutupnya pintu perlintasan untuk mendahulukan perjalanan kereta api sehingga terjadi antrian kendaraan bermotor (Kasus & Mojo, 2017).

Berdasarkan UU 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan pasal 114 menyatakan bahwa pengguna jalan raya harus mendahulukan kereta api dan memberikan hak utama kepada kendaraan yang lebih dahulu melintasi rel kereta api. Setiap perlintasan sebidang idealnya terdapat petugas penjaga pintu perlintasan (PJP), petugas ini mempunyai kewajiban menjaga pintu perlintasan sebidang untuk mengamankan perjalanan kereta api. Pengguna jalan diharapkan untuk selalu mentaati rambu dan peraturan yang sudah ada, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan di perlintasan sebidang. Tetapi masih banyak pengguna jalan yang belum memahami peraturan pemerintah bahwa kereta api harus didahulukan dari kendaraan yang lain, sehingga perlu sekiranya dilakukan sosialisasi di perlintasan sebidang agar pengguna jalan dapat meningkatkan kewaspadaan, kehati-hatian serta pola pikir masyarakat dalam melintasi perlintasan sebidang (Aghstya et al., 2021).

Pedoman kapasitas Jalan Luar Kota ini merupakan bagian dari pedoman kapasitas jalan Indonesia 2014 (PKJI'14), diharapkan dapat memandu dan menjadi acuan teknis bagi para penyelenggara jalan, penyelenggara lalu lintas dan angkutan jalan, pengajar, praktisi baik di tingkat pusat maupun di daerah dalam melakukan perencanaan dan evaluasi kapasitas jalan (Umum, 2014).

Karakteristik lalu lintas adalah arus kendaraan yang bergerak secara individual atau berkelompok pada suatu jalan atau jalur, yang dipengaruhi oleh perilaku manusia dan dinamika kendaraan. Ukuran kuantitatif dalam menilai karakteristik lalu lintas biasa dinyatakan dalam besaran aspek. Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), arus lalu lintas adalah jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekatan per satuan waktu (contoh: kebutuhan lalu lintas kend/jam, skr/jam). Didalam PKJI tersebut nilai arus lalu lintas (q) mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan kendaraan ringan (skr) dengan menggunakan ekivalen kendaraan ringan (ekr) yang diturunkan secara empiris (Adjie & Di, 2020).

Kota Lubuk Pakam merupakan kota yang berada di Provinsi Sumatera Utara dengan pertambahan jumlah penduduk yang semakin tinggi, seiring dengan pertambahan jumlah penduduk aktivitas penduduk di kota Lubuk Pakam pun sangat tinggi, sehingga kebutuhan sarana transportasi darat yang berada di daerah tersebut semakin bertambah.

Berdasarkan latar belakang diatas terkait permasalahan di Lubuk Pakam, maka penulis tertarik mengangkat judul tentang “Analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus)”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan lalu lintas pada ruas jalan yang di pengaruhi perlintasan kereta api dengan menggunakan pendekatan model Greenshilds?.
2. Bagaimana nilai tundaan dan antrian yang terjadi pada saat pintu perlintas tertutup dengan metode gelombang kejut?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapan ruang lingkup penelitian yaitu:

1. Lokasi penelitian terletak pada ruas jalan Pantai Labu.

2. Analisa hubungan arus dengan kecepatan serta kerapatan dengan menggunakan model pendekatan yaitu Model Greenshilds.
3. Kecepatan kendaraan didasarkan pada kecepatan rata-rata ruang, interval waktu pengamatan dan pencatatan volume lalu lintas adalah 15 menit.
4. Survei lalu lintas hanya dilakukan pada jam-jam puncak dan pada saat penutupan pintu perlintas kereta api yaitu:
 - a) Pagi 07:00-09:00 Wib
 - b) Siang 12:00-14:00 Wib
 - c) Sore 16:00-18:00 Wib
 - d) Untuk memperoleh data dilakukan survei selama 7 hari dimulai dari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu, dan Minggu.

1.4. Tujuan Penelitian

Ada beberapa tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan lalu lintas pada ruas jalan yang di pengaruhi perlintasan kereta api?
2. Untuk mengetahui nilai tundaan dan antrian yang terjadi pada saat pintu perlintas tertutup dengan metode gelombang kejut?

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini penulis diharapkan bisa memahami mengenai pentingnya perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api. Para pengguna jalan dipaksa untuk menurunkan kecepatan untuk mengurangi kecelakaan pada lalulintas diruas jalan Pantai Labu.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disesuaikan dengan sistematika yang telah ditetapkan sebelumnya agar lebih mudah memahami isinya. Sistematika penulisan ini memuat hal-hal sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan kerangka teori, pikiran dan hipotesis yang berkaitan dengan topik pembahasan dan studi penelitian.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Secara garis besar bab ini menjelaskan tentang metode analisa yang digunakan dalam penelitian, termasuk menjelaskan masing-masing variabel dan jenis data yang digunakan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan hasil temuan yang menjadin rumusan masalah dalam penelitian yang telah dijawab dengan alat metode analisis yang dipilih.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini memaparkan kembali secara singkat mengenai hasil temuan yang didapatkan dari penelitian, serta bagaimana implikasi temuan tersebut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

2.2.1. Pengertian transportasi

Transportasi adalah kegiatan memindahkan atau mengangkut orang dan atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan atau alat lain, dimana produk yang dipindahkan ke tempat tujuan yang dipindahkan. (Purnama et al., 2017).

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1992 Tentang Perkeretaapian. Bahwa perkeretaapian sebagai salah satu moda transportasi tidak dapat dipisahkan dari moda-moda transportasi lain yang ditata dalam sistem transportasi nasional, mempunyai karakteristik pengangkutan secara masal dan keunggulan tersendiri, perlu lebih dikembangkan potensinya dan ditingkatkan perannya sebagai penghubung wilayah baik nasional maupun internasional (Bappenas Ri, 2020).

2.2. Kemacetan

Kemacetan lalu lintas di jalan terjadi karena arus lalu lintas yang melewati suatu jalan melebihi kapasitas jalan sehingga ruas jalan tersebut mulai tidak mampu untuk menerima arus kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Kemacetan total terjadi apabila kendaraan harus berhenti atau bergerak sangat lambat. Lalu lintas tergantung kepada kapasitas jalan, banyaknya lalu-lintas yang ingin bergerak, tetapi kalau kapasitas jalan tidak menampung, maka lalu-lintas yang ada akan terhambat dan akan mengalir sesuai dengan kapasitas jaringan jalan maksimum (Eros & Hutapea, 2021).

2.3. Karakteristik arus lalulintas

Karakteristik dasar arus lalu lintas adalah arus, kecepatan, dan kerapatan. Karakteristik ini dapat diamati dengan cara makroskopik atau mikroskopik. Pada

tingkat mikroskopik analisis dilakukan secara individu sedangkan pada tingkat makroskopik analisis dilakukan secara kelompok (Farouq, 2018).

Tabel 2.1: Kerangka dasar karakteristik lalu lintas (Farouq, 2018).

Karakteristik lalu lintas	Mikroskopik	Makroskopik
Arus	Waktu antrean (<i>time headway</i>)	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individu	Kecepatan rata-rata
Kerapatan	Jarak antrean (<i>distance headway</i>)	Tingkat kerapatan

2.4. volume lalulintas

Menurut (MM Erman, Alwi Abubakar, 2017) Volume lalulintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan. Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satuan waktu (hari, jam, menit). Dalam pembahasannya volume arus lalulintas terdiri dari beberapa jenis yaitu:

1. Volume harian (*daily volumes*) Volume harian ini sering digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan observasi umum lalu lintas.
2. Volume harian umumnya tidak diibedakan oleh arah atau lajur, tetapi total untuk keseluruhan fasilitas jalan pada lokasi tertentu. Volume jam-an (*hourly volumes*) Volume jam-an adalah volume lalu lintas yang terjadi setiap jam pada lokasi tertentu.
3. Volume lalu lintas padat (volume maksimum) terjadi pada pagi dan sore hari akibat kesibukan orang pergi dan pulang kerja, dan pada volume lalu lintas padat terjadi volume jam puncak (*peak hour*) yang digunakan sebagai dasar dan manajemen lalulintas.
4. Volume per sub-jam (*subhourly volumes*) Volume per sub-jam merupakan volume yang lebih kecil dari volume jam-an yaitu volume yang diperoleh dari waktu yang lebih kecil dari satu jam, biasanya diambil periode 15 menit.

2.5. Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kerapatan

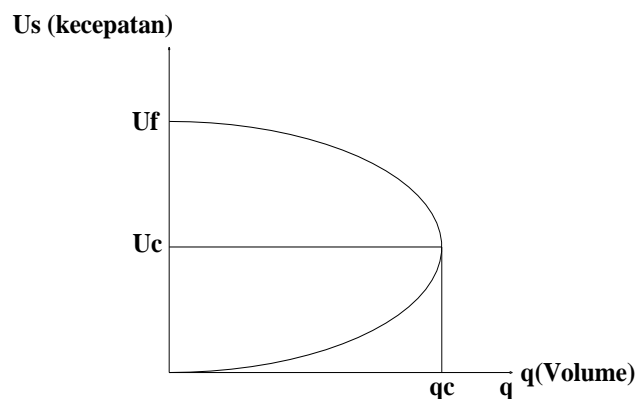
Menurut (Saputra & Savitri, 2021) Pada aliran lalu lintas suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu:

1. Volume yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kerapatan yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis.

2.5.1. Hubungan Volume-Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kerapatan kritis (volume maksimum) tercapai. Hubungan volume dan kecepatan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2.1: Hubungan Volume-Kecepatan (Saputra & Savitri, 2021).

U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

U_f = Kecepatan teoritis untuk lalulintas ketika kerapatannya nol (Km/jam)

U_c = Kecepatan maksimum pada saat volume maksimum (km/jam)

$q_c = \text{Volume maksimum (Kendaraan /jam)}$

Dapat diketahui volume lalu lintas yang melewati suatu titik dihitung melalui Pers. 2.1.

$$q = \sum(q_i \times EKR_i) \quad (2.1)$$

Dimana:

q = Volume (Skr/jam)

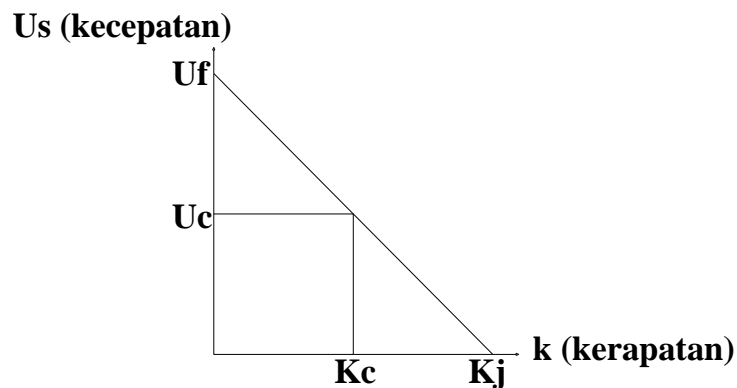
q_i = Arus kendaraan tipe ke-i

EKR_i = Faktor ekr kendaraan tipe ke-i

Setelah kerapatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva diatas menggambarkan dua kondisi yang berbeda, lengan atas menunjukkan kondisi stabil dan lengan bawah menunjukkan kondisi arus padat.

2.5.2. Hubungan Kecepatan-Kerapatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan. Hubungan antara kecepatan dan kepadatan ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 2.2: Hubungan Kecepatan-Kerapatan (Saputra & Savitri, 2021).

U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

U_f = Kecepatan teoritis untuk lalulintas ketika kerapatannya nol (Km/jam)

U_c = Kecepatan maksimum pada saat volume maksimum (km/jam)

K_c = Kerapatan kendaraan pada saat u_c (kendaraan/jam)

K_j = Kerapatan pada saat macet (kendaraan/jam)

K = Kerapatan rata-rata (kendaraan/jam)

Kecepatan merupakan laju pergerakan yang ditandai dengan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi dengan waktu tempuh. Dengan persamaan 2.2.

$$U = x/t \quad (2.2)$$

Dimana:

U = kecepatan (km/jam)

x = jarak tempuh kendaraan (km)

t = waktu tempuh kendaraan (jam)

Untuk kecepatan rata-rata ruang dan Kecepatan rata-rata waktu dapat dihitung dari pengukuran waktu tempuh dan jarak dengan Pers. 2.3-2.4.

$$Ut = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x}{t_i}}{n} \quad (2.3)$$

$$Ut = \frac{x \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i} \text{ atau } Ut = \frac{x}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{t_i}} \quad (2.4)$$

Dimana:

U_t = Kecepatan rata-rata waktu (km/jam)

x = jarak tempuh (km)

t_i = waktu tempuh kendaraan (jam)

n = jumlah kendaraan yang diamati

Kedua jenis kecepatan di atas sangat berguna dalam studi mengenai hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan. Oleh karena itu, pendekatan antara kecepatan setempat dan dan kecepatan rata-rata ruang digunakan Pers. 2.5-2.6 sebagai berikut:

$$\bar{U}_s = \bar{U}_t - s^2 / \bar{U}_t \quad (2.5)$$

$$S = \frac{\sum (U_t - \bar{U}_t)^2}{n-1} \quad (2.6)$$

Dimana:

S = deviasi standar dari kecepatan setempat

U_t = Kecepatan terhadap waktu

U_{t1} = Kecepatan rata rata waktu

2.5.3. Hubungan Volume-Kerapatan

Volume maksimum (q_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_m (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik K_j . Kerapatan merupakan parameter yang menjelaskan keadaan lalulintas dimana terdapat banyaknya jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang ruas tertentu. Nilai kepadatan dapat dihitung jika nilai volume dan kecepatan kederaan telah diperoleh sebelumnya dengan Pers. 2.7.

$$K = \frac{q}{\bar{U}_s} \quad (2.7)$$

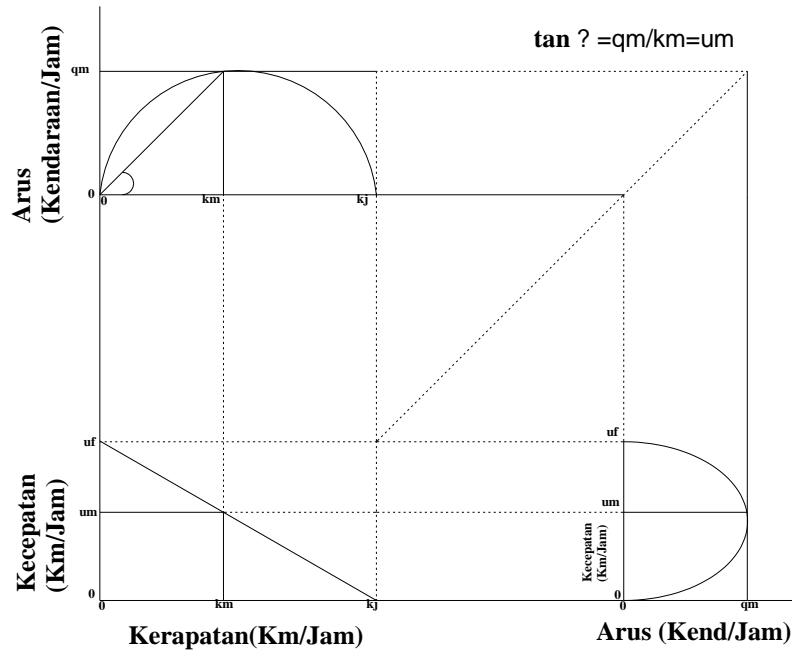
Dimana:

K =kerapatan (skr/km)

q = volume lalulintas (skr/jam)

\bar{U}_s = kecepatan rata-rata ruang

Hubungan volume dan kepadatan ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 2.3: Hubungan Volume – Kerapatan (Saputra & Savitri, 2021).

