

**PENGARUH IRINGAN KENDARAAN DI DAERAH TANJAKAN
TERHADAP TUNDAAN PERJALANAN KENDARAAN RINGAN
(Studi Kasus Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatera, Lampung Selatan)**

(Skripsi)

Oleh

**FELIX TIOPAN ALEKSANDRO DOLOKSARIBU
1715011065**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH IRINGAN KENDARAAN DI DAERAH TANJAKAN TERHADAP TUNDAAN PERJALANAN KENDARAAN RINGAN (STUDI KASUS TANJAKAN TARAHAH, JALAN LINTAS SUMATERA, LAMPUNG SELATAN)

Oleh

FELIX TIOPAN ALEKSANDRO DOLOKSARIBU

Iringan kendaraan berat menyebabkan tundaan kecepatan kendaraan di belakang. Panjang iringan ini sangat dipengaruhi oleh keberanian pengemudi di belakang mendahului kendaraan berat. Dampaknya akan terjadi tundaan, kondisi ini diperparah pada daerah tanjakan, dimana pada arah tanjakan kendaraan mengalami perlambatan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya tundaan perjalanan akibat iringan kendaraan berat, metode yang digunakan adalah metode gelombang kejut. Hasil yang didapatkan pada kemiringan 1 dengan elevasi tanjakan 5,9 % terdapat panjang iringan rata-rata sepanjang 61,60 m, dengan tundaan sebesar 7,45 detik. Sedangkan pada kemiringan 2 dengan elevasi tanjakan 8,5 % terdapat panjang iringan rata-rata sepanjang 59,25 m, dengan tundaan sebesar 8,25 detik.

**Kata kunci : Gelombang Kejut, Iringan Kendaraan, Iringan peleton,
Tundaan.**

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF ACCOMPANYING VEHICLES IN INCLINED AREAS ON LIGHT VEHICLE TRAVEL DELAYS (CASE STUDY OF TARAHAH ASCENT, TRANS-SUMATRA ROAD, SOUTH LAMPUNG)

By

FELIX TIOPAN ALEKSANDRO DOLOKSARIBU

The accompaniment of heavy vehicles causes a delay in the speed of the vehicles behind. The length of the accompaniment is greatly influenced by the courage of the driver behind the heavy vehicle. The impact will be a delay, this condition is exacerbated in incline areas, where in the incline the vehicle slows down. The purpose of this study is to determine the amount of travel delays due to heavy vehicle accompaniment, the method used is the shock wave method. The results obtained on slope 1 with an elevation of 5.9% have an average accompaniment length of 61.60 m, with a delay of 7.45 seconds. Whereas on slope 2 with an elevation of 8.5% there is an average accompaniment length of 59.25 m, with a delay of 8.25 seconds.

Keywords: Shock Wave, Vehicle Accompaniment, Platoon Accompaniment, Delay.

**PENGARUH IRINGAN KENDARAAN DI DAERAH TANJAKAN
TERHADAP TUNDAAN PERJALANAN KENDARAAN RINGAN
(Studi Kasus Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatera, Lampung Selatan)**

Oleh

FELIX TIOPAN ALEKSANDRO DOLOKSARIBU

1715011065

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Skripsi : **PENGARUH IRINGAN KENDARAAN DI DAERAH TANJAKAN TERHADAP TUNDAAN PERJALANAN KENDARAAN RINGAN (STUDI KASUS TANJAKAN TARAHAN, JALAN LINTAS SUMATERA, LAMPUNG SELATAN)**

Nama Mahasiswa : **Felix Tiopan Aleksandro Doloksaribu**

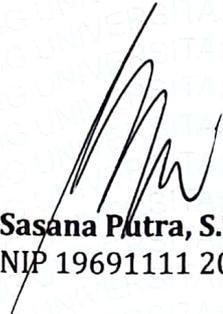
Nomor Pokok Mahasiswa : **1715011065**

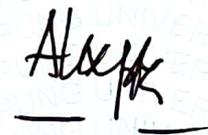
Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



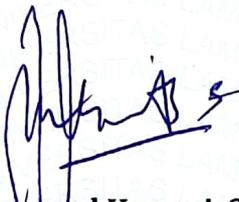
1. Komisi Pembimbing


Sasana Putra, S.T.,M.T.
NIP 19691111 200003 1 002


Dr.Eng.,Aleksander Purba, S.T.,M.T.
NIP 19681107 200012 1 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001


Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Sasana Putra, S.T.,M.T.

Sekretaris

: Dr.Eng,Aleksander Purba, S.T.,M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T, M.T

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Januari 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Felix Tiopan Aleksandro Doloksaribu**

NPM : 1715011065

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : **PENGARUH IRINGAN KENDARAAN DI DAERAH TANJAKAN TERHADAP TUNDAAN PERJALANAN KENDARAAN RINGAN (Studi Kasus Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatera, Lampung Selatan)**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah ditetapkan. Ide penelitian didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada Saya dan Pembimbing I, Bapak Sasana Putra, S.T.,M.T.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 April 2023

Pembuat Pernyataan,



Felix Tiopan Aleksandro Doloksaribu

MOTTO

"Diberkatilah orang yang mengandalkan TUHAN, yang menaruh harapannya pada TUHAN!"

(Yeremia 17 :7)

"Serahkanlah segala kekuatiranmu kepada-Nya sebab Ia yang memelihara kamu."

(1 Petrus 5 : 7)

"Keberhasilan bukan milik orang pintar. Keberhasilan milik mereka yang terus berusaha"

(B. J. Habibie)

Persembahkan

Puji syukur hamba panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan kepada hamba dalam menyelesaikan tugas akhir.

Kedua orang tua dan adik-adikku yang selalu memberi dukungan dan yang selalu memberikan doa serta mendukungku dalam meraih kesuksesan

Rekan dan sahabat-sahabat yang selalu menemani dalam suka maupun duka serta selalu memberikan dukungan agar skripsi ini berjalan dengan baik.

Rekan seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2017.

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah senantiasa memberikan rahmat dan anugrah-Nya. Sehingga diberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Pengaruh Iringan Kendaraan Di Daerah Tanjakan Terhadap Tundaan Perjalanan Kendaraan Ringan (Studi Kasus Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatera, Lampung Selatan)" sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan arahan, masukan, motivasi dan semangat kepada penulis dari awal hingga skripsi ini selesai.
5. Bapak Dr.Eng., Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T.IPM.,ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji saya.
7. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua ilmu dan didikannya dalam masa perkuliahan.
8. Seluruh staff dan karyawan Program studi S1 Teknik Sipil atas semua bantuan dalam hal administrasi.
9. Orang tua saya yaitu Bapak Hotben Doloksaribu dan Ibu Sarinah Sitorus dan saudari saya Evita Cahya Febriyanti dan Desnita Uli Natasha serta keluarga

yang senantiasa memberikan doa, bimbingan kepercayaan, dan semangat baik moral maupun materil dalam menyelesaikan skripsi ini.

10. Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2017 yang selalu mendukung dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi saya.
11. Teman kelompok Skripsi, I Gusti Made Ferdi Kusuma dan Dimas Prayoga, yang telah membantu kegiatan skripsi saya.
12. Adik adik tingkat Doni Irawan, Yogi Ardana, Fahrian Adisatya, Daffa Dzokrillah, Holong Pandiangan, Najib Al-Hammam dan Fajar Ryandana.
13. Yemima Kren Hafud Lumban Gaol yang telah menemani saya dalam menyelesaikan perkuliahan saya.
14. Theo Marpaung, Tessa Tambunan, Ester Sihombing yang telah menemani saya dalam menyelesaikan perkuliahan saya.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang berkepentingan dengan skripsi ini. Penulis berharap hasil dan penulisan skripsi ini dapat memberi manfaat bagi yang memerlukan.

Bandar Lampung, 9 April 2023

Penulis,

Felix Tiopan Aleksandro Doloksaribu

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Parameter Lalu lintas.....	5
B. Kecepatan Arus Lalu Lintas.....	6
C. Volume Arus Lalu Lintas.....	7
D. Ekuivalensi Mobil Penumpang	8
E. Kepadatan Arus Lalu Lintas.....	9
F. Metode <i>Greenshields</i>	12
G. Tundaan (<i>Delay</i>).....	13
H. <i>Time Headway</i>	14
I. Iringan Peleton	16
J. Gelombang Kejut (<i>Shock Wave</i>)	17
K. Klasifikasi Gelombang Kejut	17
L. Studi Terdahulu.....	21

III. METODE PENELITIAN

A. Pendahuluan Penelitian	28
B. Studi Literatur	30
C. Diagram Alir Penelitian	31
D. Metode Pelaksanaan Survei	31
E. Metode Pengumpulan Data	32
F. Pengolahan Data.....	34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengumpulan Data.....	37
B. Data Geometri	37
C. Arus Lalu Lintas.....	38
D. Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR)	38
E. Volume Lalu Lintas.....	41
F. Kecepatan Lalu Lintas.....	42
G. Kepadatan Lalu Lintas	43
H. Hubungan Matematis Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan dengan Metode Greenshields	44
I. Panjang Iringan Peleton	48
J. Nilai Gelombang Kejut	56

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	68
B. Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan.....	10
Gambar 2.2. <i>Gap</i> dan <i>Time Headway</i>	14
Gambar 2.3. Klasifikasi Gelombang Kejut	19
Gambar 2.4. Gelombang kejut pada perlintasan kereta api pada saat pintu perlintasan ditutup	20
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian	29
Gambar 3.2. Lokasi Pengamatan dan Elevasi Ruas Jalan.....	29
Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 4.1. Alinyemen Vertikal Tanjakan Tarahan	38
Gambar 4.2. Grafik Volume Lalu Lintas Per 5 Menit Periode Pagi Hari.....	42
Gambar 4.3. Grafik Kecepatan Lalu Lintas Per 5 Menit Periode Pagi Hari	43
Gambar 4.4. Grafik Kepadatan Lalu Lintas Per 5 Menit Periode Pagi Hari.....	44
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan pagi kemiringan I.....	46
Gambar 4.6. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan pagi kemiringan 2	47
Gambar 4.7. Volume Lalu Lintas Iringan Kendaraan Kemiringan 1	51
Gambar 4.8. Grafik Kecepatan Lalu Lintas Iringan Kendaraan Kemiringan 1	52
Gambar 4.9. Grafik Kepadatan Lalu Lintas Iringan Kendaraan Pada Kemiringan 1 dan Kemiringan 2.....	53
Gambar 4.10. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan iringan kendaraan kemiringan 1.....	55
Gambar 4.11. Grafik Kepadatan Lalu Lintas Iringan Kendaraan Pada Kemiringan 1 dan Kemiringan 2.....	53
Gambar 4.10. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan iringan kendaraan kemiringan 1	55
Gambar 4.11. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan iringan kendaraan kemiringan 2	56

Gambar 4.12. Grafik hubungan tundaan kendaraan dengan kemiringan tanjakan	65
Gambar 4.13. Jarak dan waktu pengamatan di Kemiringan 1	65
Gambar 4.14. Jarak dan waktu pengamatan di Kemiringan 2	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Ekr Kendaraan Tiap Alinemen	9
Tabel 2.2. Persamaan Model Linier <i>Greenshield</i>	12
Tabel 2.3. Studi Terdahulu.....	23
Tabel 2.3. (Lanjutan).....	24
Tabel 2.3. (Lanjutan).....	25
Tabel 2.3. (Lanjutan).....	26
Tabel 4.1. Data Geometri Tanjakan Tarahan.....	37
Tabel 4.1. Data Geometri Tanjakan Tarahan (Lanjutan)	38
Tabel 4.2. Arus Lalu Lintas di Tanjakan Tarahan	38
Tabel 4.3. Tipe Medan Jalan.....	39
Tabel 4.4. Ekr untuk jalan 4/2 T dan 4/2 TT.....	39
Tabel 4.5. Perhitungan volume kendaraan per segmen	40
Tabel 4.6. Perhitungan Volume Rata-rata Kemiringan 1.....	41
Tabel 4.7. Perhitungan Volume Rata-rata Kemiringan 2.....	42
Tabel 4.8. Data Regresi untuk Model <i>Greenshields</i>	44
Tabel 4.8. Data Regresi untuk Model <i>Greenshields</i> (Lanjutan).....	45
Tabel 4.9. Rekapitulasi Persamaan dan Hasil Nilai Model Linear Pagi	47
Tabel 4.10. Perhitungan Arus Lalu lintas	48
Tabel 4.12. Volume Kendaraan Pemimpin Peleton 1 Truk Berat	51
Tabel 4.12. Volume Kendaraan Pemimpin Peleton 1 Truk Berat (Lanjutan)	52
Tabel 4.13. Data Regresi untuk Model <i>Greenshields</i> Kemiringan 1	53
Tabel 4.14. Rekapitulasi Gelombang kejut periode kemiringan 1.....	59
Tabel 4.15. Rekapitulasi Gelombang kejut kemiringan 2	60
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan panjang iringan dan tundaan pada kemiringan 1 ...	62
Tabel 4.17. Panjang Iringan dan tundaan hasil perhitungan kemiringan 2	63
Tabel 4.18. Nilai persentase tundaan perkemiringan	64

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gelombang kejut (*shock wave*) dapat didefinisikan sebagai arus pergerakan yang muncul disebabkan karena adanya perbedaan kepadatan dan kecepatan lalu lintas pada suatu ruas jalan. Dalam keadaan bergerak bebas, arus lalu lintas akan mengalami penurunan kepadatan. Sedangkan jika arus memiliki hambatan, maka akan mengurangi kecepatan kendaraan ketika melalui lokasi hambatan tersebut. Pengurangan kecepatan ini mengakibatkan kepadatan kendaraan di kawasan tersebut. Hambatan lalu lintas dapat berupa penutupan sebagian atau seluruh lajur, misalnya karena kecelakaan, perbaikan jalan, atau dapat juga disebabkan oleh lampu lalu lintas. Penelitian dilakukan di Tanjakan Tarahan yang terletak di Jalan Lintas Sumatera, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Lampung Selatan.

Tarahan adalah salah satu daerah berdirinya banyak tempat perindustrian. Dengan banyaknya tempat perindustrian ini membuat banyak sekali kendaraan besar yang beroperasi. Pengoperasian kendaraan berkapasitas besar ini menjadi kendala dan dapat menyebabkan keterlambatan arus lalu lintas saat melintas di sekitar Tanjakan Tarahan sehingga menimbulkan kemacetan bagi kendaraan lainnya.