2.6. Pemodelan Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan arus lalulintas

Analisis untuk suatu ruas jalan didasarkan pada hubungan antara ketiga variabel parameter di atas, yaitu volume, kecepatan dan kerapatan lalulintas dalam keadaan jalan lalulintas yang ideal. Hubungan tersebut mengikuti definisi dari kriteria tingkat pelayanan didasarkan pada faktor penyesuaian untuk kendaraan yang tidak sejenis.

2.6.1. Model Linear Greenshild

Menurut (Greyti S. J. Timpal Theo K. Sendow, 2018) Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kerapatan diasumsikan linear. Model ini merupakan model awal yang tercatat usaha mengamati perilaku arus lalulintas. Hubungan linear kecepatan dan kerapatan ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan arus lalulintas, mengingat fungsi hubungannya yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan.

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. Greenshield yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio,

dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (steady state condition). Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kerapatan diasumsikan linier.

persamaan umum hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan cara regresi linear yaitu.

$$Y = a + bX \quad (2.8)$$

Dengan nilai:

$$a = \frac{\sum k^2 \sum Vs - \sum k \sum k.Vs}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} \quad (2.9)$$

$$b = \frac{n \sum k.Vs - \sum k \sum Vs}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} \quad (2.10)$$

Dengan didapatkan persamaan diatas maka hubungan antara kecepatan dan kerapatan dapat dirumuskan.

1. Hubungan kecepatan dan kerapatan

Pada garis persamaan ini akan memotong kecepatan pada V_f dan memotong absis kerapatan pada K_j , oleh karena itu persamaan yang diperoleh antara lain yaitu:

$$Vs = Vf - (Vf / Kj)K \quad (2.11)$$

Dimana:

V_s = Kecepatan rata-rata

V_f = Kecepatan pada arus bebas (*free-flowspeed*)

K_j = Kerapatan pada saat macet (*jam density*)

K = Kerapatan rata-rata

2. Hubungan arus dan kerapatan

Hubungan matematis antara arus dan kerapatan dapat diturunkan dengan

Persamaan dasar yaitu (2.1) $q = v_s \cdot K$ dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (2.12).

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_f - \frac{V_f}{K_j} \times \frac{q}{V_s} \\
 q &= \frac{V_f}{K_j \cdot V_s} \Rightarrow V_s = V_f - V_s \\
 q &= (V_f - V_s) \left(\frac{K_j \cdot V_s}{V_f} \right) \\
 q &= K_j \times V_s - \frac{K_j}{V_f} V_s^2 \tag{2.12}
 \end{aligned}$$

Kerapatan akhirnya menghasilkan persamaan parabola untuk hubungan antara volume dan kecepatan. Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara volume dan kerapatan, maka nilai $V_s = q/k$ di substitusikan kedalam persamaan kecepatan dan kerapatan, sehingga hasil persamaan (2.13).

$$\begin{aligned}
 dq &= V_f - 2k \left(\frac{V_f}{k_j} \right) k \\
 \frac{dq}{dk} &= V_f \cdot k - \left(\frac{V_f}{k_j} \right) k^2 = 0 \\
 &= V_f - 2 \left(\frac{V_f}{k_j} \right) k \\
 K &= \frac{V_f}{2} \left(\frac{V_f}{k_j} \right) \\
 q &= a \cdot k - b \cdot k^2 \tag{2.13}
 \end{aligned}$$

Nilai k dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu.

$$\begin{aligned}
 qm &= V_f \cdot k - \left(\frac{V_f}{k_j} \right) k^2 \\
 &= V_f \cdot \frac{k_j}{2} - \frac{V_f}{k_j} \times \left(\frac{k_j}{2} \right)^2 \\
 &= \frac{V_f \times k}{2} - \frac{V_f \times k_j^2}{4k_j} \\
 &= \frac{V_f \cdot k_j}{2} - \frac{V_f \cdot k_j}{4} \\
 qm &= \frac{V_f \cdot k_j}{4} \tag{2.14}
 \end{aligned}$$

2.7. Panjang tundaan

Tundaan adalah waktu yang hilang akibat adanya gangguan lalu-lintas yang berada diluar kemampuan pengemudi untuk mengontrolnya. (Audie et al., 2019). Terdapat dua jenis tundaan yang dapat terjadi didalam arus lalu lintas yaitu:

1. Tundaan tetap.

Tundaan tetap merupakan tundaan yang disebabkan oleh alat-alat pengendali lalu lintas. Tundaan ini seringkali terjadi dipersimpangan-persimpangan jalan. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi terjadinya tundaan di persimpangan, yaitu:

- Faktor-faktor fisik, yang meliputi jumlah jalur, lebar jalan, pengendali akses menuju jalan tersebut, dan tempat-tempat transit.
- Pengendali lalu lintas, yang meliputi jenis dan pengaturan waktu dari lampu lalu lintas, tanda berhenti, pengendali belokan, dan pengendali parkir.

2. Tundaan Operasional.

Tundaan operasional merupakan tundaan yang disebabkan oleh gangguan antara unsur-unsur didalam arus lalu lintas atau tundaan yang disebabkan oleh adanya pengaruh dari lalu lintas lain. Misalnya Tundaan pada daerah perlintasan sebidang jalan dan jalan rel ini bukan hanya disebabkan oleh penutupan pintu perlintasan, namun juga disebabkan oleh ketidak-rataan oleh alur rel yang melintang terhadap badan jalan dan hal ini juga mengakibatkan tundaan meskipun pintu perlintasan dalam keadaan terbuka, yakni yang dikenal sebagai tundaan geometrik. Penundaan mencerminkan waktu yang tidak produktif dan bila dinilai dengan uang, maka hal ini menunjukkan jumlah biaya yang harus dibayar masyarakat karena memiliki jalan yang tidak memadai. Semakin tinggi arus dipersimpangan akan menyebabkan tingkat tundaan yang lebih tinggi dipersimpangan tersebut. Berdasarkan definisi diatas dapat diturunkan kedalam persamaan matematis sebagai berikut:

$$W = W_0 + T \quad (2.15)$$

Dimana:

W = Waktu tempuh total

W_o = Waktu tempuh pada kondisi arus bebas, yang merupakan waktu minimum yang diperlukan untuk melintasi suatu ruas jalan tertentu.

T = Tundaan Tundaan terdiri atas tundaan lalulintas (TT) dan tundaan Geometrik(TG), dan secara matematis dapat dinyatakan dengan Pers. 2.16.

$$T = TT + TG \quad (2.16)$$

Dimana:

TT = Tundaan lalulintas rata-rata

TG = Tundaan geometrik rata-rata

2.8. Panjang Antrian

Panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan pada suatu kaki pendekat (meter), sedangkan antrian sendiri dapat didefinisikan sebagai jumlah antrian kendaraan pada suatu pendekat (kendaraan, smp) Atau dapat disederhanakan menjadi banyaknya kendaraan yang mendekati suatu mulut simpang, diukur dari garis henti di mulut simpang hingga ke ujung antrian yang dapat di ukur dalam satuan kendaraan atau satuan panjang (meter).

Panjang antrian dapat terjadi karena dua kondisi yaitu karena NQ1 dan NQ2. NQ1 sendiri adalah jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dalam satuan skr. Sedangkan NQ2 adalah jumlah antrian yang datang karena fase merah dalam satuan skr (Pratama & Susilo, 2019).

2.9. Pintu perlintasan

Pintu perlintasan kereta api merupakan salah satu dari rangkaian teknologi yang ter- dapat dalam sistem perkeretaapian. Perlintasan kereta api adalah perpotongan antara jalan rel dengan jalan raya. Perlintasan kereta api dibagi ke dalam dua macam. Pertama, perlintasan sebidang yang diartikan sebagai elevasi jalan rel dan jalan raya ada pada satu bidang. Perlintasan sebidang ada yang berpintu dan ada yang tanpa pintu. Perlintasan yang tanpa pintu diperlukan ruang bebas pandang. Kedua, per- lintasan tidak sebidang yang diartikan sebagai elevasi

jalan rel dan jalan raya tidak berada pada satu bidang. Jalan raya yang berada di bawah jalan rel disebut *under pass* dan jalan raya yang berada di atas jalan rel disebut *fly over* (Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 2005) (Resmadi, 2018).

2.10. Gelombang Kejut

Gelombang kejut didefinisikan sebagai batas kondisi berbasis ruang dan waktu ditandai dengan diskontinuitas antara arus padat dan tak padat (May, 1990). Sedangkan Lighthill dan Whitham seperti dikutip dari Wohl dan Martin (1967) menjelaskan bahwa gelombang kejut terbentuk ketika pada sebuah ruas jalan terdapat arus dengan kerapatan rendah yang diikuti oleh arus dengan kerapatan tinggi, dimana kondisi ini mungkin diakibatkan oleh kecelakaan, pengurangan jumlah lajur, atau jalur masuk ramp (Sumarsono et al., 2017).

Dimana t_1 adalah saat pintu perlintasan ditutup dan gelombang kejut mundur bentukan terjadi. Selanjutnya t_2 adalah saat pintu dibuka kembali. Sedangkan t_3 adalah saat antrian kendaraan berangsur hilang dan gelombang kejut maju bentukan terjadi.

Gelombang kejut pada persimpangan jalan dan jalan rel terjadi pada kondisi perlintasan dibuka dan ditutup. Pertama akibat tertutupnya badan jalan dan yang kedua karena perlambatan sebagai akibat dari pengurangan kecepatan kendaraan di depan kelompok kendaraan (platoon) untuk mengurangi ketidaknyamanan saat melintasi jalur rel yang tidak rata. Gelombang kejut yang terbentuk dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\omega_{AB} = \frac{qb-qa}{Kj-Ka} = - \frac{qa}{Kj-Ka} \quad (2.17)$$

$$\omega_{CB} = \frac{qb-qc}{Kj-Kc} = - \frac{qc}{Kj-Kc} \quad (2.18)$$

$$\omega_{AC} = \frac{qc-qa}{Kc-Ka} \quad (2.19)$$

Dimana:

ω_{AB} = gelombang kejut mundur bentukan,

ω_{CB} = gelombang kejut mundur pemulihan dan

ω_{AC} = gelombang kejut maju pemulihan.

ω_{DA} = gelombang kejut dari kondisi titik awal K ($q_d = 0$ dan $K_K = 0$) ke titik A (q_a, K_a).

ω_{DB} = gelombang kejut pada saat pintu perlintasan ditutup selama kendaraan berhenti sehingga $q_b = 0$ dan K_b = kerapatan saat macet.

ω_{AB} = gelombang kejut saat nilai kerapatan arus pada kondisi volume kendaraan sama dengan volume kebutuhan ($q = q_a$) berangsur-angsur menjadi kerapatan macet (K_b).

Interval waktu antara t_2 dan t_3 dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_3 - t_2 = r \left| \frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right| \quad (2.20)$$

Panjang antrian maksimum pada waktu t_3 dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$p_a = \frac{r}{3600} \times \left| \frac{\omega_{CB} - \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right| \quad (2.21)$$

dimana r = lamanya waktu penutupan pintu perlintasan = $t_2 - t_1$

$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{(\omega_{CB} - \omega_{AB})} \times \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right| \quad (2.22)$$

$(t_4 - t_2) = T$ merupakan waktu penormalan, yaitu total waktu antara sejak diberlakukannya penormalan lajur hingga antrian berakhir.

Jumlah kendaraan yang mengalami antrian:

$$N = (r + t_a) \times q_a \quad (2.23)$$

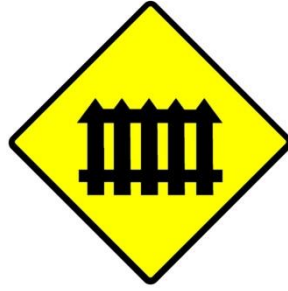
Tundaan yang terjadi adalah:

$$T = \frac{1}{2} \times r + N \quad (2.24)$$

2.11. Rambu peringatan pada perlintasan sebidang

Rambu Peringatan adalah rambu yang digunakan untuk menyatakan peringatan bahaya atau tempat berbahaya pada jalan di depan pemakai jalan. Rambu peringatan terdiri dari (Novandi et al., 2010):

1. Rambu yang menyatakan adanya perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api dimana jalur kereta api dilengkapi dengan pintu perlintasan, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Rambu peringatan Persilangan datar dengan lintasan kereta api berpintu (Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2005).

2. Rambu yang menyatakan adanya perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api dimana jalur kereta api tidak dilengkapi dengan pintu perlintasan, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Rambu peringatan Persilangan datar dengan lintasan kereta api tanpa pintu (Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2005)

3. Rambu peringatan kata-kata yang menyatakan agar berhati-hati mendekati pintu perlintasan kereta api dapat di lihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6: Rambu peringatan kata-kata (Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2005).

2.12. Kapasitas Jalan perkotaan

Pedoman ini menetapkan ketentuan mengenai perhitungan kapasitas untuk perencanaan dan evaluasi kinerja lalu lintas Jalan perkotaan, meliputi kapasitas jalan (C) dan kinerja lalu lintas jalan yang diukur oleh derajat kejenuhan (DJ), kecepatan tempuh (VT), dan waktu tempuh (TT). Pedoman ini dapat digunakan pada ruas-ruas umum yang berada di lingkungan perkotaan dengan tipe jalan 2/2TT, 4/2TT, dan Jalan Raya tipe 4/2T serta 6/2T.

1. ekivalen kendaraan ringan (ekr)

faktor penyeragaman satuan dari beberapa tipe kendaraan dibandingkan terhadap KR sehubungan dengan pengaruhnya kepada karakteristik arus campuran (untuk mobil penumpang dan/atau kendaraan ringan yang sama sasisnya memiliki $ekr = 1,0$).

2. kendaraan berat (KB)

kendaraan bermotor dengan dua sumbu atau lebih, beroda 6 atau lebih, panjang kendaraan 12,0m atau lebih dengan lebar sampai dengan 2,5m, meliputi Bus besar, truk besar 2 atau 3 sumbu (tandem), truk tempelan, dan truk gandeng.

3. kendaraan ringan (KR)

kendaraan bermotor dengan dua gandar beroda empat, panjang kendaraan tidak lebih dari 5,5m dengan lebar sampai dengan 2,1m, meliputi sedan, minibus (termasuk angkot), mikrobis (termasuk mikrolet, oplet, metromini), pick-up, dan truk kecil.

4. sepeda motor (SM)

kendaraan bermotor beroda dua dan tiga dengan panjang tidak lebih dari 2,5m dengan lebar sampai dengan 1,2 meliputi motor, skuter motor gede (moge).

5. kendaraan sedang (KS)

kendaraan bermotor dengan dua as, dengan jarak gandar (gandar pertama ke kedua) 3,5 – 5,0m.

6. kendaraan tak bermotor (KTB)

kendaraan yang tidak menggunakan motor penggerak, bergerak ditarik oleh orang atau hewan, termasuk sepeda, beca, kereta dorongan, dokar, andong, gerobak.