Peningkatan jumlah kendaraan merupakan salah satu dari faktor kemacetan. Ada perbedaan perilaku mobil dengan berat lebih dari 20 ton. Kendaraan - kendaraan ini seringkali kurang disiplin saat melewati tanjakan seperti menaiki tanjakan secara beriringan, hal ini mempengaruhi kecepatan kendaraan lain yang berada di belakang kendaraan besar tersebut. Akibat dari kendaraan besar yang berjalan secara beriringan ini, menyebabkan kendaraan di belakangnya sulit untuk mendahului kendaraan besar tersebut. Terlebih iringan kendaraan besar ini melintas di jalan tersebut dan posisinya berada di

depan kendaraan kecil, dan pengaruh dari iringan kendaraan besar ini menyebabkan terjadinya iringan kendaraan kecil yang kesulitan untuk melewatinya. Ini menjadi salah satu permasalahan yang serius karena akan menyebabkan padatnya kendaraan dikarenakan banyaknya iringan kendaraan besar yang mengalami penurunan kecepatan. Hal inilah yang menjadi alasan dibuatnya latar belakang ini, untuk diteliti sebagai pengaruh dari aktivitas iringan kendaraan besar yang mengakibatkan terjadinya iringan kendaraan kecil.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari hasil analisis latar belakang diatas, didapat rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan kendaraan kecil jika terjadi variasi pemimpin peleton di area tanjakan?
- b. Bagaimana pengaruh variasi iringan kendaraan terhadap tundaan kendaraan di daerah tanjakan?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dapat dilakukan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Penelitian ini berlokasi di Tanjakan Tarahan.
2. Pada penelitian ini, waktu yang tepat untuk melakukan penelitian adalah ketika jam sibuk karena akan mengakibatkan adanya kepadatan kendaraan.
3. Dalam penelitian ini, perilaku dan sikap pengemudi tidak diperiksa.
4. Penelitian dilakukan selama sehari, karena sudah dapat mewakili hari hari lainnya.
5. Pengambilan data dari dilakukan dengan menggunakan rekaman video menggunakan kamera *drone*.
6. Pengaruh iringan peleton dihitung menggunakan metode Gelombang Kejut.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung tundaan atau perlambatan waktu tempuh pada area tanjakan yang diakibatkan oleh panjang iringan kendaraan.
- b. Menghitung tundaan atau perlambatan waktu tempuh pada area tanjakan yang diakibatkan oleh kemiringan tanjakan.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Sebagai mahasiswa teknik sipil , penulis berharap dapat mengembangkan ilmu dan bisa menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan sistem transportasi khususnya dengan perubahan kecepatan yang terjadi pada jalan Tanjakan Tarahan.
2. Dapat menginformasikan pemahaman yang berguna tentang masalah penundaan kendaraan yang dihadapi dengan menggunakan metode gelombang kejut.
3. Dapat menjadi pedoman untuk peneliti lain terkait dengan tundaan laju kendaraan menggunakan metode gelombang kejut pada ruas jalan tanjakan.

F. Sistematika Penulisan

Secara sistematis pembahasan yang diuraikan pada penelitian ini dibagi menjadi lima bab, antara lain sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan mengenai pembahasan dari landasan teori-teori dan rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data – data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

Bab IV Analisis Dan Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian yang dilakukan mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada.

Bab V Kesimpulan Dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diambil dari penelitian ini dan saran yang diberikan penulis.

Daftar Pustaka

Bagian ini berisikan tentang referensi-referensi yang disusun dalam tugas akhir ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Parameter Lalu lintas

Arus lalu lintas ditentukan oleh pengemudi dan kendaraan, sehingga terjadi interaksi antara keduanya dan interaksi antara dua komponen di jalan dan lingkungan. Karena keterampilan pengemudi dan pengambilan keputusan yang tidak merata, kendaraan yang memasuki arus lalu lintas tidak mungkin berjalan secara merata. Parameter ini harus dapat dijelaskan dan diukur dengan: Analisis, Evaluasi, dan dapat diperbaiki oleh ahli Lalu Lintas berdasarkan parameter dan pengetahuan pelakunya (Oglesby *et al.*, 1998).

1. Jenis-Jenis Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas pada kendaraan dibagi menjadi dua kategori, yaitu: arus lalu lintas tidak terganggu (*Uninterrupted Flow*) dan gangguan lalu lintas terganggu (*Interrupted Flow*). Arus lalu lintas tidak terganggu (*Uninterrupted Flow*) dapat ditemukan pada fasilitas saat aktivitas lalu lintas tidak terganggu oleh rambu lalu lintas. Arus ini biasanya terjadi di jalan raya antar kota dan jalan raya. Arus lalu lintas terganggu terjadi saat aktivitas lalu lintas terganggu oleh rambu lalu lintas (Garber *et al.*, 2002).

Arus lalu lintas secara prinsip dapat dibedakan menjadi dua antara lain:

- a. Arus Lalu Lintas Tidak Terganggu (*Uninterrupted Flow*)
- b. Arus Lalu Lintas Terganggu (*Interrupted Flow*)

2. Parameter-parameter Lalu Lintas

Menurut (Roess *et al.*, 2004), Parameter pada suatu aliran lalu lintas dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu: parameter makroskopik dan parameter mikroskopik. Parameter makroskopik dapat diartikan dengan arus lalu lintas secara umum, sedangkan Mikroskopik menunjukkan perilaku suatu kendaraan dalam arus lalu lintas. Arus lalu lintas mikroskopik dijelaskan oleh tiga variabel dasar, yaitu Kecepatan, Volume, dan kepadatan.

Parameter arus lalu lintas ini dapat dikelompokkan ke dalam dua jenis, yaitu :

- a. Parameter Makroskopik
- b. Parameter Mikroskopik

Parameter mikroskopik arus lalu lintas dapat digambarkan dengan tiga parameter, yaitu :

- a. Kecepatan Arus Lalu Lintas
- b. Volume Arus Lalu Lintas
- c. Kepadatan

B. Kecepatan Arus Lalu Lintas

Kecepatan didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan yang dihitung dalam jarak per satuan waktu pergerakan kendaraan. Dalam pergerakan arus lalu lintas, setiap kendaraan melaju dengan kecepatan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, dalam arus lalu lintas, karakteristik kecepatan satu kendaraan tidak diketahui. Nilai rata-rata atau tipikal dapat digunakan untuk menentukan karakteristik arus lalu lintas. Ada dua jenis kecepatan rata-rata, yaitu

1. *Time Mean Speed (TMS)*

Time Mean Speed yaitu kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode waktu tertentu.

$$\bar{U}_t = \frac{L}{n} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3} \dots \dots \right) \dots \dots \dots (1)$$

2. *Space Mean Speed (SMS)*

Space Mean Speed yaitu kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati penggalan jalan selama periode tertentu.

$$\bar{U}_s = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum t_i} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

L = Panjang penggal jalan (m)

n = Jumlah sampel kendaraan

t_i = waktu tempuh kendaraan

Di dalam penelitian ini kecepatan yang digunakan adalah *Space Mean Speed* karena menghitung menghitung kecepatan kendaraan yang berada di sebuah

iringan peleton kendaraan.

C. Volume Arus Lalu Lintas

Volume arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan dalam kurun waktu tertentu. Arus lalu lintas umumnya dinyatakan dalam satuan jumlah kendaraan per jam atau jumlah kendaraan per hari.

1. Volume Harian (*Daily Volume*)

Volume harian ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

- a. *Average Daily Traffic* (ADT), dalam satuan *vehicle per hour* (vph), volume lalu lintas rata-rata diukur dalam 24 jam dalam jangka waktu tertentu dibagi dengan jumlah hari.
- b. *Average Annual Daily Traffic* (AADT), dalam satuan *vehicle per hour* (vph) selama 24 jam dalam 365 hari, jadi itu adalah jumlah total kendaraan yang diukur dibagi 365 (jumlah hari dalam setahun).