Tabel 2.2: Ekvivalen kendaraan ringan untuk tipe jalan 2/2TT

Sumber: PKJI 2014 Hal 28

Tipe jalan:	Arus lalu-lintas total dua arah (kend/jam)	Ekr			
		Kb	Kb	Sm	
				Lebar jalur lalu-lintas, Ljalur	
				< 6 m	> 6m
2/2TT	< 3700	1,2	1,3	0,5	0,40
	> 1800	1,4	1,2	0,35	0,25

Tabel 2.3: Ekvivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah

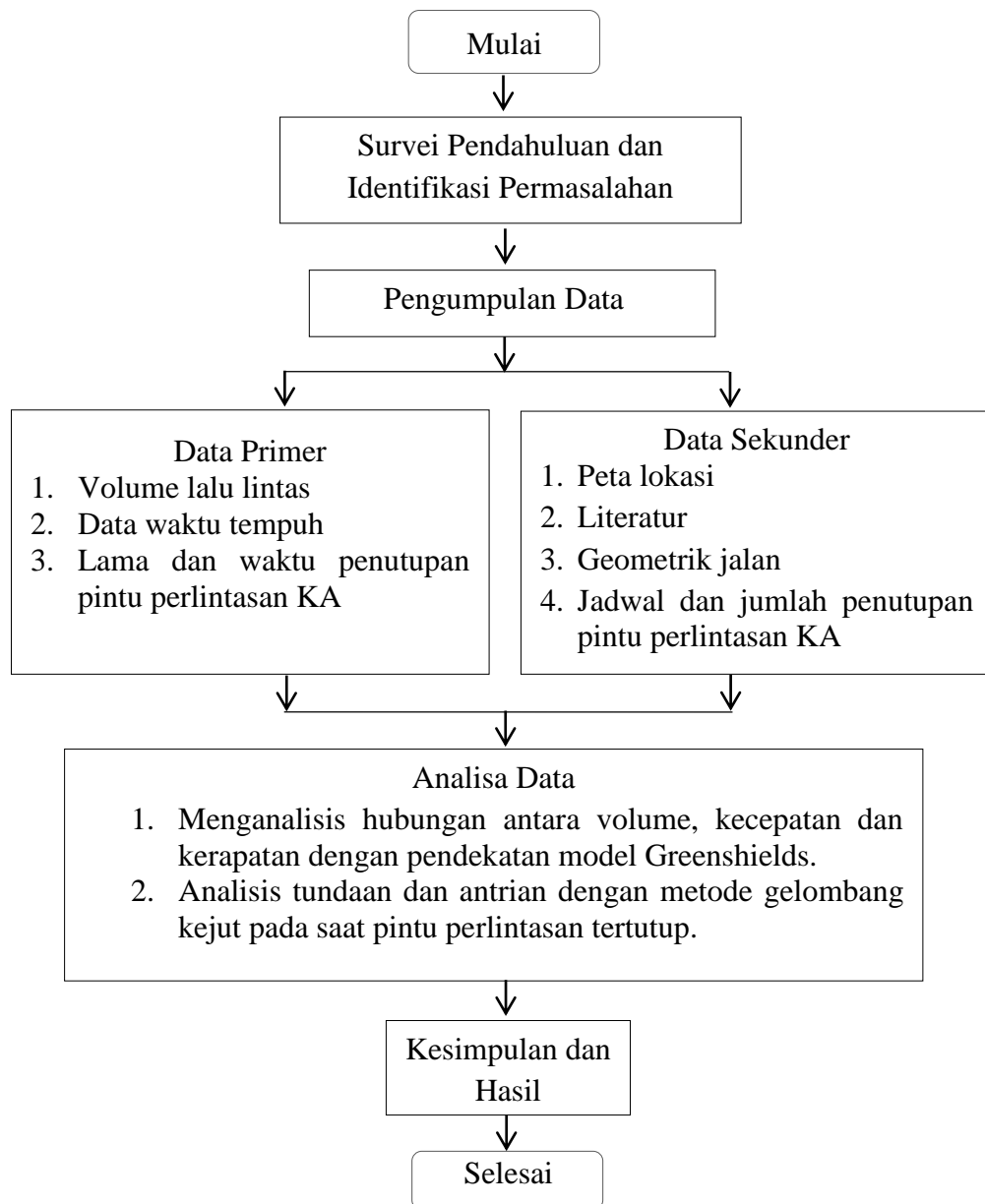
Sumber:PKJI 2014 Hal 28

Tipe jalan:	Arus lalu-lintas per lajur(kend/jam)	Ekr		
		Kb	Sm	Ks
2/1, dan 4/2T	< 1050	1,3	0,40	1,2
	> 1050	1,2	0,25	1,4
3/1, dan 6/2D	< 1100	1,3	0,40	1,2
	> 1100	1,2	0,25	1,4

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini merupakan bagan alir penelitian yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian.

3.2. Pemilihan lokasi penelitian

Pada penelitian ini yang menjadi lokasi penelitian adalah pada perlintasan sebidang antara Jalan Pantai Labu Kota Lubuk Pakam dengan jalur kereta api. Adapun alasan pemilihan lokasi penelitian ini adalah:

1. Jenis kendaraan dan jumlah volume yang melewati jalan ini bervariasi.
2. Perlintasan sebidang jalan ini merupakan perlintasan yang dilengkapi dengan pos penjaga, pintu perlintasan, sinyal tanda, dan pembatas/pengendali kecepatan kendaraan (rumble strips).

Lokasi pengambilan data adalah pada ruas Jalan Pantai Labu untuk arah pergerakan lalu lintas dari jalan Palang Merah menuju Jalan Kota Lubuk Pakam.

3.3. Variabel yang akan diukur

Pada penelitian ini data yang diperlukan dari kondisi di lapangan adalah data volume kendaraan (q) dan waktu tempuh kendaraan untuk melalui suatu penggal jalan tertentu. Dari data waktu tempuh didapatkan besarnya kecepatan rata-rata waktu dan kecepatan rata-rata ruang, sedangkan kerapatan akan dihitung berdasarkan data volume dan kecepatan kendaraan.

Besarnya volume lalu lintas diperoleh dengan mencatat jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan tertentu di lokasi penelitian berdasarkan jenis kendaraannya, kemudian data ini dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (ekr).

Kecepatan setempat kendaraan diukur dengan mencatat waktu tempuh kendaraan untuk melalui suatu jarak tertentu yang telah ditetapkan, dimana kecepatan adalah hasil bagi antara jarak dengan waktu tempuh. Selanjutnya, untuk mendapatkan variabel kerapatan (K) dilakukan dengan membagi jumlah volume dengan kecepatan.

3.4. Metode Pengambilan Data PT.KAI

Metode pengambilan data yang digunakan adalah metode survei untuk data primer sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari PT.KAI.

3.5. Metode Pengumpulan Data

3.5.1. Alat Pengumpulan Data

Selama pelaksanaan pengamatan lalu lintas untuk keperluan tugas akhir ini, maka dibentuk satu tim survei. Sebelum melakukan tugasnya tim ini terlebih dahulu diberi penjelasan bagaimana cara mendapatkan data di lapangan. Pada tahapan pengumpulan data ini diperlukan alat-alat pendukung seperti:

1. Stop watch digital, untuk mencatat waktu tempuh kendaraan yang melewati penggal jalan dan menghitung lamanya waktu pintu perlintasan ditutup.
2. Meteran, untuk mengukur penggal jalan dan geometrik lokasi penelitian.
3. Alat tulis untuk mencatat data.
4. Alat penanda batas pengamatan (lakban).
5. Alat hitung manual/*counter*.
6. Tabel survey volume lalu lintas, untuk menghitung banyaknya kendaraan yang lewat pada bidang pengamatan berdasarkan jenis kendaraan.
7. Untuk tim survei lapangan di laksanakan oleh 5 orang.

3.5.2. Periode Pengamatan Data

Data lalu lintas biasanya berulang mungkin jam-an, harian, atau musiman. Pemilihan waktu survei yang pantas tergantung dari tujuan survei. Untuk menggambarkan kondisi lalu lintas pada jam puncak, maka survei dilakukan selama 7 hari, yaitu hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu, dan Minggu pada jam-jam sibuk seperti pagi hari yang dimulai pada (pukul 07.00 wib s/d 09.00 wib), pada siang hari (pukul 12.00 wib s/d 14.00 wib), pada sore hari dilakukan pada (pukul 16.00 wib s/d 18.00 wib). Survei juga dilakukan pada saat pintu perlintasan kereta api tertutup. Survei tidak dilakukan pada saat lalu lintas dipengaruhi oleh kejadian yang tidak biasanya, seperti saat terjadinya kecelakaan lalu lintas, hari libur nasional, perbaikan jalan dan bencana alam.

3.5.3. Metode Pengolahan Data Primer

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan di lapangan, terdapat data primer yaitu:

1. Data volume kendaraan

Data volume kendaraan diperoleh dengan menghitung jumlah kendaraan yang melewati titik penelitian dengan menggunakan alat hitung manual/*counter* dalam kurun waktu 15 menit selama 1 jam. Jenis kendaraan terbagi atas tiga jenis yaitu kendaraan ringan (Kr), kendaraan berat (Kb), dan Sepeda motor (Sm).

2. Data waktu tempuh

Pengambilan waktu tempuh kendaraan dilapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak. Metode setempat yang dimaksud untuk mengukur karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalulintas.

3. Data lama penutupan pintu perlintasan

Waktu dan lamanya penutupan pintu perlintasan kereta api ditutup (mulai ditutup sampai dibuka kembali). Perhitungan penutupan pintu dimulai saat pintu berada pada posisi 45° dari arah vertikal sampai pintu terbuka 45° dari arah horizontal. Dapat diketahui bahwa pada periode pengamatan 07:00 –18:00 WIB terdapat 18 kali penutupan pintu perlintasan. Frekuensi penutupan yang tinggi pada saat kondisi volume lalulintas juga tinggi menyebabkan timbulnya kerugian berupa hilangnya waktu akibat tundaan dan antrian. Waktu penutupan yang besar mengakibatkan waktu antrian yang lama yang menimbulkan kerugian waktu dan pencemaran udara dari emisi gas buang kendaraan.

4. Perhitungan Tundaan dan antrian dengan Metode Gelombang Kejut

Tundaan akibat penutupan pintu perlintasan dihitung dengan metode gelombang kejut. Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini adalah kecepatan, volume kendaraan dan lama waktu penutupan pintu perlintasan. Setelah didapatkan besarnya gelombang kejut, selanjutnya dihitung waktu pertemuan antara gelombang kejut 1 dengan gelombang Kejut 2 yang terjadi dibelakang perlintasan sebidang jalan dengan jalur rel yang disimbolkan dengan t_1 digunakan untuk menghitung panjang jarak dibelakang perlintasan sebidang jalan dan jalan rel dimana kendaraan terakhir mengalami tundaan, yang diberi

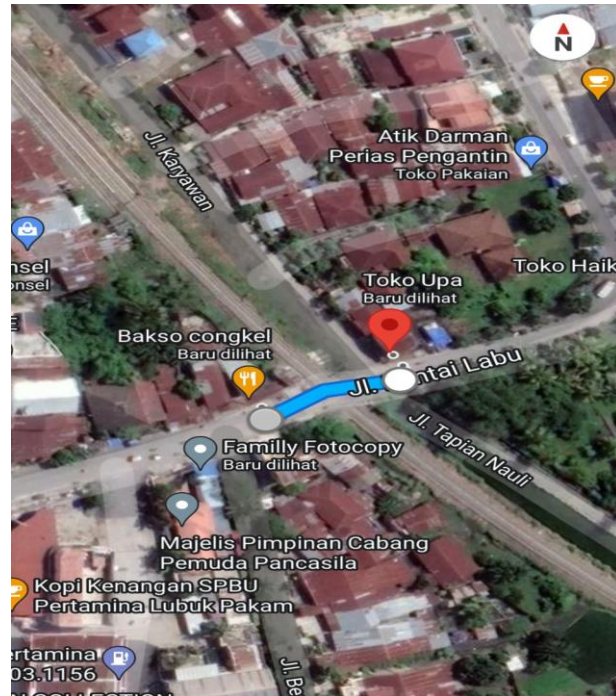
simbol L dan dinyatakan dalam satuan km. Kemudian dihitung lama waktu yang diperlukan oleh kecepatan Gelombang 3 melewati segmen sepanjang L yang dinyatakan dalam t_2 dalam satuan jam. Waktu yang diperlukan oleh kendaraan untuk kembali ke kondisi normal yaitu t_1 , dan volume lalu lintas digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang mengalami tundaan. Selanjutnya dari jumlah kendaraan dan data t_1 dan t_2 serta volume kendaraan dapat dihitung besarnya tundaan satu periode waktu penutupan.

3.5.4. Metode Pengolaan Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh penelitian dari sumber yang sudah ada. Data-data tersebut meliputi:

1. Peta Lokasi

Peta yang berfungsi sebagai pemberi informasi kepada pembaca mengenai letak dari sebuah objek penelitian, yang dapat kita lihat seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2: Lokasi penelitian.

2. Literatur

Suatu sumber ataupun rujukan yang digunakan dalam berbagai aktifitas ataupun dalam dunia pendidikan maupun kegiatan riset yang berkaitan.

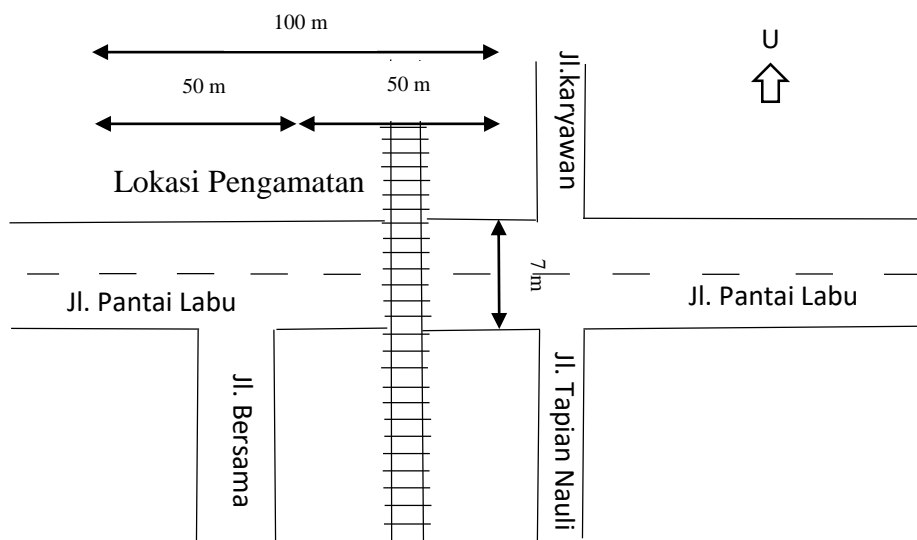
3. Data geometrik

Pengambilan data geometrik dilaksanakan dengan mengukur langsung di lapangan.

Data-data yang dibutuhkan adalah:

- Lebar jalan dan panjang jalan.
- Adanya marka putus-putus.
- sketsa lokasi penelitian.

Adapun Sketsa lokasi pada penelitian ini terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.3: Sketsa Lokasi penelitian.

4. Jadwal dan jumlah penutupan pintu perlintasan KA

Jadwal dan jumlah penutupan pintu perlintasan kereta api diperoleh dengan melakukan pengamatan selama 1 (satu) hari pada lokasi penelitian, sehingga diketahui kapan saja jadwal dan jumlah penutupan pintu perlintasan kereta api.

3.6. Data Hasil Survei Lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan survei pendahuluan dan pengambilan data di lapangan yang dilakukan pada hari senin sampai hari minggu (19-25 September 2022), maka diperoleh Data Jadwal dan penutupan pintu perlintasan dan Data Volume lalulintas.

Tabel 3.1: Data Jadwal dan penutupan pintu perlintasan hasil survei.

No.	Nomor KA	Jam Langsung	Jurusan		Catatan
			Dari	Ke	
1	2831	07:07	ARB	LDT	Adlolina Cpo
2	U66	07:47	ARB	LDT	Putri Deli
3	U54	08:34	ARB	LDT	Sribilah Utama
4	2806	09:03	ARB	LDT	Tebel Cpo
5	2810	09:28	ARB	LDT	Kisabel Cpo
6	U71	10:31	LDT	ARB	Siantar Ekspres
7	U58F	11:11	ARB	LDT	Sribilah Utama
8	U65	12:01	LDT	ARB	Putri Deli
9	U53	12:44	LDT	ARB	Sribilah Utama
10	U68	13:40	ARB	LDT	Putri Deli
11	2843	13:46	LDT	ARB	Sitabel Cargo
12	U72	14:23	ARB	LDT	Sianter Ekspres
13	2801	15:49	LDT	ARB	Sitabu Ekspres
14	U52	15:53	ARB	LDT	Sribilah Utama
15	U67	16:34	LDT	ARB	Putri Deli
16	2831	17:14	LDT	ARB	Adolina Cpo
17	2803	17:46	LDT	ARB	Kisarbu Ekspres
18	U55	18:00	LDT	ARB	Sribilah Utama

Tabel 3.2: Data Lama dan penutupan pintu perlintasan hasil survei.