2. Volume jam-an

Suatu pengamatan terhadap arus lalu lintas untuk menentukan jam sibuk pagi dan sore hari, yang biasanya ramai karena orang keluar masuk. Dari pengamatan tersebut dapat diketahui bahwa arus maksimum disebut periode puncak. Dasar desain jalan raya biasanya menggunakan lalu lintas jam sibuk, menggunakan keterkaitan dari proyeksi arus harian:

$$DDHV = AADT \times K \times D \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

DDHV = *Directional Design Hourly Volume* (Arus Jam Rencana Kend/jam)

K = Ratio antara Arus Jam Puncak dengan LHRT (AADT)

D = Koefisien Arah Arus Lalu-Lintas

3. *Peak Hour Factor* (PHF)

Perbandingan lalu lintas per jam pada jam sibuk dan 4 kali *Rate Of Flow* pada jam sibuk.

$$PHF = \text{Volume Per Jam} / (4 \times \text{Peak RateOf Flow}) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

Rate Of Flow = Nilai ekuivalen volume lalu lintas per jam dihitung

berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada lajur/segmen dalam selang waktu kurang dari 1 jam (5 menit dalam penelitian ini).

4. Volume per sub jam (*subhourly volumes*)

Arus lalu lintas yang diteliti dalam periode waktu kurang dari satu jam.

5. Volume Jam Puncak

Jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada suatu ruas jalan selama satu jam pada saat arus lalu lintas tertinggi dalam sehari.

Dalam penelitian ini, volume kendaraan yang digunakan adalah Volume Jam-an dikarenakan penelitian ini meninjau arus lalu lintas kendaraan pagi dan sore dimana waktu tersebut terjadi kepadatan arus lalu lintas.

D. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Untuk menganalisis dan menghitung volume lalu lintas yang terdiri dari berbagai jenis, maka perlu digunakan faktor ekuivalen mobil penumpang untuk mengubahnya menjadi satuan kendaraan ringan yang disebut faktor ekuivalensi mobil penumpang. Nilai EMP berubah - ubah dari waktu ke waktu karena perubahan kondisi sarana dan prasarana (Partha *et al.* 2009).

Menurut (PKJI, 2014) mendefinisikan satuan kendaraan ringan dan ekivalensi kendaraan ringan sebagai berikut :

1. Satuan Kendaraan Ringan, Artinya, satuan arus di mana arus berbagai jenis kendaraan diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan skr.
2. Ekuivalensi Kendaraan Ringan, Artinya, faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan kendaraan ringan pada arus campuran beberapa jenis kendaraan dibandingkan dengan kendaraan ringan (untuk kendaraan ringan dengan sasis yang sama, $ekr = 1,0$). Menurut (PKJI, 2014), untuk jalan perkotaan, kendaraan pada arus lalu lintas dibagi dalam 4 tipe yaitu:
 - a. Kendaraan Ringan (KR) adalah kendaraan bermotor dengan dua gandar roda empat, panjang kendaraan tidak melebihi 5,5 m, dan lebar kendaraan 2 hingga 2,5 m.

- b. Kendaraan Berat (KB) terbagi menjadi 3 bagian, antara lain:
1. Kendaraan Berat Menengah (KBM) adalah Kendaraan bermotor dua gandar dengan jarak 3,5 - 5,0 meter,
 2. Truck Besar (TB) adalah Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama dan kedua) lebih kecil 3,50.
 3. Bus Berat (BB) adalah Bis dua atau tiga gandar dengan jarak 5,0 - 6,0 meter.
- c. Sepeda Motor adalah kendaraan bermotor roda dua atau tiga.
Meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

Tabel 1. Ekr Kendaraan Tiap Alinemen.

Tipe alinemen	Arus total (kend./jam)		Ekr			
	Arus total pada jalan 4/2T (kend./jam)	Arus total pada jalan 4/2TT (kend./jam)	KBM	BB	TB	SM
Datar	0	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥ 2150	≥ 3950	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,3	4,3	0,7
	≥ 1750	≥ 3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥ 1500	≥ 2700	2,0	2,4	3,8	0,3

(Sumber : PKJI, 2014)

Dari Tabel 1. dapat diketahui volume lalu lintas yang melewati suatu titik dihitung melalui persamaan berikut:

$$V = \sum (V_i \cdot Ekr_i) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

V = Volume (Skr/jam)

V_i = Arus kendaraan tipe ke-i

Ekr_i = Faktor ekr kendaraan tipe ke-i

E. Kepadatan Arus Lalu Lintas

Kepadatan arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan per kilometer atau jumlah kendaraan per kilometer per kilometer yang menempati panjang jalan atau jumlah kendaraan pada lajur. Sedangkan menurut (Webster, 1966) Kepadatan

arus lalu lintas adalah suatu fenomena yang sering ditemui di jalan yang relatif sibuk, atau jalan utama di mana berbagai kendaraan melakukan perjalanan dari satu area ke area lain. Karena sulit diukur di lapangan, maka dihitung berdasarkan nilai kecepatan dan arus. Kepadatan arus lalu lintas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

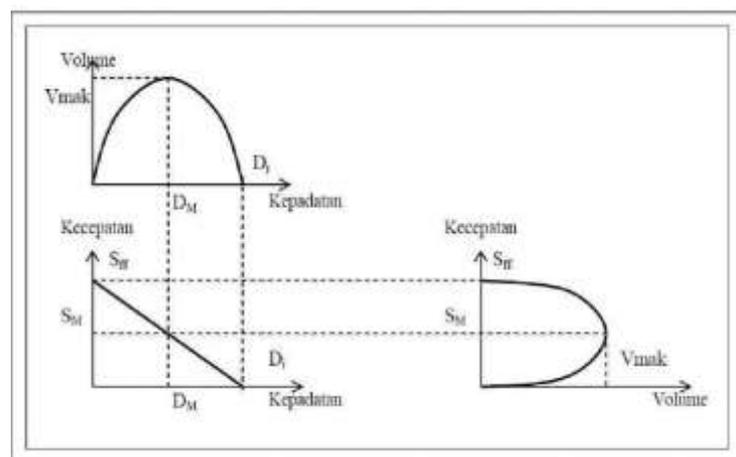
$$D = \frac{q}{V_{sms}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

q = arus (skr/jam)

V_{sms} = *space mean speed* (km/jam)

Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan adalah monoton ke bawah, yaitu jika kepadatan lalu lintas meningkat, kecepatan akan berkurang. Jika kepadatannya sangat tinggi sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak lagi atau disebut situasi kemacetan total, maka arus lalu lintas akan menjadi nol. Dalam kondisi kepadatan nol, tidak ada kendaraan di jalan, sehingga arus lalu lintas juga nol. Selain itu, dalam kondisi kepadatan nol, kendaraan dapat dengan bebas memilih kecepatan mengemudi sesuai dengan kondisi jalan yang ada, atau disebut kecepatan arus bebas. Hubungan antara Volume, kecepatan dan kerapatan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan.

Hubungan matematis antar parameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan pada Gambar 1, yang memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Arus-Kepadatan (V-D), dan Arus

Kecepatan (V-S).