No	Waktu		Lama Penutupan (detik)
	Awal	Akhir	
1	7:07:00	7:08:08	68
2	7:47:00	7:48:15	75
3	8:34:00	8:35:15	75
4	9:03:00	9:04:15	75
5	9:28:00	9:29:20	80
6	10:31:00	10:32:34	94
7	11:11:00	11:12:12	72
8	12:01:00	12:02:34	94
9	12:44:00	12:45:12	72
10	13:40:00	13:41:32	92
11	13:46:00	13:47:13	73
12	14:23:00	14:24:41	101
13	15:49:00	15:50:25	85
14	15:53:00	15:54:15	75
15	16:34:00	16:35:56	116
16	17:14:00	17:15:45	105
17	17:46:00	17:47:37	97
18	18:00:00	18:01:48	108

Tabel 3.3: Data volume lalu lintas hari Sabtu tanggal 24 September 2022.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	14	5	230	8	0
2	07:15-07:30	18	4	290	6	0
3	07:30-07:45	15	5	245	7	0
4	07:45-08:00	14	3	207	6	0
5	08:00-08:15	11	4	173	8	0
6	08:15-08:30	23	5	199	10	0
7	08:30-08:45	38	6	210	7	0
8	08:45-09:00	26	5	241	9	0
	Pagi	159	37	1795	61	0
9	12:00-12:15	42	6	210	7	0
10	12:15-12:30	48	7	250	14	0
11	12:30-12:45	35	6	280	15	0
12	12:45-13:00	47	8	267	13	0
13	13:00-13:15	48	7	295	15	0
14	13:15-13:30	45	4	300	13	0
15	13:30-13:45	48	7	270	12	0
16	13:45-14:00	37	8	245	17	0
	Siang	350	53	2117	106	0
17	16:00-16:15	92	7	365	15	0
18	16:15-16:30	60	8	330	18	0
19	16:30-16:45	65	9	393	10	0
20	16:45-17:00	76	8	390	15	0
21	17:00-17:15	71	7	397	13	0
22	17:15-17:30	65	9	474	17	0
23	17:30-17:45	66	8	458	15	0
24	17:45-18:00	76	6	459	20	0
		571	62	3266	123	0
	Total	1080	152	7178	290	0
	Total Keseluruhan	8700				

Tabel 3.4: Data waktu tempuh kendaraan hari sabtu tanggal 24 September 2022 (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Pagi					
1	07.00-07.15	4.97	7.67	5.52	6.57	0
		6.83	6.43	5.49	6.43	0
		4.72	7.98	4.29	6.78	0
		5.02	6.43	5.83	6.34	0
		5.63	6.58	5.12	6.15	0
	Rata-rata	5.434	8.7725	5.25	6.454	0
2	07.15-07.30	5.8	7.58	5.73	6.78	0
		6.73	6.23	5.3	6.89	0
		7.22	7.81	4.96	6.92	0
		7.24	7.15	6.92	6.87	0
		6.55	6.8	5.48	7.01	0
	Rata-rata	6.708	8.8925	5.678	6.894	0
3	07.30-07.45	4.47	6.26	6.56	7.25	0
		5.4	7.38	6	6.97	0
		6.4	7.81	5.9	7.31	0
		6.28	6.81	6.07	6.67	0
		6.43	0	6.28	7.54	0
	Rata-rata	5.796	7.065	6.162	7.148	0
4	07.45-08.00	7.28	6.58	4.78	6.87	0
		5.32	6.08	5.06	6.57	0
		5.55	6.38	5.84	6.43	0
		7.06	0	5.73	6.95	0
		5.53	0	5.66	6.89	0
	Rata-rata	6.148	6.346667	5.414	6.742	0
	Rata-rata keseluruhan	6.0215	7.769167	5.626	6.8095	0

Tabel 3.4: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Pagi					
5	08.00-08.15	4.77	5.94	5.66	5.23	0
		4.81	6.42	4.32	5.21	0
		5.12	5.91	4.49	5.32	0
		5	5.34	5.7	5.01	0
		4.7	0	6.1	5	0
	Rata-rata	4.88	5.9025	5.254	5.154	0
6	08.15-08.30	7.84	6.95	5.07	5.67	0
		6.19	7.53	5.23	5.76	0
		6.25	6.05	5.14	5.45	0
		6.47	7.76	5.41	5.34	0
		5.41	5.84	4.87	5.52	0
	Rata-rata	6.432	6.826	5.144	5.548	0
7	08.30-08.45	7.09	6.93	4.91	6.12	0
		7.27	6.72	5.94	6.23	0
		6.66	6.5	5.84	6.43	0
		7.04	7.23	5.53	6.76	0
		7.09	6.45	4.38	6.87	0
	Rata-rata	7.03	6.766	5.32	6.482	0
8	08.45-09.00	5.72	6.53	5.62	7.43	0
		5.03	8.75	4.84	7.56	0
		6.12	8.29	5.68	7.87	0
		5.72	7.84	5.5	7.98	0
		4.56	5.04	4.55	7.12	0
	Rata-rata	5.43	7.29	5.238	7.592	0
	Rata-rata keseluruhan	5.943	6.696125	5.239	6.194	0

Tabel 3.4: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Siang					
9	12.00-12.15	6.25	5.88	5.12	6.01	0
		5.33	6.55	4.84	6.12	0
		7.66	7.44	5.5	6.32	0
		5.09	6.3	4.84	6.21	0
		4.96	6.43	5.78	6.42	0
	Rata-rata	5.858	6.52	5.216	6.216	0
10	12.15-12.30	5.97	7.21	5.83	6.87	0
		7.01	6.2	6.03	6.98	0
		7.03	6.21	5.37	6.79	0
		6.23	6.44	5.02	6.56	0
		4.96	8	5.28	6.83	0
	Rata-rata	6.24	6.812	5.506	6.806	0
11	12.30-12.45	8.51	6.13	4.5	5.65	0
		5.29	6.03	4.75	6.87	0
		5.28	4.42	5.21	5.56	0
		6.32	5.71	5.87	5.87	0
		4.67	5.81	4.63	6.01	0
	Rata-rata	6.014	5.62	4.992	5.992	0
12	12.45-13.00	5.55	8.03	5.84	5.65	0
		6.37	5.62	5.02	5.21	0
		6.33	6.5	4.77	5.98	0
		5.86	6.13	4.53	5.35	0
		6.15	6.2	5.15	5.87	0
	Rata-rata	6.052	6.496	5.062	5.612	0
	Rata-rata keseluruhan	6.041	6.362	5.194	6.1565	0

Tabel 3.4: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Siang					
13	13.00-13.15	7.83	9.86	4.44	7.89	0
		6.29	8.6	4.37	7.56	0
		5.46	7.12	4.34	7.01	0
		5.14	5.89	5.47	7.56	0
		6.25	8.5	4.9	8.02	0
	Rata-rata	6.194	7.994	4.704	7.608	0
14	13.15-13.30	5.65	7.16	5.62	7.01	0
		7.05	7.87	4.66	7.65	0
		6.03	7.16	5.09	7.98	0
		5.77	7.15	4.81	7.52	0
		7.49	0	5.27	7.09	0
	Rata-rata	6.398	7.335	5.09	7.45	0
15	13.30-13.45	5.81	4.71	6.4	5.89	0
		5.71	9.28	5.5	7.9	0
		6.6	6.97	5.74	7.04	0
		5.75	7.94	5.18	6.78	0
		5.87	8.5	4.77	7.24	0
	Rata-rata	5.948	7.48	5.518	6.97	0
16	13.45-14.00	5.69	5.46	5.52	5.9	0
		5.09	6.41	5.68	5.67	0
		6.64	9.1	5.28	5.87	0
		5.8	6.35	5.84	5.98	0
		6.39	7.31	5.09	5.34	0
	Rata-rata	5.922	6.926	5.482	5.752	0
	Rata-rata keseluruhan	6.1155	7.43375	5.1985	6.945	0

Tabel 3.4: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Sore					
17	16.00-16.15	6.38	7.49	4.87	6.89	0
		6.02	8.89	4.71	6.78	0
		5.27	7.19	5.21	6.94	0
		5.45	6.19	4.27	6.35	0
		6.3	8.16	4.21	6.03	0
	Rata-rata	5.884	7.584	4.654	6.598	0
18	16.15-16.30	8.23	8.43	5.56	7.09	0
		6.47	6.48	5.26	7.68	0
		8.51	6.31	5.41	7.34	0
		5.09	6.41	5.28	7.21	0
		7.07	6.19	5.84	6.01	0
	Rata-rata	7.074	6.764	5.47	7.066	0
19	16.30-16.45	7.45	5.15	6	5.6	0
		7.13	5.81	4.95	5.34	0
		8.41	6.21	4.39	5.98	0
		7.09	8	4.73	5.53	0
		8.77	7.25	5.25	6.09	0
	Rata-rata	7.77	6.484	5.064	5.708	0
20	16.45-17.00	6.08	8.25	4.41	7.9	0
		6.78	10.47	5.59	6.09	0
		7.5	8.52	4.7	6.56	0
		8.13	6.16	5.63	7.56	0
		6.47	7.99	5.64	6.89	0
	Rata-rata	6.992	8.278	5.194	7	0
	Rata-rata keseluruhan	6.93	7.2775	5.0955	6.593	0

Tabel 3.4: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Sore					
21	17.00-17.15	5.07	6.48	5.53	6.78	0
		6.09	9.09	5.57	6.87	0
		6.55	8.04	5.58	6.34	0
		7.4	7.8	5.67	7.89	0
		8.76	9.8	5.26	7.45	0
	Rata-rata	6.774	8.242	5.522	7.066	0
22	17.15-17.30	6.18	8.61	5.14	7.65	0
		8.86	7.5	5.19	6.78	0
		6.94	7.21	5.93	6.23	0
		8.84	8.84	5.28	7.05	0
		8.03	7.59	6.29	6.56	0
	Rata-rata	7.77	7.95	5.566	6.854	0
23	17.30-17.45	7.63	11.22	6.81	9.89	0
		6.78	10.35	5.06	8.76	0
		8.52	8.48	5.93	8.9	0
		8.99	8.61	5.75	7.9	0
		7.03	9.25	6.11	8.67	0
	Rata-rata	7.79	9.582	5.932	8.824	0
24	17.45-18.00	7.65	10.25	5.85	9.08	0
		8.86	9.54	6.58	8.89	0
		7.98	9.03	5.66	8.23	0
		6.73	8.98	6.71	7.89	0
		8.06	8.57	5.88	7.56	0
	Rata-rata	7.856	9.274	6.136	8.33	0
	Rata-rata keseluruhan	7.5475	8.762	5.789	7.7685	0

Tabel 3.5: Data waktu tempuh kendaraan hari sabtu tanggal 24 September 2022 (Jalan AdaHambatan).

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Pagi					
1	07.00-07.15	8.99	10.15	7.43	9.54	0
		9.27	10.92	7.05	9.03	0
		10.58	11.65	8.41	9.67	0
		9.13	10.98	8.83	9.34	0
		9.57	9.76	6.63	9.21	0
	Rata-rata	9.508	13.365	7.67	9.358	0
2	07.15-07.30	9.87	10.13	7.09	9.98	0
		10.15	10.53	7.66	9.87	0
		11.88	9.28	6.36	10.02	0
		11.56	9.58	7.53	9.76	0
		11.11	9.8	8.27	9.67	0
	Rata-rata	10.914	12.33	7.382	9.86	0
3	07.30-07.45	7.69	11.84	8.18	10.11	0
		10.02	11.58	8.09	9.65	0
		11.97	10.22	8.84	9.89	0
		10.49	10.09	8.68	9.72	0
		10.33	0	9.18	10.02	0
	Rata-rata	10.1	10.9325	8.594	9.878	0
4	07.45-08.00	11.02	9.02	7.63	9.53	0
		8.77	9.3	7.64	9.51	0
		7.59	9.45	8.94	9.24	0
		11.68	0	8.47	9.78	0
		8.53	0	8.86	9.65	0
	Rata-rata	9.518	9.256667	8.308	9.542	0
	Rata-rata keseluruhan	10.01	11.47104	7.9885	9.6595	0

Tabel 3.5: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Pagi					
5	08.00-08.15	7.93	11.98	7.38	10.12	0
		5.9	9.6	5.76	9.09	0
		7.47	10.44	7.23	9.78	0
		8.47	9.37	7.03	8.78	0
		8.63	0	8.98	9.54	0
	Rata-rata	7.68	10.3475	7.276	9.462	0
6	08.15-08.30	11.1	10.05	6.97	9.78	0
		9.41	10.66	7.08	9.56	0
		8.99	9.98	6.69	9.12	0
		11.46	9.35	7.5	9.09	0
		9.34	9.7	6.3	9.41	0
	Rata-rata	10.06	9.948	6.908	9.392	0
7	08.30-08.45	11.32	8.48	7.33	8.98	0
		11.98	7.27	8.35	8.09	0
		10.84	6.3	9.8	8.7	0
		11.7	9.35	8.17	8.67	0
		10.23	7.5	7.38	7.09	0
	Rata-rata	11.214	7.78	8.206	8.306	0
8	08.45-09.00	8.8	9.21	8.47	8.78	0
		7.91	9.03	7.77	8.9	0
		10.76	10.21	8.51	9.42	0
		12.27	10.31	8.42	8.9	0
		7.84	10.98	7.43	9.21	0
	Rata-rata	9.516	9.948	8.12	9.01	0
	Rata-rata keseluruhan	9.6175	9.50587	7.6275	9.0425	0

Tabel 3.5: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Siang					
9	12.00-12.15	7.34	7.22	7.89	8.9	0
		7.27	12.03	6.81	9.67	0
		12.51	10.64	6.5	8.39	0
		9.06	9.52	6.87	9.89	0
		11.25	11.01	7.13	8.61	0
	Rata-rata	9.486	10.084	7.04	9.092	0
10	12.15-12.30	9.47	18.11	6.94	10	0
		7.31	16.12	7.41	10.11	0
		9.67	17.1	7.18	11.21	0
		10.87	14.29	7.6	10.9	0
		9.22	15	7.08	12.31	0
	Rata-rata	9.308	16.124	7.242	10.906	0
11	12.30-12.45	10.52	13.37	6	11.9	0
		8.7	16.58	6.62	11.87	0
		8.7	14.43	6.02	10.78	0
		8.26	11.32	6.97	10.56	0
		9.35	11.37	6.52	10.51	0
	Rata-rata	9.106	13.414	6.426	11.124	0
12	12.45-13.00	10.47	17.4	6.9	12.23	0
		11.22	15.76	6.36	12.78	0
		9.33	16.7	6.09	13.89	0
		9.94	19.49	6.52	15.31	0
		8.65	18.5	6.94	13.78	0
	Rata-rata	9.922	17.57	6.562	13.598	0
	Rata-rata keseluruhan	9.4555	14.298	6.8175	11.18	0