Pada Gambar 2.2 menunjukkan hubungan yang signifikan dari ketiga grafik tersebut sehingga tergambar sejajar dikarenakan saling terkait antara ketiganya. Pada gambar tersebut dapat diterangkan bahwa:

i. Hubungan Arus/Volume-Kepadatan pada Gambar 2.2(a)

Pada grafik yang pertama ini, untuk sumbu y akan menjelaskan arus/volume lalu lintas dan sumbu x menjelaskan kepadatan lalu lintas. Pada titik 0 (nol), arus/volume yang melintas tidak ada sehingga tidak terjadi kepadatan lalu lintas. Pada kondisi A, volume mulai meningkat sehingga kepadatan akan meningkat juga sampai titik volume maksimum (V_{maks}). Pada kondisi V_{maks} ini kendaraan yang melintas telah mendekati dari kapasitas ruas jalan tersebut. titik-titik tebal tersebut disebut kepadatan kritis yaitu kondisi dimana arus yang melintas melewati dari kapasitas jalan sehingga mulai terjadi antrian hingga kemacetan/arus yang tidak stabil. Pada kondisi B, yaitu telah terjadi antrian sehingga arus kendaraan yang akan melintas menurun dan kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik D_j .

ii. Hubungan Kecepatan-Kepadatan pada Gambar 2.2(b)

Pada grafik yang kedua, untuk sumbu y akan menjelaskan kecepatan kendaraan dan sumbu x menjelaskan kepadatan lalu lintas. Pada titik 0 (nol), terjadi kecepatan arus bebas dimana kendaraan dapat memacu kendaraan tinggi tanpa hambatan sehingga kepadatan rendah. Pada kondisi A, kecepatan mulai menurun sehingga kepadatan akan meningkat hingga sampai titik kecepatan kritis. titik-titik tebal disebut kepadatan kritis yaitu kondisi dimana mulai terjadi antrian hingga kemacetan/arus yang tidak stabil. Pada kondisi B, yaitu telah terjadi antrian sehingga kecepatan kendaraan yang akan melintas menurun dan kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik D_j .

iii. Hubungan Arus/Volume-Kecepatan pada Gambar 2.2(c)

Pada grafik yang ketiga ini, untuk sumbu y akan menjelaskan kecepatan lalu lintas dan sumbu x menjelaskan volume/arus lalu lintas. Pada titik 0 (nol), arus/volume yang melintas tidak ada sehingga terjadi kecepatan arus bebas.

Pada kondisi A, arus/volume mulai meningkat sehingga kecepatan akan menurun hingga sampai titik volume maksimum (V_{maks}). Titik-titik tebal disebut kecepatan kritis yaitu kondisi dimana mulai terjadi antrian hingga kemacetan/arus yang tidak stabil. Pada kondisi B, yaitu telah terjadi antrian sehingga arus kendaraan yang akan melintas menurun dan kecepatan kendaraan menurun sampai terjadi kemacetan.

Gambar 2.2 memperlihatkan beberapa parameter penting arus lalu lintas lainnya, yakni:

- V_{Maks} = kapasitas atau arus maksimum (SKR/jam)
- S_M = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (km/jam)
- D_M = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (SKR/km)
- D_j = kepadatan pada kondisi lalu lintas macet total (SKR/km)
- S_{ff} = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati 0 (nol) atau kecepatannya arus bebas (km/jam).

F. Metode *Greenshields*

Greenshields yang mengadakan studi di jalan-jalan luar kota Ohio USA mengusulkan bahwa model linear antara *space mean speed* (kecepatan) dengan kerapatan kendaraan (S - D). Penelitian *Greenshields* tersebut memodelkan persamaan dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Persamaan Model Linier *Greenshield*.

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = S_{ff} - (S_{ff} / D_j) \cdot D$	VM	$VM = (D_j \cdot S_{ff}) / 4$
V-D	$V = D \cdot S_{ff} - (S_{ff} / D_j) \cdot D^2$	SM	$SM = S_{ff} / 2$
V-S	$V = D_j \cdot S - (D_j / S_{ff}) \cdot S^2$	DM	$DM = D_j / 2$

Pada tabel diatas menunjukkan persamaan hasil linier (*Greenshields*). Pada persamaan di atas maka akan didapat nilai S_{ff} , D_j dan volume maksimum yang terjadi sehingga dapat menentukan hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan, dan Volume-Kepadatan.

G. Tundaan (*Delay*)

Menurut (PKJI, 2014), tundaan mengacu pada waktu tempuh tambahan yang diperlukan kendaraan untuk melewati persimpangan dibandingkan dengan situasi di mana tidak ada persimpangan. Dua jenis tundaan yang mungkin terjadi pada arus lalu lintas, yaitu :

1. Tundaan tetap

Tundaan ini seringkali terjadi dipersimpangan-persimpangan jalan. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi terjadinya tundaan di persimpangan, yaitu:

- a. Faktor fisik, yang meliputi jumlah jalur, lebar jalan, pengendali akses menuju jalan tersebut, dan tempat-tempat transit.
- b. 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 lalulintas atau tundaan yang disebabkan oleh adanya pengaruh dari lalu lintas lain. Misalnya : kendaraan yang masuk keluar dari tempat parkir, pejalan kaki atau kendaraan yang berhenti. Namun tundaan operasional dapat juga disebabkan oleh gangguan didalam arus lalu lintas itu sendiri.

Selain itu ada juga tundaan yang disebabkan oleh pemberhentian (*Stopped delay*) yaitu tundaan yang terjadi pada kendaraan dengan kendaraan tersebut berada dalam kondisi benar-benar berhenti pada kondisi mesin hidup (stasioner). Kondisi ini bila berlangsung lama akan mengakibatkan suatu kemacetan lalu lintas (kongestion). 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 (Hobbs dalam Suwardi, 2005).

Semakin tinggi arus di persimpangan, semakin tinggi tingkat perlambatan di persimpangan. Keterlambatan simpang jalan-kereta api disebabkan oleh benturan truk yang melintasi badan jalan, serta penutupan gerbang

simpang, yang mengakibatkan tundaan meskipun gerbang simpang terbuka dan geometris dikenal sebagai tundaan geometrik. Berdasarkan definisi di atas, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = W_o + T \dots\dots\dots(7)$$

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 lalu lintas (TT) dan tundaan Geometrik (TG)),

Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T = TLL + TG \dots\dots\dots(8)$$

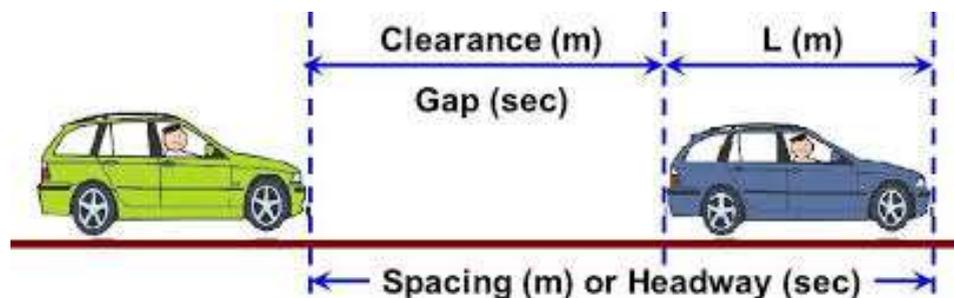
Dimana:

TLL = Tundaan lalu lintas rata-rata

TG = Tundaan geometrik rata-rata

H. Time Headway

Time headway adalah selisih waktu antar kendaraan yang beriringan yang melewati suatu titik tertentu dalam satu lajur (Salter, 1974). Karenanya *time headway* pada kenyataannya terdiri dari dua jenis waktu yaitu waktu okupansi (*Occupancy Time*) dan waktu antara (*Time Gap*). Waktu okupansi adalah lamanya waktu fisik kendaraan melewati suatu titik pengamatan. Sedangkan waktu antara merupakan selisih waktu saat belakang kendaraan yang didepan melewati suatu titik pengamatan dengan saat ujung depan kendaraan yang mengikutinya melewati titik yang sama (May, 1990).