Tabel 3.5: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Siang					
13	13.00-13.15	10.16	12.74	5.8	10	0
		9.36	12.2	6.21	11.65	0
		9.03	11.07	5.93	11.56	0
		8.85	11.89	6.18	9.78	0
		11.25	12.23	6.42	11.89	0
	Rata-rata	9.73	12.026	6.108	10.976	0
14	13.15-13.30	10.01	8.3	6.45	8.9	0
		10.33	9.8	6.96	8.76	0
		8.54	8.16	7.34	9.87	0
		9.73	9.16	6.59	8.56	0
		12.01	0	7.4	8.45	0
	Rata-rata	10.124	8.855	6.948	8.908	0
15	13.30-13.45	9.42	7.85	6.72	8.98	0
		12.96	9.68	6.93	8.78	0
		12.72	12.46	6.44	9.67	0
		12.05	8.97	7.46	9.32	0
		8.55	7.57	5.51	8.09	0
	Rata-rata	11.14	9.306	6.612	8.968	0
16	13.45-14.00	9.18	10.87	7.33	9.76	0
		9.62	11.2	7.15	9.76	0
		10.66	11.43	7.37	9.8	0
		9.82	9.95	7.06	9.56	0
		9.03	8.35	7.72	9.41	0
	Rata-rata	9.662	10.36	7.326	9.658	0
	Rata-rata keseluruhan	10.164	10.1367	6.7485	9.6275	0

Tabel 3.5: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Sore					
17	16.00-16.15	12.85	8.19	6.45	10.54	0
		9.7	11.44	6.33	10.31	0
		10.23	13.26	8.09	9.89	0
		9.65	7.19	5.81	7.89	0
		10.11	9.56	6.37	8.76	0
	Rata-rata	10.508	9.928	6.61	9.478	0
18	16.15-16.30	14.53	12.25	7.49	11.78	0
		12.63	11.43	6.66	10.76	0
		10.92	10.97	6.43	9.76	0
		10.13	11.25	6.47	9.51	0
		10.3	9.41	6.31	8.9	0
	Rata-rata	11.702	11.062	6.672	10.142	0
19	16.30-16.45	15.68	8.79	7.71	8.89	0
		11.78	7.78	6.19	8.76	0
		12.38	9.21	6.91	8.42	0
		11.77	12.42	6.48	8.54	0
		12.6	10.23	6.65	9.76	0
	Rata-rata	12.842	9.686	6.788	8.874	0
20	16.45-17.00	12.34	11.37	7.61	9.51	0
		10.7	9.92	7.84	9.67	0
		11.5	9.52	7.59	10.76	0
		13.56	7.03	7.25	9.67	0
		10.82	10.9	7.32	9.65	0
	Rata-rata	11.784	9.748	7.522	9.852	0
	Rata-rata keseluruhan	11.709	10.106	6.898	9.5865	0

Tabel 3.5: *Lanjutan*

No	Waktu Pengamatan	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
	Sore					
21	17.00-17.15	11.58	8.81	7.65	9.8	0
		11.44	10.52	7.83	10.89	0
		12.8	12.46	8.09	9.76	0
		13.31	11.31	7.93	9.78	0
		14.01	12.21	7.14	10.67	0
	Rata-rata	12.628	11.062	7.728	10.18	0
22	17.15-17.30	11.33	13.72	7.61	10.98	0
		12.65	11.57	7.83	11.89	0
		10.67	10.6	8.83	10.02	0
		12.89	12.69	7.44	10.78	0
		11.45	11.08	8.69	10.76	0
	Rata-rata	11.798	11.932	8.08	10.886	0
23	17.30-17.45	12.74	14.32	10.32	11.09	0
		10.79	12.56	8.91	13.9	0
		13.93	13.26	8.5	11.87	0
		14.09	16.29	7.17	12.89	0
		13.84	14.32	8.84	15.87	0
	Rata-rata	13.078	14.15	8.748	13.124	0
24	17.45-18.00	13.77	15.68	9.84	12.87	0
		11.59	13.71	10.46	11.89	0
		13.09	13.88	7.93	12.76	0
		14.41	12.27	9.44	12.76	0
		13.05	12.08	8.73	11.78	0
	Rata-rata	13.182	13.524	9.28	12.89	0
	Rata-rata keseluruhan	12.6715	12.667	8.459	11.77	0

3.7. Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah di dahului dengan survei untuk memperoleh data data yang berhubungan dengan Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalu Lintas.

3.8. Analisa Data

Analisis data merupakan bagian dari pembahasan berdasarkan rangkuman dari pengolahan data. Pada analisa data akan dijabarkan pada bab 4, yaitu pembahasan untuk mengetahui analisis Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Di Lubuk Pakam Terhadap Karakteristik Lalu Lintas.

Untuk membuat model data dengan maksud untuk menemukan informasi yang bermanfaat sehingga dapat memberikan petunjuk mengambil keputusan terhadap permasalahan dan/atau pertanyaan penelitian yang diangkat.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lalulintas

Untuk perhitungan data lalulintas di ambil yang paling tertinggi pada hari Sabtu, 24 September 2022 dengan total 8700 Kendaraan/Hari, Volume lalulintas yang ditinjau merupakan lalulintas yang melewati lokasi Jalan Tanpa Hambatan dan lokasi Jalan ada Hambatan, dicatat berdasarkan jenis kendaraan yang terdiri dari Sepeda motor (Sm), Kendaraan ringan (Kr), Kendaraan berat (Kb) dan Kendaraan Sedang (Ks) dengan interval waktu 15 menit, dalam hubungan seperti Pers. 2.1 sehingga diperoleh $q = (q_1 \times Ekr)$. Data hasil pengamatan merupakan data primer yaitu data yang diperoleh dilapangan pada saat survei sesuai dengan kondisi yang ada, data lalulintas yang ada pada hari Sabtu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Sebagai contoh perhitungan diambil data dari arah jalan tanpa hambatan menuju jalan ada hambatan, untuk interval 1 jam didapat data dari lapangan Tabel 3.3 periode (16:00-17:00) sehingga diperoleh $q = (1 \times 293) \text{ Skr/jam} = 293 \text{ Skr/jam}$.

$$Kr = 293$$

$$Kb = 32$$

$$Sm = 1478$$

$$Ks = 58$$

Maka didapat nilai volume kendaraan dalam Skr/jam

$$Kr = 293 \times 1 = 293 \text{ Skr/jam}$$

$$Kb = 32 \times 1,2 = 38,4 \text{ Skr/jam}$$

$$Sm = 1478 \times 0,25 = 369,5 \text{ Skr/jam}$$

$$Ks = 58 \times 1,4 = 81,2 \text{ Skr/jam}$$

Tabel 4.1: Volume kendaraan per jam pada hari Sabtu Tanggal 24 September 2022 (Jalan Tanpa Hambatan dan Jalan ada hambatan).

No	Waktu	Kendaraan Berat (Kb)		Kendaraan Ringan (Kr)		Sepeda Motor (Sm)		Kendaraan Sedang (Ks)		Jumlah Kendaraan	
		EKR=1.2		EKR=1		EKR=0.25		EKR=1.4		Kend /Jam	SKR /Jam
		Kend /Jam	SKR /Jam	Kend /Jam	SKR /Jam	Kend /Jam	SKR /Jam	Kend /Jam	SKR /Jam		
1	07.00-08.00	17	20.4	61	61	972	243	27	37.8	1077	362.2
2	08.00-09.00	20	24	98	98	823	205.75	34	47.6	975	375.35
3	12.00-13.00	27	32.4	172	172	1007	251.75	49	68.6	1255	524.75
4	13.00-14.00	26	31.2	178	178	1110	277.5	57	79.8	1371	566.5
5	16.00-17.00	32	38.4	293	293	1478	369.5	58	81.2	1861	782.1
6	17.00-18.00	30	36	278	278	1788	447	65	91	2161	852
										8700	3462.9

4.2. Data Kecepatan Kendaraan

Pengambilan data kecepatan dilakukan dengan menggunakan metode survei di lapangan seperti pengambilan data volume, dengan jenis kendaraan meliputi Kendaraan Ringan (Kr) Atau Kendaraan Berat (Kb), Sepeda Motor (Sm) dan Kendaraan Sedang (Ks) serta semua jumlah dari 4 jenis kendaraan tersebut diambil dan dihitung kecepatannya.

Dilapangan data kecepatan kendaraan yang diambil adalah waktu tempuh kendaraan pada penggal ruas jalan sepanjang 50 meter, dalam satuan detik. Penentuan waktu tempuh dicatat dalam kertas format survei.

Kemudian data tersebut diolah dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Waktu tempuh untuk setiap jenis kendaraan dijumlah dan diambil rata-ratanya dalam waktu 1 jam.
2. Perhitungan kecepatan adalah jarak dibagi rata-rata waktu tempuh, dengan penyesuaian satuan dari meter per detik menjadi kilometer per jam.

Perhitungan data kecepatan ini dipisahkan sesuai dengan jenis kendaraannya, dan untuk analisa kecepatan dipakai kecepatan total semua jenis kendaraan dalam waktu 1 jam, data diambil dari Tabel 3.4 dan 3.5.

Tabel 4.2: Hasil Survei waktu tempuh kendaraan (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu	Sabtu tanggal 24 september 2022			
		Kr	Kb	Sm	Ks
	Pagi				
1	07:00-08:00	6.02	7.76	5.62	6.8
2	08:00-09:00	5.94	6.96	5.23	6.19
	Siang				
3	12:00-13:00	6.04	6.36	5.19	6.15
4	13:00-14:00	6.11	7.43	5.19	6.94
	Sore				
5	16:00-17:00	6.93	7.27	5.09	6.59
6	17:00-18:00	7.54	8.76	5.78	7.76

Tabel 4.3: Hasil Survei waktu tempuh kendaraan (Jalan ada Hambatan).

No	Waktu	Sabtu tanggal 24 september 2022			
		Kr	Kb	Sm	Ks
	Pagi				
1	07:00-08:00	10.01	11.47	7.98	9.65
2	08:00-09:00	9.61	9.5	7.62	9.04
	Siang				
3	12:00-13:00	9.45	14.29	6.81	11.18
4	13:00-14:00	10.16	10.13	6.74	9.62
	Sore				
5	16:00-17:00	11.7	10.1	6.89	9.58
6	17:00-18:00	12.67	12.66	8.45	11.77

4.2.1. Data Kecepatan Rata-rata Ruang Kendaraan

Parameter kecepatan yang digunakan dalam menganalisis hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas adalah kecepatan rata-rata ruang (\bar{U}_s). Kecepatan rata-rata ruang (\bar{U}_s) diperoleh dari hubungan antara kecepatan setempat (\bar{U}_t) dengan standar deviasi (S) dimana $\bar{U}_s = \bar{U}_t - (S^2 / \bar{U}_t)$. Data kecepatan setempat diperoleh dari hasil bagi antara jarak pengamatan yang dilakukan dengan waktu tempuh kendaraan. Data waktu tempuh survei lapangan dilakukan dengan mencatat waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melewati jarak pengamatan tertentu. Dari survei pendahuluan didapatkan kecepatan rata-rata kendaraan ≤ 40 km/jam, dalam hubungan seperti Pers. 2.3-2.6.

Diambil dari data hasil survei waktu tempuh kendaraan lokasi Jalan Tanpa Hambatan interval 1 jam periode waktu 16:00-17:00 WIB dengan jarak pengamatan sebesar 50 meter. Data waktu tempuh (5.1 detik) diubah menjadi kecepatan setempat sehingga diperoleh $\bar{U}_t = (50 \times 10^{-3}) / (5.1 \times 3.6 \times 10^{-3})$ km/jam = 35.29 km/jam. Dengan standar deviasi sebesar 4.15 km/jam, diperoleh $\bar{U}_s = 35.29 - (4.15^2 / 35.29) = 34.80$ km/jam. Data perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 – 4.9.

Berdasarkan data hasil pengamatan dan hasil perbandingan terhadap kecepatan rata-rata ruang dapat dianalisis bahwa pada lokasi pengamatan dimana lokasi berada jauh sebelum perlintasan dan merupakan ruas yang belum terdapat hambatan, pengemudi masih bisa memilih kecepatannya sesuai dengan keinginan.

Rentang kecepatan yang terjadi antara 31.14 km/jam – 34.80 km/jam. Sedangkan pada lokasi Jalan ada Hambatan, pengemudi sudah mengalami hambatan karena adanya alat pengendali kecepatan (misalnya *rumble strip*) dan akan memasuki daerah perlintasan kereta api sehingga kecepatan menjadi berkurang. Rentang kecepatan yang terjadi antara 21.30 km/jam – 25.23 km/jam, data diambil dari Tabel 3.4 dan 3.5.

Tabel 4.4: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sepeda Motor Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(Ut) =(Jarak/Waktu) × 3.6 (Km/Jam)	Ut ₁	(Ut-Ut ₁)	(Ut-Ut ₁) ²	S	S ²	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00- 08.00	50	5.63	31.97158082	33.1942	-1.22262259	1.494806	-2.44525	5.97922	31.78456398
2	08.00-09.00	50	5.23	34.416826	33.1942	1.222622593	1.494806	-2.44525	5.97922	34.41679369
				33.19420341		-2.44524519				
3	12.00-13.00	50	5.19	34.68208092	34.64873	0.033348155	0.001112	0.066696	0.00445	34.68195266
4	13.00-14.00	50	5.2	34.61538462	34.64873	-0.03334815	0.001112	0.066696	0.00445	34.4908603
				34.64873277		0.066696309				
5	16.00-17.00	50	5.1	35.29411765	33.21799	2.076124567	4.310293	4.152249	17.2412	34.80561775
6	17.00-18.00	50	5.78	31.14186851	33.21799	-2.07612457	4.310293	4.152249	17.2412	31.14186851
				33.21799308		4.152249135				

Tabel 4.5: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(U_t) =(Jarak/Waktu) \times 3.6 (Km/Jam)	U_{t1}	(U_t-U_{t1})	(U_t-U_{t1}) ²	S	S ²	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	6.02	29.90033223	30.10168	-0.20134904	0.040541	-0.4027	0.16217	29,89490868
2	08.00-09.00	50	5.94	30.3030303	30.10168	0.201349039	0.040541	-0.4027	0.16217	30,3020686
				30.10168126		-0.40269808				
3	12.00-13.00	50	6.04	29.8013245	29.63061	0.170711351	0.029142	0.341423	0.11657	29,79741295
4	13.00-14.00	50	6.11	29.4599018	29.63061	-0.17071135	0.029142	0.341423	0.11657	29,42243003
				29.63061315		0.341422703				
5	16.00-17.00	50	6.93	25.97402597	24.92335	1.050673464	1.103915	2.101347	4.41566	25,80402311
6	17.00-18.00	50	7.54	23.87267905	24.92335	-1.05067346	1.103915	2.101347	4.41566	23.87267905
				24.92335251		2.101346929				

Tabel 4.6: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Berat Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(U_t) =(Jarak/Waktu) \times 3.6 (Km/Jam)	U_{t1}	($U_t - U_{t1}$)	($U_t - U_{t1}$) ²	S	S ²	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	7.76	23.19587629	25.05085	-1.85497665	3.440938	-3.70995	13.7638	22,60250558
2	08.00-09.00	50	6.69	26.9058296	25.05085	1.854976654	3.440938	-3.70995	13.7638	26,75147686
				25.05085294		-3.70995331				
3	12.00-13.00	50	6.36	28.30188679	26.264	2.037888215	4.152988	4.075776	16.612	27,7149311
4	13.00-14.00	50	7.43	24.22611036	26.264	-2.03788821	4.152988	4.075776	16.612	24,04309109
				26.26399858		4.075776429				
5	16.00-17.00	50	7.27	24.75928473	22.65361	2.105669763	4.433845	4.21134	17.7354	24,04297242
6	17.00-18.00	50	8.76	20.54794521	22.65361	-2.10566976	4.433845	4.21134	17.7354	20,54794521
				22.65361497		4.211339526				