Gambar 2.2. *Gap dan Time Headway.*

Rasio headway yang diperlukan mencakup 7 macam kombinasi kendaraan, yaitu: *Light Vehicle (LV)* diikuti *Light Vehicle (LV)*, *Light Vehicle (LV)* diikuti *Heavy Vehicle (HV)*, *Heavy Vehicle (HV)* diikuti *Light Vehicle (LV)*, *Heavy Vehicle (HV)* diikuti *Heavy Vehicle (HV)*, *Motor Cycle (MC)* diikuti *Motor Cycle (MC)*, *Light Vehicle (LV)* diikuti *Motor Cycle (MC)*, dan *Motor Cycle (MC)* diikuti *Light Vehicle (LV)*.

Sebagai contoh untuk menghitung nilai ekr HV dilakukan dengan cara membagi nilai rata-rata time headway HV diikuti HV dengan nilai rata-rata time headway LV diikuti LV. Hasil akan benar jika time headway HV tidak tergantung pada kendaraan yang mendahului maupun mengikutinya. Kondisi ini didapat jika jumlah rata-rata time headway LV diikuti LV ditambah rata-rata time headway HV diikuti HV sama dengan jumlah rata-rata time headway LV diikuti HV ditambah rata-rata time headway HV diikuti LV. Hal tersebut diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$t_a + t_b = t_c + t_d \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

- t_a = nilai rata-rata time headway LV diikuti LV
- t_b = nilai rata-rata time headway HV diikuti HV
- t_c = nilai rata-rata time headway LV diikuti HV
- t_d = nilai rata-rata time headway HV diikuti LV

Keadaan yang dapat memenuhi persamaan diatas sulit diperoleh karena tiap kendaraan mempunyai karakteristik yang berbeda. Demikian juga pengemudi memiliki kemampuan berbeda dalam mengemudi. Oleh karena itu diperlukan koreksi terhadap nilai rata-rata time headway sebagai berikut:

$$\left[t_a - \frac{k}{n_a} \right] + \left[t_b - \frac{k}{n_d} \right] = \left[t_c - \frac{k}{n_b} \right] + \left[t_d - \frac{k}{n_c} \right] \dots\dots\dots(10)$$

$$K = \frac{n_a.n_b.n_c.n_d (t_a+t_b-t_c-t_d)}{n_b.n_c.n_d+n_a.n_c.n_d+n_a.n_b.n_d+n_a.n_b.n_c} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

- n_a = jumlah data time headway LV diikuti LV
- n_b = jumlah data time headway HV diikuti HV
- n_c = jumlah data time headway LV diikuti HV
- n_d = jumlah data time headway HV diikuti LV

Selanjutnya nilai rata-rata time headway pasangan kendaraan tersebut

dikoreksi sebagai berikut:

$$t_{a k} = t_a - \frac{k}{n_a} \dots\dots\dots(12)$$

$$t_{b k} = t_b - \frac{k}{n_b} \dots\dots\dots(13)$$

$$t_{c k} = t_c - \frac{k}{n_c} \dots\dots\dots(14)$$

$$t_{d k} = t_d - \frac{k}{n_d} \dots\dots\dots(15)$$

Dengan menggunakan nilai rata-rata *time headway* yang sudah dikoreksi maka:

$$t_{a k} + t_{b k} = t_{c k} + t_{d k} \dots\dots\dots(16)$$

Dimana:

$t_{a k}$ = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

$t_{b k}$ = nilai rata-rata *time headway* HV-HV terkoreksi

$t_{c k}$ = nilai rata-rata *time headway* LV-HV terkoreksi

$t_{d k}$ = nilai rata-rata *time headway* HV-LV terkoreksi

Apabila persyaratan tersebut memenuhi syarat, maka nilai ekr HV dapat dihitung dengan persamaan:

$$Ekr HV = \frac{t_{b k}}{t_{a k}} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana:

ekr HV = Ekuivalen Kendaraan Ringan Heavy vehicle

$t_{b k}$ = nilai rata-rata *time headway* HV-HV terkoreksi

$t_{a k}$ = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

Sedangkan rumus untuk mencapai ekr MC adalah sama dengan rumus ekr HV namun variabel HV diganti dengan variabel MC.

I. Iringan Peleton

Kondisi lalu lintas saat kendaraan bergerak dalam antrian (peleton) Kecepatan yang sama karena dibatasi oleh kendaraan yang berada di depan (Pemimpin peleton) (Catatan: waktu antara ke depan <5 detik).

Menurut (Purnawan Adilla, 2013) terdapat 4 tipe iringan kendaraan (peleton), yaitu : LV – LV, LV – HV, HV – HV, HV – LV, dimana LV (*Light Vehicle*)

kendaraan ringan dan HV (*Heavy Vehicle*) kendaraan berat, bus termasuk kedalam kendaraan berat dan angkot termasuk kendaraan ringan. Tipe peleton yang paling tinggi adalah LV – LV, dengan nilai headway pada interval 1,1 – 1,8 detik, nilai ini relatif sama untuk survey pada 3 jam puncak, pagi, siang dan sore. Sedangkan menurut (Raja S dkk., 2014) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara pemimpin peleton dengan kecepatan dan ukuran peleton berdasarkan berat total kendaraan atau GVW (*Gross vehicle Weight*). Penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan peleton berkurang seiring dengan meningkatnya GVW pemimpin peleton. Namun terbukti bahwa ukuran peleton rata rata yang dipimpin oleh kendaraan berat lebih kecil dari peleton yang dipimpin oleh kendaraan ringan. Perhitungan peleton dilakukan pada headway sampai dengan 4 detik.

J. Gelombang Kejut (*Shock Wave*)

Gelombang kejut diartikan sebagai gerakan pada arus lalu lintas akibat adanya perubahan nilai kerapatan dan arus lalu lintas (Soedirdjo, 2002). Gelombang kejut terjadi ketika aliran dengan kepadatan rendah diikuti oleh aliran dengan kepadatan tinggi di bagian jalan sebagai akibat dari kecelakaan, pengurangan lajur, atau masuknya ramp. Misalnya, ketika memasuki jalan sempit, perilaku lalu lintas di persimpangan lampu lalu lintas atau perlintasan kereta api dengan lampu merah. Pada perlintasan kereta api, terjadi diskontinuitas dalam perjalanan kereta api (pintu perlintasan ditutup), dan karena adanya hambatan seperti pengatur kecepatan, rel kereta api dan rel kereta api, bagian depan kecepatan kendaraan melambat saat melambat. Saat kondisi penyeberangan terbuka.

K. Klasifikasi Gelombang Kejut

Menurut (Soedirdjoe, 2002) Gelombang kejut dapat didefinisikan menjadi 6 kelas, yaitu:

1. Gelombang kejut diam depan (*Frontal Stationary*)

Terdapat pada lokasi penyempitan jalur (termasuk sinyal lalu lintas) dan menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut arus lalu lintas lebih besar dari

kapasitas jalannya. Istilah depan mempunyai implikasi bahwa ini adalah bagian terdepan (pinggir kearah hilir) dari daerah kemacetan dengan kerapatan yang lebih rendah kearah hilir dan lebih tinggi kearah hulu. Istilah diam berarti bahwa gelombang kejut terjadi pada lokasi tersebut dan hal ini tidak akan berpindah lokasinya dengan berubahnya waktu.

2. Gelombang kejut diam belakang (*Rear Stationary*)

Terjadi apabila kedatangan lalu lintas sama dengan kapasitas pada daerah kemacetan untuk selama periode waktu tertentu. Istilah belakang mempunyai implikasi bahwa ini adalah bagian paling belakang atau pinggir kearah hulu dari daerah kemacetan. Kerapatan lebih tinggi kearah hilir dan lebih rendah kearah hulu. Istilah diam berarti bahwa gelombang tidak berpindah lokasinya selama periode waktu tertentu.

3. Gelombang kejut bentukan maju (*Forward Forming*)

Istilah maju mempunyai implikasi bahwa gelombang kejut bergerak dalam arah yang sama dengan arah gerakan lalu lintas, sedangkan istilah bentukan berarti bahwa selama berlangsungnya waktu kemacetan, terjadi peningkatan pada tempat yang semakin jauh kearah hilir. Waktu ruang disebelah kiri gelombang kejut mempunyai kerapatan yang lebih rendah dan kekanan kerapatannya lebih tinggi.

4. Gelombang kejut bentukan mundur (*Backward Forming*)

Terbentuk apabila terjadi kemacetan dan menunjukkan daerah dalam waktu dan ruang dimana kelebihan arus ditampung. Istilah mundur berarti bahwa dengan berjalannya waktu, gelombang kejut akan bergerak ke belakang (kearah hulu atau kearah yang berlawanan dengan arah gerakan lalu lintas). Istilah bentukan mempunyai implikasi bahwa dengan berjalannya waktu, kemacetan akan semakin meningkat dan berkembang kearah hulu. Waktu dan ruang daerah asal ke kiri dari gelombang kejut mempunyai kerapatan yang lebih rendah dan kekanan kerapatannya lebih tinggi.

Gambar dari tentang penjelasan gelombang kejut ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Klasifikasi Gelombang Kejut

(Sumber : Soedirdjoe, 2002).

5. Gelombang kejut pemulihan maju (*Forward Recovery*)

Terbentuk seketika terjadi kemacetan sedangkan arus lalu lintas berkurang sehingga berada di bawah kapasitas penyempitannya. Oleh karena itu panjang dari kemacetan dapat dikurangi. Istilah maju berarti bahwa selama berlangsungnya waktu, gelombang kejut bergerak kedepan (kearah hilir atau kearah yang sama dengan arah gerakan lalu lintas). Istilah pemulihan mempunyai implikasi bahwa selama berlangsungnya waktu terdapat kondisi arus lalu lintas bebas (*free-flow*) pada daerah yang semakin jauh kearah hilir.

6. Gelombang kejut pemulihan mundur (*Backward Recovery*),

Terbentuk ketika kemacetan terjadi, tetapi kemudian terjadi peningkatan kapasitas jalannya. Istilah mundur berarti bahwa selama berlangsungnya waktu, gelombang kejut bergerak kebelakang (kearah hulu atau kearah yang berlawanan dengan arah gerakan lalu lintas). Istilah pemulihan mempunyai implikasi bahwa selama berlangsungnya waktu, kondisi arus bebas meningkat semakin menjauhi dari daerah awal lokasi kemacetan.

$$\omega_{DC} = \frac{VC - VD}{DC - DD} \dots\dots\dots(19)$$

$$\omega_{CB} = \frac{VB - VC}{DB - DC} \dots\dots\dots(20)$$

$$\omega_{AC} = \frac{VC - VA}{DC - DA} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana :

ω_{AB} = gelombang kejut mundur bentukan

ω_{DC} = gelombang kejut maju bentukan

ω_{CB} = gelombang kejut mundur pemulihan

ω_{AC} = gelombang kejut maju pemulihan

Interval waktu antara t_2 dan t_3 dirumuskan sebagai berikut:

$$t_3 - t_2 = r \left(\frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right) \dots\dots\dots(22)$$

Panjang antrian maksimum pada waktu t_3 dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_m = \frac{r}{60} \left(\frac{\omega_{CB} \cdot \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right) \dots\dots\dots(23)$$

Total dari pembukaan jalur ke kondisi normal Menggunakan $t_3 - t_2$ dan Q_m , total dari pembukaan jalur ke kondisi normal dirumuskan sebagai berikut :

$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} X < \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right| \dots\dots\dots(24)$$

Keterangan :

R = durasi efektif terjadinya hambatan (detik) = $t_3 - t_1$

$t_4 - t_2 = T$ adalah waktu pernormalan, total waktu antara pada saat diberlakukannya pernormalan lajur sampai antrian berakhir.

Total Tundaan (Total Delay) Total tundaan dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{r \cdot Q_m}{2} (D_B - D_A) + \frac{(t_4 - t_2) \cdot Q_m}{2} + (D_C - D_A) \dots\dots\dots(25)$$

L. Studi Terdahulu

Studi terdahulu adalah upaya pengumpulan studi – studi sebelumnya yang berguna sebagai pembandingan peneliti sehingga memperoleh hasil analisa yang lebih baik dan menjadi tolak ukur untuk melakukan analisa penelitian. Berikut

ini adalah beberapa studi – studi terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.3, antara lain :

Tabel 2.3. Studi Terdahulu.

No.	Penulis	Judul	Metode Yang Digunakan	Hasil
1	Swastiko Hendy Aryandhanu; Yuli Adi Setyawan; Epf. Eko Yulipriyono; Wahyudi Kusharjoko (2015)	<i>Analisa Kinerja Kendaraan Berat Pada Turunan Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan Semarang</i>	Perhitungan hubungan antara kecepatan, perlambatan dan kemiringan jalan.	Perlambatan rata-rata tertinggi yang terjadi pada tiga lokasi penelitian, untuk truk 100- 130 HP sebesar 2,337 m/s ² . Sedangkan untuk truk 190-225 HP perlambatan rata-rata tertinggi yang terjadi yaitu 2.059 m/s ² . Perlambatan rata-rata pada kedua jenis truk tersebut masih di bawah batas perlambatan maksimal yang diizinkan yaitu 3.41 m/s ² .
2	Muh. Arman Taufik (2016)	<i>Pengaruh Arus Kendaraan Berat (Truk) Terhadap Tingkat Kemacetan Lalu Lintas Di Kelurahan Mawang, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa</i>	Metode Analisis Data	Berdasarkan data pergerakan kendaraan pada jam puncak (10.00 – 11.00) saat ini yaitu 1.752 smp/jam dan didapatkan faktor pertumbuhan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan pada bulan yang berbeda yaitu 1,1%. Maka hasil yang didapatkan pada tahun berikutnya yaitu 1.927 smp/jam.

Tabel 2.3. Studi Terdahulu (Lanjutan)

No.	Penulis	Judul	Metode Yang Digunakan	Hasil
3	Gusmulyani (2019)	<i>Evaluasi Alinemen Vertikal Jalan Luar Kota (Studi Kasus Ruas Jalan Proklamasi Teluk Kuantan Pekanbaru)</i>	Analisa Evaluasi Alinemen Vertikal	Kelandaian alinemen vertikal yang cukup tinggi ini memberikan kesulitan bagi kendaraan berat khususnya untuk melalui tanjakan. Terjadinya penurunan kecepatan kendaraan berat yang signifikan sehingga menyebabkan iringan kendaraan (<i>platoon</i>) yang panjang.
4	Sri Ramayanti; Bayu Martanto Adji; Yosritzal (2020)	<i>Pengaruh Variasi Kendaraan Leader Dan Panjang Platoon Terhadap Kecepatan</i>	Perhitungan Time Headway dan Iringan Peleton	Ukuran peleton kendaraan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan rata-rata peleton. Jenis pemimpin peleton berpengaruh signifikan terhadap kecepatan Waktu rata-rata peleton diukur dengan <i>headway</i> .