Tabel 4.7: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sedang Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(U_t) = $(\text{Jarak}/\text{Waktu}) \times 3.6$ (Km/Jam)	U_{t1}	$(U_t - U_{t1})$	$(U_t - U_{t1})^2$	S	S^2	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	6.8	26.47058824	27.77487	-1.30429	1.701162	-2.60857	6.804646	26.21352382
2	08.00-09.00	50	6.19	29.07915994	27.77487	1.304286	1.701162	-2.60857	6.804646	28.98372922
				27.77487409		-2.60857				
3	12.00-13.00	50	6.15	29.26829268	27.60245	1.665847	2.775045	3.331693	11.10018	28.88903653
4	13.00-14.00	50	6.94	25.93659942	27.60245	-1.66585	2.775045	3.331693	11.10018	25.77312514
				27.60244605		3.331693				
5	16.00-17.00	50	6.59	27.31411229	25.25499	2.059118	4.239967	4.118236	16.95987	26.69319269
6	17.00-18.00	50	7.76	23.19587629	25.25499	-2.05912	4.239967	4.118236	16.95987	23.19587629
				25.25499429		4.118236				

Tabel 4.8: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sepeda Motor Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(U_t) = $(\text{Jarak}/\text{Waktu}) \times 3.6$ (Km/Jam)	U_{t1}	$(U_t - U_{t1})$	$(U_t - U_{t1})^2$	S	S^2	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	7.98	22.55639098	23.0892	-0.5328281	0.28391	-1.0657	1.1356	22,50604501
2	08.00-09.00	50	7.62	23.62204724	23.0892	0.5328281	0.28391	-1.0657	1.1356	23,62124971
				23.08921911		-1.0656563				
3	12.00-13.00	50	6.81	26.43171806	26.569	-0.1372567	0.01884	-0.2745	0.0754	26,42886703
4	13.00-14.00	50	6.74	26.70623145	26.569	0.1372567	0.01884	-0.2745	0.0754	26,48847565
				26.56897476		-0.2745134				
5	16.00-17.00	50	6.89	26.12481858	23.7133	2.4115217	5.81544	4.82304	23.262	25,23441056
6	17.00-18.00	50	8.45	21.30177515	23.7133	-2.4115217	5.81544	4.82304	23.262	21,30177515
				23.71329686		4.8230434				

Tabel 4.9: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(Ut) =(Jarak/Waktu) × 3.6 (Km/Jam)	Ut ₁	(Ut-Ut ₁)	(Ut-Ut ₁) ²	S	S ²	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	10.01	17.98201798	18.35625	-0.37423555	0.140052	-0.74847	0.56021	17,95086414
2	08.00-09.00	50	9.61	18.73048907	18.35625	0.374235546	0.140052	-0.74847	0.56021	18,70684068
				18.35625353		-0.74847109				
3	12.00-13.00	50	9.45	19.04761905	18.38208	0.665541807	0.442946	1.331084	1.77178	18,95460041
4	13.00-14.00	50	10.16	17.71653543	18.38208	-0.66554181	0.442946	1.331084	1.77178	17,6969594
				18.38207724		1.331083615				
5	16.00-17.00	50	11.7	15.38461538	14.7957	0.588913849	0.34682	1.177828	1.38728	15,29444231
6	17.00-18.00	50	12.67	14.20678769	14.7957	-0.58891385	0.34682	1.177828	1.38728	14,20678769
				14.79570154		1.177827697				

Tabel 4.10: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Berat Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(Ut) =(Jarak/Waktu) × 3.6 (Km/Jam)	Ut ₁	(Ut-Ut ₁)	(Ut-Ut ₁) ²	S	S ²	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	11.47	15.69311247	17.32024	-1.62712798	2.647545	-3.25426	10.5902	15,01828255
2	08.00-09.00	50	9.5	18.94736842	17.32024	1.627127977	2.647545	-3.25426	10.5902	18,59431581
				17.32024044		-3.25425595				
3	12.00-13.00	50	14.29	12.59622113	15.18261	-2.58639091	6.689418	-5.17278	26.7577	10,4719593
4	13.00-14.00	50	10.13	17.76900296	15.18261	2.586390914	6.689418	-5.17278	26.7577	17,58628059
				15.18261205		-5.17278183				
5	16.00-17.00	50	10.1	17.82178218	16.0199	1.80188635	3.246794	3.603773	12.9872	17,09305721
6	17.00-18.00	50	12.66	14.21800948	16.0199	-1.80188635	3.246794	3.603773	12.9872	14,21800948
				16.01989583		3.6037727				

Tabel 4.11: Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Sedang Dijalan Lubuk Pakam (Jalan Ada Hambatan).

No	Waktu	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(U_t) = $(\text{Jarak}/\text{Waktu}) \times 3.6$ (Km/Jam)	U_{t1}	$(U_t - U_{t1})$	$(U_t - U_{t1})^2$	S	S^2	Kecepatan Rata-Rata Ruang (Km/Jam)
1	07.00-08.00	50	9.65	18.65284974	19.28218	-0.62933	0.396053	-1.25865	1.584212	18.5679184
2	08.00-09.00	50	9.04	19.91150442	19.28218	0.629327	0.396053	-1.25865	1.584212	19.82591967
				19.28217708		-1.25865				
3	12.00-13.00	50	11.18	16.10017889	17.4056	-1.30542	1.704121	-2.61084	6.816485	15.67679946
4	13.00-14.00	50	9.62	18.71101871	17.4056	1.30542	1.704121	-2.61084	6.816485	18.54771657
				17.4055988		-2.61084				
5	16.00-17.00	50	9.58	18.78914405	17.04113	1.748013	3.055549	3.496026	12.2222	18.13865154
6	17.00-18.00	50	11.77	15.2931181	17.04113	-1.74801	3.055549	3.496026	12.2222	15.2931181
				17.04113107		3.496026				

Tabel 4.12: Kecepatan Rata-Rata Ruang Ketiga Jenis Kendaraan (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu	Kecepatan Rata Rata Ruang				Rata-Rata (Km/Jam)
		Sm	Kr	Kb	Ks	
1	07.00-08.00	31.7845	29.8949	22.6025	26.2135	27.6238
2	08.00-09.00	34.4167	30.3020	26.7514	28.9837	30.1135
3	12.00-13.00	34.6819	29.7974	27.7149	28.8890	30.2708
4	13.00-14.00	34.4908	29.4224	24.0430	25.7731	28.4323
5	16.00-17.00	34.8056	25.8040	24.0429	26.6931	27.8364
6	17.00-18.00	31.1418	23.8726	20.5479	23.1958	24.6895

Tabel 4.13: Kecepatan Rata-Rata Ruang Ketiga Jenis Kendaraan (Jalan Ada Hambatan).

No	Waktu	Kecepatan Rata Rata Ruang (Km/Jam)				Rata-Rata (Km/Jam)
		Sm	Kr	Kb	Ks	
1	07.00-08.00	22.5060	17.9508	15.0182	18.5679	18.5107
2	08.00-09.00	23.6212	18.7068	18.5943	19.8259	20.1870
3	12.00-13.00	26.4288	18.9546	10.4719	15.6767	17.8830
4	13.00-14.00	26.4884	17.6969	17.5862	18.5477	20.0798
5	16.00-17.00	25.2344	15.2944	17.0930	18.1386	18.9401
6	17.00-18.00	21.3017	14.2067	14.2180	15.2931	16.2549

4.3. Perhitungan Kerapatan

Setelah diperoleh volume lalu lintas (q) dan kecepatan rata rata ruang (\bar{U}_s), dapat dihitung besarnya kerapatan yang terjadi yaitu hasil bagi antara volume lalu lintas dengan kecepatan. dalam hubungan seperti Pers. 2.7 Diambil dari data lokasi jalan tanpa hambatan interval 1 jam periode waktu 16.00-17:00 WIB dengan volume lalu lintas (q) = 1861 Skr/jam dan kecepatan rata rata ruang (\bar{U}_s) = 27.8364 km, sehingga diperoleh kerapatan (K) = $(1861/27.8364)$ skr = 66.8547 Skr/jam, data diambil dari Tabel 4.12 dan 4.13.

Data volume lalu lintas, kecepatan dan kerapatan selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.14 - 4.15.

Tabel 4.14: Perhitungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan (Jalan Tanpa Hambatan).

No	Waktu Pengamatan	Volume (q)	Kecepatan (Us)	Kerapatan (K)	K ²
1	07.00-08.00	1077	27.6238	38.9880	1520.0651
2	08.00-09.00	975	30.1135	32.3774	1048.3016
3	12.00-13.00	1255	30.2708	41.4590	1718.8528
4	13.00-14.00	1371	28.4323	48.2196	2325.1369
5	16.00-17.00	1861	27.8364	66.8547	4469.5623
6	17.00-18.00	2161	24.6895	87.5267	7660.9335

Tabel 4.15: Perhitungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan (Jalan Ada Hambatan).

No	Waktu Pengamatan	Volume (q)	Kecepatan (Us)	Kerapatan (K)	K ²
1	07.00-08.00	1077	18.5107	58.1823	3385.1825
2	08.00-09.00	975	20.1870	48.2982	2332.7176
3	12.00-13.00	1255	17.8830	70.1781	4924.9741
4	13.00-14.00	1371	20.0798	68.2773	4661.7999
5	16.00-17.00	1861	18.9401	98.2569	9654.4238
6	17.00-18.00	2161	16.2549	132.9443	17674.198

4.5. Hubungan Antara Volume Lalu Lintas, Kecepatan Dan Kerapatan

Untuk memperoleh hubungan antara ketiga variabel tersebut, terlebih data mengenai volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas yang terjadi untuk kedua arah disusun dalam daftar (Tabel 4.14 sampai 4.15). Selanjutnya hubungan antara Volume Lalu Lintas (q), kecepatan (\bar{U}_s) dan kerapatan (K) dianalisis dengan menggunakan pemodelan Greenshield Perhitungan dilakukan secara regresi linier menggunakan bantuan Microsoft Excel 2007. Hitungan yang dianalisis adalah regresi linier antara \bar{U}_s dengan D untuk metode Greenshield.

Bentuk persamaan dari metode didekati dengan bentuk persamaan linier, dalam hubungan seperti Pers. 2.9 - 2.10 sehingga didapat nilai y, x, a dan b pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Variabel dan konstanta regresi linier *Greenshield*.

Model	Y	x	A	B
Greenshield	\bar{U}_s	K	\bar{U}_f	$-\bar{U}_f/k_j$

dimana hubungan antara kecepatan dan kerapatan:

$$\text{Greenshield } \bar{U}_s = \bar{U}_f - (\bar{U}_f/K_j) K$$

Diambil dari data lokasi Jalan Tanpa Hambatan (Tabel 4.14) sebagai berikut:

$$\Sigma K = 154.3815$$

$$\Sigma V = 4022$$

$$\Sigma \bar{U}_s = 52.5260$$

$$\Sigma K^2 = 12130.4959$$

$$N = 2$$

a. Mencari nilai a

$$a = \frac{\Sigma K^2 \Sigma U_s - \Sigma K \Sigma K U_s}{n \Sigma K^2 - \Sigma (K)^2}$$

$$a = \frac{((12130.4959 \times 52.5260)) - ((154.3815 \times 4022))}{((2 \times 12130.4959)) - ((154.)^2)}$$

$$a = 38.0136$$

b. Mencari nilai b

$$b = \frac{n \Sigma K U_{sr} - \Sigma K \Sigma U_s}{n \Sigma K^2 - \Sigma (K)^2}$$

$$b = \frac{((2 \times 4022)) - ((154.3815 \times 52.5260))}{((2 \times 12130.4959)) - ((154.3815)^2)}$$

$$b = -0.1522$$

Diambil dari data lokasi Jalan Ada Hambatan (Tabel 4.15) sebagai berikut:

$$\Sigma K = 231.2012$$

$$\Sigma V = 4022$$

$$\Sigma \bar{U}_s = 35.1950$$

$$\Sigma K^2 = 27328.6220$$

$$N = 2$$

a. Mencari nilai a

$$a = \frac{\sum k^2 \cdot \sum U_s - \sum k \sum k \cdot U_s}{n \sum k^2 - \sum (k)^2}$$

$$a = \frac{((27328.6220 \times 35.1950)) - ((231.2012 \times 4022))}{((2 \times 27328.6220)) - ((231.2012)^2)}$$

$$a = 26.5463$$

b. Mencari nilai b

$$b = \frac{n \cdot \sum k \cdot U_s - \sum k \cdot \sum U_s}{n \sum k^2 - \sum (k)^2}$$

$$b = \frac{((2 \times 4022)) - ((231.2012 \times 35.1950))}{((2 \times 27328.6220)) - ((231.2012)^2)}$$

$$b = -0.0774$$

Hasil olahan dari data regresi linier tersebut akan diperoleh persamaan yang memperlihatkan adanya hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan. Persamaan-persamaan tersebut disajikan dalam Tabel 4.17 untuk masing-masing lokasi pengamatan.

Tabel 4.17: Resume perhitungan Regresi linear *Greenshield*.

Lokasi pengamatan	A	B
Jalan Tanpa Hambatan	38.0136	-0.1522
Jalan Ada Hambatan	26.5463	-0.0774

Tabel 4.18: Persamaan hubungan antara Kecepatan (\bar{U}_s), Volume q dan Kerapatan K.

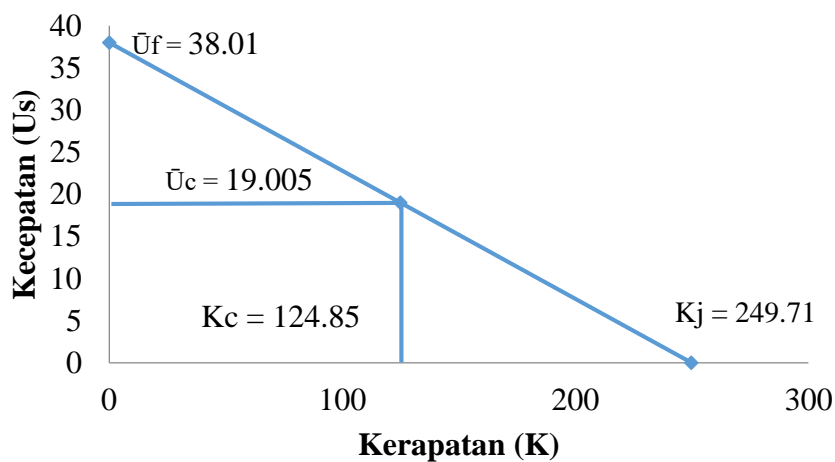
Model hubungan	Lokasi pengamatan	
	Jalan Tanpa Hambatan	Jalan Ada Hambatan
Kecepatan-Kerapatan	$\bar{U}_s = 38.0136$ $-0.1522D$	$\bar{U}_s = 26.5463$ $-0.0774D$
Volume-Kecepatan	$q = 249.7146 U_s$ $(249.7146/38.0136) U_s^2$	$q = 342.9240 U_s$ $(342.9240/26.5463) U_s^2$
Volume-Kerapatan	$q = 38.0136$ $-0.1522D^2$	$q = 26.5463$ $-0.0774D^2$

4.5.1. Hubungan Antara Kecepatan dan Kerapatan

Kecepatan dengan kerapatan memiliki hubungan yang berbanding terbalik, terlihat bahwa kecepatan akan menurun apabila kerapatan bertambah. Kecepatan volume bebas (f) akan terjadi apabila kerapatan sama dengan nol sedangkan pada saat kecepatan sama dengan nol maka terjadi kerapatan macet ($K_j/\text{jam density}$), Tabel 4.19 menggambarkan bagaimana kecepatan arus bebas dan kerapatan macet pada lokasi pengamatan, data diambil dari Tabel 4.18.

Tabel 4.19: Kecepatan Arus Bebas (\bar{U}_f) dan Kerapatan Macet (K_j).

Lokasi	\bar{U}_f	K_j
Jalan Tanpa Hambatan	38.0136	249.7146
Jalan Ada Hambatan	26.5463	342.9240

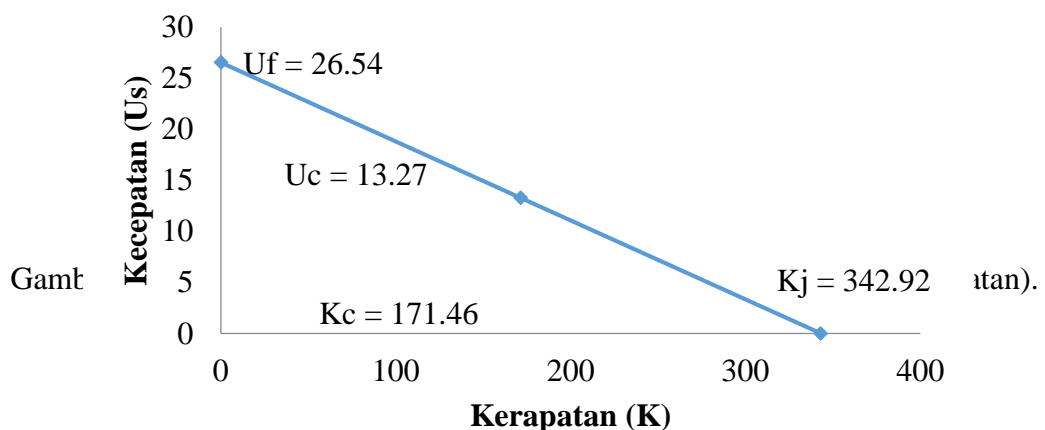


Gambar 4.1: Hubungan antara Kecepatan dan Kerapatan (Jalan Tanpa Hambatan).

4.5.2 Hubungan antara Volume dan Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya

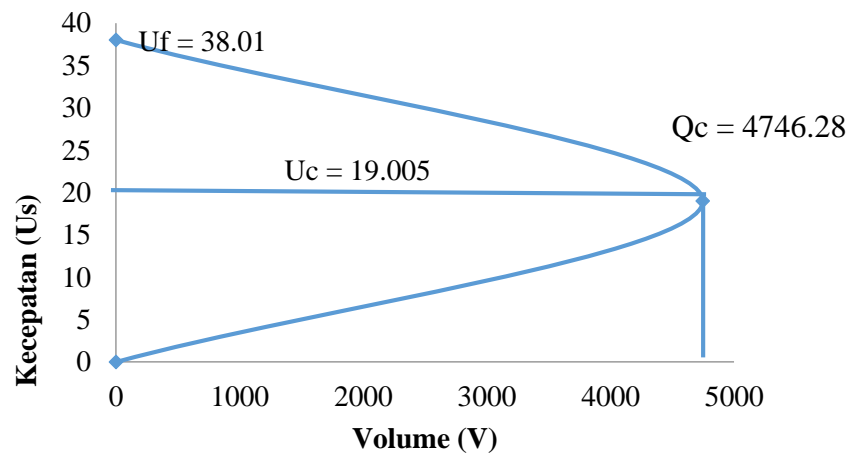
$$K_j = 82.46$$



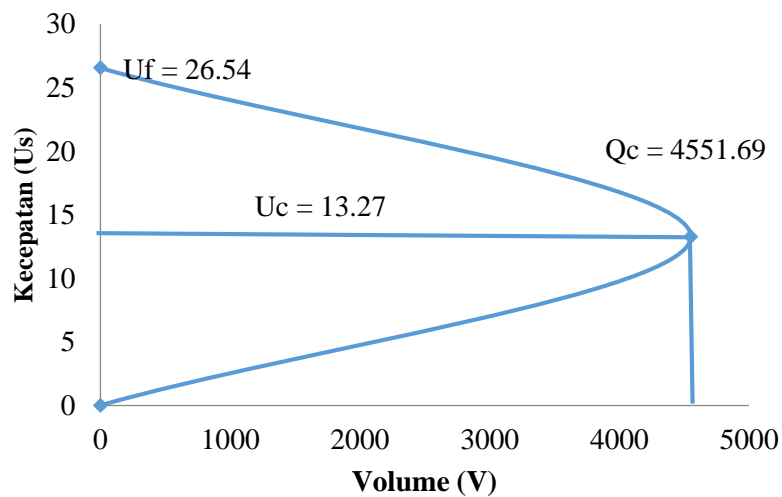
volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kerapatan kritis (volume maksimum) tercapai, data diambil dari Tabel 4.19.

Tabel 4.20: Nilai volume maksimum.

Persamaan Volume Maksimum	Pengamatan	Qc
$q_m = (U_f \cdot K_j) / 2$	Jalan Tanpa Hambatan	4746.28
	Jalan Ada Hambatan	4551.69



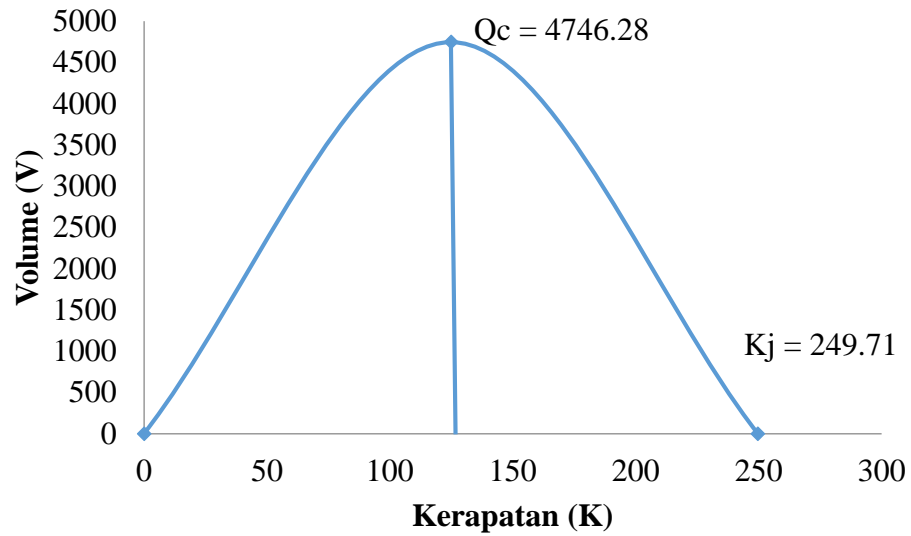
Gambar 4.3: Hubungan antara Kecepatan dan Volume (Jalan Tanpa Hambatan).



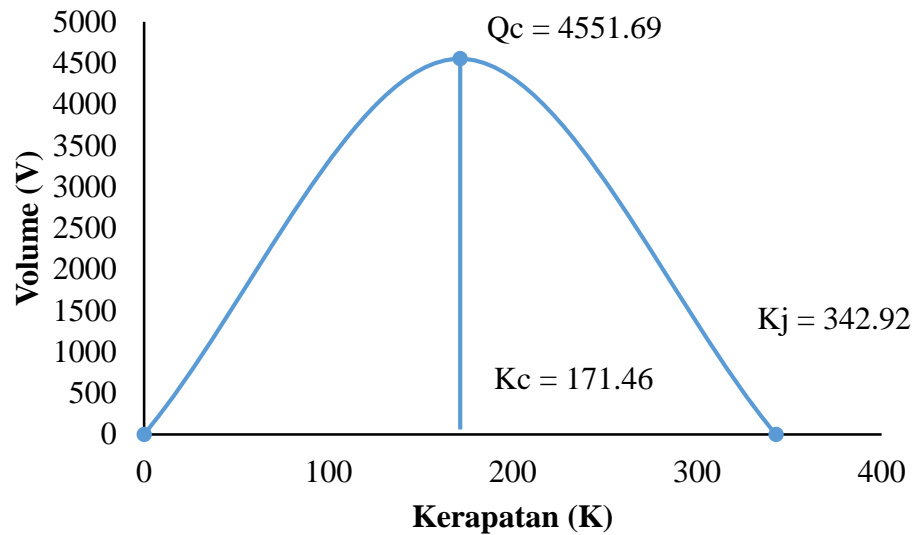
Gambar 4.4: Hubungan antara Kecepatan dan Volume (Jalan Ada Hambatan).

4.5.3 Hubungan antara Volume dan Kerapatan

Model Greenshields biasa menggambarkan kondisi data yang sesungguhnya. Walaupun nilai volume dan kerapatan maksimum serta kondisi saat macet masih mendekati kondisi sebenarnya.



Gambar 4.5: Hubungan antara Volume dan Kerapatan (Jalan Tanpa Hambatan).



Gambar 4.6: Hubungan antara Volume dan Kerapatan (Jalan Ada Hambatan).

4.6 Perhitungan Antrian dan Tundaan

Pada kondisi pintu perlintasan ditutup, antrian terjadi karena adanya kendaraan yang tidak terlayani atau disimpan selama periode waktu tertentu yaitu selama pintu perlintasan ditutup. Perhitungan tundaan kondisi pintu tertutup menghasilkan nilai tundaan akibat volume yang terhalang oleh penutupan pintu perlintasan. Pada analisa gelombang kejut (Shock Wave Analysis), tundaan rata-rata yang terjadi dipengaruhi oleh lama penutupan dan waktu pelepasan antrian. Hasil perhitungan antrian dan tundaan ditunjukkan dalam Tabel 4.21.

Berikut adalah contoh pengisian tabel perhitungan gelombang kejut, diambil contoh pada pukul 16.34.00 - 16.35.56 Jalan ada Hambatan.

- (1) Volume kendaraan saat pintu perlintasan dibuka

$$q_a = 87.4 \text{ skr/jam}$$

- (2) Volume kendaraan saat pintu perlintasan ditutup

$$q_b = 0 \text{ skr/jam}$$

- (3) Volume maksimum pada Jalan Ada Hambatan di peroleh dengan metode Greenshield

$$q_c = 4551.69 \text{ skr/jam}$$

- (4) Kerapatan kendaraan saat pintu perlintasan dibuka

$$K_a = 4.49 \text{ kr/jam}$$

- (5) Kerapatan jenuh pada Jalan Ada Hambatan di peroleh dengan metode Greenshield

$$K_j = 342.92 \text{ skr/jam}$$

- (6) Volume maksimum pada Jalan Ada Hambatan di peroleh dengan metode Greenshield

$$K_c = 171.46 \text{ skr/jam}$$

- (7) Kecepatan gelombang kejut ω_{ab} :

$$\omega_{AB} = \frac{q_b - q_a}{K_j - K_a} = - \frac{q_a}{K_j - K_a} = - \frac{87.4}{342.92 - 4.49} = - 0.25 \text{ km/jam}$$

- (8) Kecepatan gelombang kejut ω_{cb} :

$$\omega_{CB} = \frac{q_b - q_c}{K_j - K_c} = - \frac{q_c}{K_j - K_c} = - \frac{4551.69}{342.92 - 171.46} = - 26.54 \text{ km/jam}$$

(9) Kecepatan gelombang kejut ω_{ac} :

$$\omega_{AC} = \frac{qc-qa}{Kc-Ka} = \frac{4551.69 - 87.4}{171.46 - 4.49} = 26.73 \text{ km/jam}$$

(10) Durasi penutupan pintu perlintasan r:

$$r = 116 \text{ detik} \quad (\text{diperoleh dari survey lapangan})$$

(11) Interval waktu antara $t_2-t_3 = t_a$:

$$t_a = r \left| \frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} + \omega_{AB}} \right| = 116 \left| \frac{(-0.25)}{(-26.54 + (-0.25))} \right| = 1.13 \text{ detik}$$

(12) Panjang antrian maksimum P_a :

$$p_a = \frac{r}{3600} \times \left| \frac{\omega_{CB} - \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right| = \frac{116}{3600} \times \left| \frac{((-26.54 - (-0.25))}{((-26.54 - (-0.25))} \right| = 0.008 \text{ Km}$$

(13) Waktu penormalan $t_2-t_4 = t_b$

$$t_b = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{(\omega_{CB} - \omega_{AB})} \times \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right| = \frac{((116 \times -0.25))}{((-26.54 - (-0.25))} \times \left| \frac{-26.54}{26.73} + 1 \right| = 2.27 \text{ detik}$$

(14) Jumlah kendaraan yang mengalami antrian N:

$$N = (r + t_a) \times q_a = (116 + 1.13) \times 87.4 = 2.84 \text{ skr/jam}$$

(15) Tundaan yang terjadi adalah T:

$$T = \frac{1}{2} \times r + N = 0.5 \times 116 + 2.84 = 60.84 \text{ detik}$$

Tabel 4.21: Perhitungan antrian dan tundaan pada kondisi pintu perlintasan tertutup dengan analisis gelombang kejut.

No	Interval Waktu		Qa (Skr/ jam)	qc (Skr/ jam)	Ka (Skr/ jam)	Kj (Skr/ jam)	Kc (Skr/ jam)	Kecepatan Gelombang Kejut			r (Detik)	Ta (Detik)	Pa (Km)	Tb (Detik)	N (Skr/ jam)	Tundaan Rata- rata (Detik)
								ω AB	ω CB	ω AC						
								(Km/ jam)	(Km/ jam)	(Km/ jam)						
1	16:34:00	16:35:56	87.4	4551.6	4.49	342.9	171.46	-0.25	-26.54	26.73	116	1.13	0.008	2.27	2.84	60.84
2	17:14:00	17:15:45	99.8	4551.6	5.64	342.9	171.46	-0.29	-26.54	26.84	105	1.18	0.008	2.35	2.94	55.44
3	17:46:00	17:47:37	137.4	4551.6	8.95	342.9	171.46	-0.41	-26.54	27.16	97	1.52	0.010	3.01	3.76	52.26
4	18:00:00	18:01:48	122.0	4551.6	8.03	342.9	171.46	-0.36	-26.54	27.10	108	1.50	0.010	2.97	3.71	57.71

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan (*Shock Wave Analysis*) pada kondisipintu tertutup dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Periode penutupan maksimum, kondisi antrian dan tundaan maksimum:
 - a. Kondisi antrian dan tundaan maksimum terjadi pada periode 16.34.00-16.35.56, dimana menghasilkan waktu pelepasan $t_a = 1.13$ detik, waktu pemulihan $t_b = 2.27$ detik, panjang antrian maksimum = 0,008 Km, jumlah kendaraan antri $N = 2.84$ skr/jam, serta rata-rata tundaan sebesar 60.84 detik.
2. Kondisi antrian dan tundaan yang terjadi tergantung pada jumlah kendaraan yang masuk dan durasi penutupan perlintasan. Semakin besar kendaraan yang masuk, semakin lama durasi penutupan menyebabkan waktu dan panjang antrian serta tundaan yang dialami oleh pengemudi di semakin besar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan yang dilakukan dapat diketahui bahwa pada lokasi Jalan Tanpa Hambatan pengemudi dapat memilih kecepatannya namun ketika memasuki lokasi Jalan ada Hambatan kecepatan akan menurun karena adanya hambatan lalu lintas dan rambu-rambu bahwasannya pengemudi memasuki pelintasan sebidang jalan dengan rel kereta api:
 - Pada lokasi Jalan Tanpa Hambatan (ruas yang belum dipengaruhi (*rumble strips*) atau rambu-rambu peringatan akan memasuki pelintasan sebidang jalan dengan rel kereta api) nilai kecepatan arus bebas \bar{U}_f 38.01 km/jam, nilai kerapatan Kj 249.71 dan volume maksimum 4746.28 skr/jam.
 - Pada lokasi Jalan Ada Hambatan (ruas yang dipengaruhi (*rumble strips*) atau rambu-rambu peringatan akan memasuki pelintasan sebidang jalan dengan rel kereta api) nilai kecepatan arus bebas \bar{U}_f 26.54 km/jam, nilai kerapatan Kj 342.92 dan volume maksimum 4551.69 skr/jam.
2. Kondisi antrian dan tundaan maksimum terjadi pada periode 16.34.00-16.35.56, dimana menghasilkan waktu pelepasan $t_a = 1.13$ detik, waktu pemulihan $t_b = 2.27$ detik, panjang antrian maksimum = 0,008 Km, jumlah kendaraan antri $N = 2.84$ skr/jam, serta rata-rata tundaan sebesar 60.84 detik.

5.2. Saran

1. Perlunya perbaikan dan penataan pemasangan rambu, marka dan *rumble strip* atau pita penggandu diperlintasan sebidang jalan di Lubuk Pakam Sumatera Utara
2. Perlu dilakukan rekayasa lalulintas untuk memperkecil gelombang kejut yang terjadi dan mengurangi kemacetan yang terjadi dilokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, I., & Di, S. T. A. (2020). *Identifikasi Kapasitas Ruas Jalan Letjen*. 1(1), 45–57.
- Aghstya, A., Astuti, S. W., Rachman, N. F., & Adi, W. T. (2021). *Sosialisasi di Perlintasan Sebidang sebagai Upaya Meningkatkan Disiplin Pengguna Jalan*. 1(1), 1–6.
- Audie, W., Rumayar, L. E., Jefferson, L., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2019). Analisa Tundaan Akibat Aktivitas Sisi Jalan (Studi Kasus: Jln. Sam Ratulangi, Kota Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(9), 1151–1158.
- BAPPENAS RI. (2020). *Presiden Republik Indonesia Peraturan Presiden Republik Indonesia*. 4–7.
- Eros, R., & Hutapea, W. (2021). *Analisis Solusi Kemacetan pada Simpang Sebidang Kereta Api Jalan Urip Sumoharjo*. 9(3), 491–502.
- Farouq, U. (2018). Studi Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus : Perlintasan Kereta Api Jalan Sisingamangaraja Medan). *Jurnal USU*, 1–9.
- Greyti S. J. Timpal Theo K. Sendow, A. L. E. R. (2018). Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshields, Greenbergs Dan Underwoods dan Analisa Kinerja Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 6(8), 599–610.
- Kasus, S., & Mojo, J. (2017). *Identification of Accident Risk At Railroad Level Crossing*. 1, 3–5.
- MM Erman, Alwi Abubakar, R. R. (2017). *1. 2. Alumni Prodi Magister Teknik Sipil Untan Dosen Prodi Magister Teknik Sipil Untan*. 1–14.
- Novandi, E. R., Aswad, Y., Transportasi, B. S., Sipil, D. T., & Usu, F. T. (2017). *Studi manajemen perlintasan sebidang jalan raya dengan jalan kereta api*.
- Pratama, T., & Susilo, B. H. (2019). Evaluasi Kinerja Lalu Lintas pada Lintaasan Kereta Api di Jalan Abdul Rahman Saleh. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 46–64. <https://doi.org/10.28932/jts.v15i1.1856>
- Purnama, D., Aktorina, W., Indarto, H., & Basuki, K. H. (2017). Desain Fly Over Pada Perlintasan Sebidang Jalan. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6, 275–281.
- Resmadi, I. (2017). KAJIAN MORALITAS TEKNOLOGI PINTU PERLINTASAN KERETA API (Studi Kasus: Pintu Perlintasan Kereta Api Cikudapateuh Bandung). *Jurnal Sositoknologi*, 13(2), 84–90. <https://doi.org/10.5614/sostek.itbj.2014.13.2.2>

- Saputra, B., & Savitri, D. (2021). Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(1), 43–60. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v5i1.8742>
- Sumarsono, A., MHM, A., & Noviyanti, I. (2017). *Headway (Studi Kasus Perlintasan Kereta Purwosari Jl. Slamet Riyadi Surakarta)*. 1242–1257.
- Umum, K. P. (2014). Kapasitas Jalan Luar Kota. *Panduan Kapasitas Jalan Indonesia*, 93.

LAMPIRAN

Tabel L.1: Data survei kendaraan hari Senin.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	10	4	230	7	0
2	07:15-07:30	18	3	288	10	1
3	07:30-07:45	15	5	245	9	0
4	07:45-08:00	14	5	207	13	0
5	08:00-08:15	11	4	173	15	0
6	08:15-08:30	23	5	199	9	0
7	08:30-08:45	38	6	210	11	0
8	08:45-09:00	26	5	241	10	0
	Pagi	155	37	1793	84	1
9	12:00-12:15	60	5	205	9	0
10	12:15-12:30	65	6	240	12	0
11	12:30-12:45	38	7	278	9	0
12	12:45-13:00	78	5	259	11	0
13	13:00-13:15	76	7	281	8	0
14	13:15-13:30	54	6	290	15	0
15	13:30-13:45	53	7	264	12	0
16	13:45-14:00	30	8	240	10	0
	Siang	454	51	2057	86	0
17	16:00-16:15	85	8	360	11	0
18	16:15-16:30	56	9	325	17	0
19	16:30-16:45	50	8	387	14	0
20	16:45-17:00	53	7	380	10	0
21	17:00-17:15	54	7	397	9	0
22	17:15-17:30	54	10	463	15	1
23	17:30-17:45	51	7	445	11	1
24	17:45-18:00	53	9	451	12	0
		456	65	3208	99	2
	Total	1065	153	7058	269	3
	Total Keseluruhan	8548				

Tabel L.2: Data survei kendaraan hari Selasa.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	12	3	228	6	0
2	07:15-07:30	19	4	235	8	1
3	07:30-07:45	17	3	245	5	0
4	07:45-08:00	15	5	200	8	0
5	08:00-08:15	13	6	275	7	0
6	08:15-08:30	20	7	295	9	0
7	08:30-08:45	30	8	205	10	0
8	08:45-09:00	23	7	235	8	0
	Pagi	149	43	1918	61	1
9	12:00-12:15	70	7	200	8	0
10	12:15-12:30	75	9	237	9	0
11	12:30-12:45	58	7	265	7	0
12	12:45-13:00	56	8	256	9	0
13	13:00-13:15	67	6	279	8	0
14	13:15-13:30	46	7	277	10	0
15	13:30-13:45	78	5	263	12	0
16	13:45-14:00	83	6	236	11	0
	Siang	533	55	2013	74	0
17	16:00-16:15	87	9	298	10	0
18	16:15-16:30	76	7	320	11	0
19	16:30-16:45	90	8	381	12	0
20	16:45-17:00	93	6	374	11	0
21	17:00-17:15	74	7	388	8	0
22	17:15-17:30	87	9	363	14	0
23	17:30-17:45	71	8	345	12	0
24	17:45-18:00	98	9	351	10	0
		676	63	2820	88	0
	Total	1358	161	6751	223	1
	Total Keseluruhan	8494				

Tabel L.3: Data survei kendaraan hari Rabu.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	10	4	225	4	0
2	07:15-07:30	19	2	230	5	1
3	07:30-07:45	17	5	238	6	0
4	07:45-08:00	14	3	215	7	0
5	08:00-08:15	12	4	255	8	0
6	08:15-08:30	18	5	278	9	0
7	08:30-08:45	25	6	214	10	0
8	08:45-09:00	23	5	218	8	0
	Pagi	138	34	1873	57	1
9	12:00-12:15	65	4	200	7	0
10	12:15-12:30	70	6	225	6	0
11	12:30-12:45	53	4	243	5	0
12	12:45-13:00	67	5	242	9	0
13	13:00-13:15	65	7	252	8	0
14	13:15-13:30	76	4	269	10	0
15	13:30-13:45	77	6	245	11	0
16	13:45-14:00	57	5	226	12	0
	Siang	530	41	1902	68	0
17	16:00-16:15	85	7	247	11	0
18	16:15-16:30	76	6	305	10	0
19	16:30-16:45	72	8	361	11	0
20	16:45-17:00	74	9	354	12	0
21	17:00-17:15	86	7	368	8	0
22	17:15-17:30	88	8	343	9	0
23	17:30-17:45	78	9	325	10	0
24	17:45-18:00	90	7	332	10	0
		649	61	2635	81	0
	Total	1317	136	6410	206	1
	Total Keseluruhan	8070				

Tabel L.4: Data survei kendaraan hari Kamis.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	11	4	228	5	0
2	07:15-07:30	20	5	233	5	0
3	07:30-07:45	15	6	240	7	0
4	07:45-08:00	28	6	218	6	0
5	08:00-08:15	24	7	259	6	0
6	08:15-08:30	23	5	281	7	0
7	08:30-08:45	25	7	219	8	0
8	08:45-09:00	27	6	222	8	0
	Pagi	173	46	1900	52	0
9	12:00-12:15	55	5	209	6	0
10	12:15-12:30	65	4	228	7	0
11	12:30-12:45	53	8	248	8	0
12	12:45-13:00	65	7	245	5	0
13	13:00-13:15	79	7	253	7	0
14	13:15-13:30	68	6	265	9	0
15	13:30-13:45	67	7	251	7	0
16	13:45-14:00	75	9	231	9	0
	Siang	527	53	1930	58	0
17	16:00-16:15	85	8	250	9	0
18	16:15-16:30	76	9	300	8	0
19	16:30-16:45	82	6	351	9	0
20	16:45-17:00	74	7	342	10	0
21	17:00-17:15	85	8	365	10	0
22	17:15-17:30	98	6	340	9	0
23	17:30-17:45	93	7	315	9	0
24	17:45-18:00	87	9	341	11	0
		680	60	2604	75	0
	Total	1380	159	6434	185	0
	Total Keseluruhan	8158				

Tabel L.5: Data survei kendaraan hari Jumat.

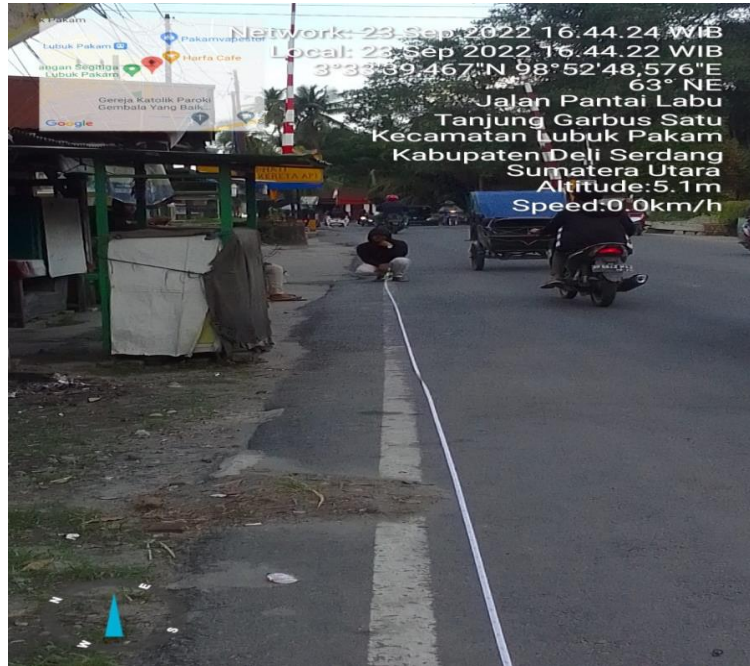
No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	14	2	238	6	0
2	07:15-07:30	17	5	242	6	0
3	07:30-07:45	18	3	251	4	1
4	07:45-08:00	25	4	225	5	0
5	08:00-08:15	28	6	267	7	0
6	08:15-08:30	26	5	289	8	0
7	08:30-08:45	29	9	224	7	0
8	08:45-09:00	31	7	231	9	0
	Pagi	188	41	1967	52	1
9	12:00-12:15	45	9	210	7	0
10	12:15-12:30	54	6	228	8	0
11	12:30-12:45	53	4	248	5	0
12	12:45-13:00	55	5	245	7	0
13	13:00-13:15	69	4	253	9	0
14	13:15-13:30	63	7	256	10	0
15	13:30-13:45	65	9	251	9	0
16	13:45-14:00	71	10	231	7	0
	Siang	475	54	1922	62	0
17	16:00-16:15	89	6	315	8	0
18	16:15-16:30	68	7	345	10	0
19	16:30-16:45	75	9	381	9	0
20	16:45-17:00	86	6	382	7	0
21	17:00-17:15	80	8	385	8	0
22	17:15-17:30	81	7	360	8	0
23	17:30-17:45	87	8	355	9	1
24	17:45-18:00	72	7	371	11	1
		638	58	2894	70	2
	Total	1301	153	6783	184	3
	Total Keseluruhan	8424				

Tabel L.6: Data survei kendaraan hari Sabtu.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	14	5	230	8	0
2	07:15-07:30	18	4	290	6	0
3	07:30-07:45	15	5	245	7	0
4	07:45-08:00	14	3	207	6	0
5	08:00-08:15	11	4	173	8	0
6	08:15-08:30	23	5	199	10	0
7	08:30-08:45	38	6	210	7	0
8	08:45-09:00	26	5	241	9	0
	Pagi	159	37	1795	61	0
9	12:00-12:15	42	6	210	7	0
10	12:15-12:30	48	7	250	14	0
11	12:30-12:45	35	6	280	15	0
12	12:45-13:00	47	8	267	13	0
13	13:00-13:15	48	7	295	15	0
14	13:15-13:30	45	4	300	13	0
15	13:30-13:45	48	7	270	12	0
16	13:45-14:00	37	8	245	17	0
	Siang	350	53	2117	106	0
17	16:00-16:15	92	7	365	15	0
18	16:15-16:30	60	8	330	18	0
19	16:30-16:45	65	9	393	10	0
20	16:45-17:00	76	8	390	15	0
21	17:00-17:15	71	7	397	13	0
22	17:15-17:30	65	9	474	17	0
23	17:30-17:45	66	8	458	15	0
24	17:45-18:00	76	6	459	20	0
		571	62	3266	123	0
	Total	1080	152	7178	290	0
	Total Keseluruhan	8700				

Tabel L.7: Data survei kendaraan hari Minggu.

No	Waktu Jam	Jenis Kendaraan				
		Kr	Kb	Sm	Ks	Ktb
1	07:00-07:15	10	3	205	4	0
2	07:15-07:30	14	4	225	5	1
3	07:30-07:45	15	5	231	5	1
4	07:45-08:00	20	4	215	6	0
5	08:00-08:15	23	4	254	5	0
6	08:15-08:30	22	3	234	4	0
7	08:30-08:45	25	2	247	5	0
8	08:45-09:00	26	1	238	7	0
	Pagi	155	26	1849	41	2
9	12:00-12:15	43	4	230	4	0
10	12:15-12:30	52	3	248	4	0
11	12:30-12:45	50	5	269	6	0
12	12:45-13:00	48	4	278	5	1
13	13:00-13:15	59	4	275	6	0
14	13:15-13:30	53	5	277	5	0
15	13:30-13:45	55	6	271	9	0
16	13:45-14:00	51	7	298	7	0
	Siang	411	38	2146	46	1
17	16:00-16:15	87	7	335	4	0
18	16:15-16:30	65	6	355	7	0
19	16:30-16:45	69	3	398	9	0
20	16:45-17:00	70	4	397	5	0
21	17:00-17:15	73	5	395	7	0
22	17:15-17:30	78	4	387	6	0
23	17:30-17:45	71	5	394	6	1
24	17:45-18:00	76	6	385	9	1
		589	40	3046	53	2
	Total	1155	104	7041	140	5
	Total Keseluruhan	8445				



Gambar L1: Mengukur Panjang jalan Tanpa Hambatan.



Gambar L2: Mengukur Panjang Jalan Ada Hambatan.



Gambar L3: Survei Lalu lintas.



Gambar L4: Survei Lalu lintas.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Randi Surya Dharma
Panggilan : Randi
Tempat/Tanggal Lahir : Beringin, 12 November 2000
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl. Bilal Ujung No. 168 Kecamatan Medan Timur
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Tumiran
Ibu : Nona
No Hp : 082273085725
Email : randisuryad@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk : 1807210039
Mahasiswa
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan, 20238

Pendidikan Formal

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar (SD)	SD Jaya Krama	2012
Sekolah Menengah Pertama (SMP)	SMPN 1 Beringin	2015
Sekolah Menengah Atas (SMA)	SMKN 1 Lubuk Pakam	2018