Tabel 2.3. Studi Terdahulu (Lanjutan)

No.	Penulis	Judul	Metode Yang Digunakan	Hasil
5	Xinkai Wu dan Henry X liu (2011)	<i>A Shockwave Profile Model for Traffic Flow on Congested Urban Arterials. University of Minnesota, California</i>	SPM (Shockwave Profile Model)	Hasil yang diperoleh yaitu SPM sangat tepat untuk aplikasi jaringan besar realtime, terutama Ketika lalu lintas jenuh. Uji lapangan pada koridor arteri di Minnea Pol adalah SPM dapat membuat situasi secara akurat karean SPM melacak bagian gelombang kejut yang ditandai dan Panjang antrian dapat dihitung secara langsung.
6	Raka dan Zhang (2005)	<i>Consistency of Shock-wave and Queuing Theory Procedurer for Analysis of Roadway Bottlenecks. Virginia Polytechnic Institute and State University. (Konsistensi Gelombang Kejut dan Teori Antrian Prosedur untuk Analisis Kemacetan Jalan. Institut Politeknik Virginia dan Universitas Negeri)</i>	Gelombang kejut dan teori antrian.	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan antara analisis gelombang kejut dengan teori antrian. Dari hasil penelitian ini didapat perhitungan tundaan menggunakan analisis gelombang kejut dan teori antrian dibandingkan untuk dua contoh aplikasi yaitu waktu kedatangan yang bervariasi pada <i>bottleneck</i> .

Tabel 2.3. Studi Terdahulu (Lanjutan)

No.	Penulis	Judul	Metode Yang Digunakan	Hasil
7	Rizky Indra Utama (2015)	Pemodelan Distribusi Frekwensi Time Headway Lalu Lintas Di Wilayah Jalan Berbukit	Distribusi Frekwensi Time Headway	Topografi jalan berbukit atau menanjak dengan kondisi arus lalu lintas dari berbagai jenis kendaraan berat dan kendaraan ringan memiliki pola distribusi berbeda dengan kondisi jalan datar. Oleh sebab itu perlu dilakukan studi mengenai karakteristik time headway lalu lintas pada kondisi wilayah jalan berbukit atau jalan menanjak.
8	S. Chandana Wirasinghe (2015)	Determination of Traffic Delays from Shock-wave Analysis. The University of Calgary, Canada. (Penentuan Keterlambatan Lalu Lintas dari Gelombang Kejut Analisis. Universitas Calgary, Kanada)	<i>Greenshields</i>	Penelitian tentang penentuan tundaan lalu lintas dari analisa gelombang kejut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gelombang kejut pada tundaan lalu lintas. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah Greenshields. Hasil yang diperoleh yaitu kita dapat menentukan gelombang kejut secara matematis dari hasil permodelan Greenshields

Keunikan studi ini dibandingkan studi – studi terdahulu adalah studi ini menghitung tundaan dan panjang iringan peleton ketika terjadi sebuah peleton kendaraan dengan hambatannya yaitu kendaraan besar sebagai pemimpin peleton menggunakan metode gelombang kejut di lokasi yang berada di daerah tanjakan Tarahan, dimana tanjakan ini merupakan tanjakan yang ekstem karena berada di Jalan Lintas Sumatera dan merupakan tanjakan yang curam serta sering terjadi kecelakaan.

III. METODE PENELITIAN

A. Pendahuluan Penelitian

Pendahuluan penelitian bertujuan untuk menjelaskan lokasi penelitian, peralatan yang dibutuhkan, dan data survei yang dibutuhkan.

1. Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah Jalan Tanjakan Tarahan, Lampung Selatan, dan untuk panjang penelitian adalah 640 meter. Banyaknya volume arus lalu lintas, terjadi ketika jam kerja, terutama ketika kendaraan berat melewati tanjakan, sering menyebabkan keterlambatan perjalanan kendaraan. Berikut ini penjelasan tentang daerah penelitian survei Tanjakan Tarahan :

a. Awal tanjakan

Daerah ini adalah daerah dimana terjadinya gelombang kejut maju bentukan. Awal tanjakan berjarak sepanjang 30 m.

b. Kemiringan 1

Daerah ini adalah daerah dimana terjadinya kemiringan pada elevasi tanjakan dan terjadinya gelombang kejut diam maju pada arus lalu lintas. Kemiringan 1 berjarak sepanjang 170 m.

c. Bordes 1 atau Awal tanjakan 2

Daerah ini adalah daerah dimana terjadinya gelombang kejut pemulihan maju dari daerah kemiringan 1 dan gelombang kejut maju bentukan untuk kemiringan 2. Awal tanjakan atau Bordes 1 berjarak sepanjang 30 m.

d. Kemiringan 2

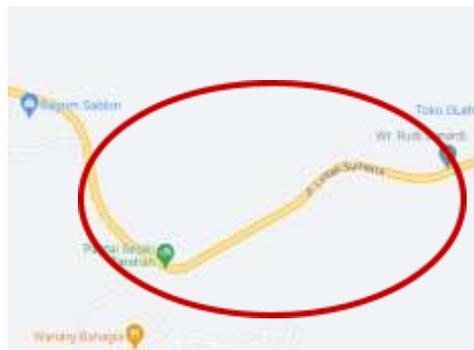
Daerah ini adalah daerah dimana terjadinya kemiringan pada elevasi tanjakan dan terjadinya gelombang kejut diam maju

pada arus lalu lintas. Kemiringan 2 berjarak sepanjang 340 m.

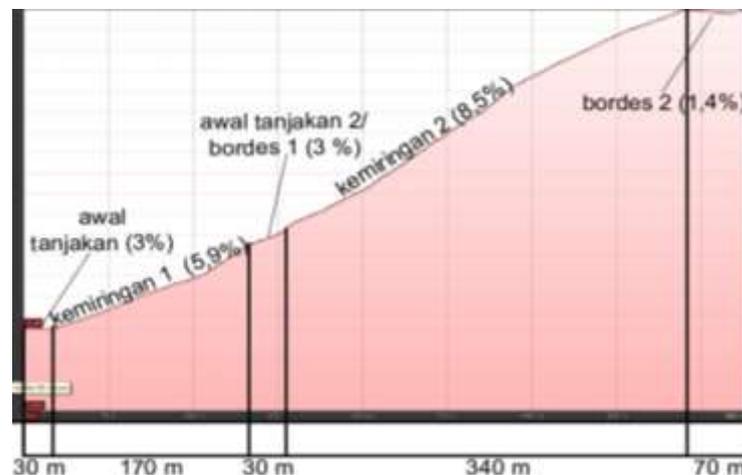
e. Bordes 2

Daerah ini adalah daerah dimana terjadinya gelombang kejut pemulihan maju dari daerah kemiringan 2. Bordes 2 berjarak sepanjang 70 m.

Berikut adalah peta lokasi penelitian pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian.



Gambar 3.2. Lokasi Pengamatan dan Elevasi Ruas Jalan.

2. Data Survei

Data yang dibutuhkan selama survei penelitian, antara lain :

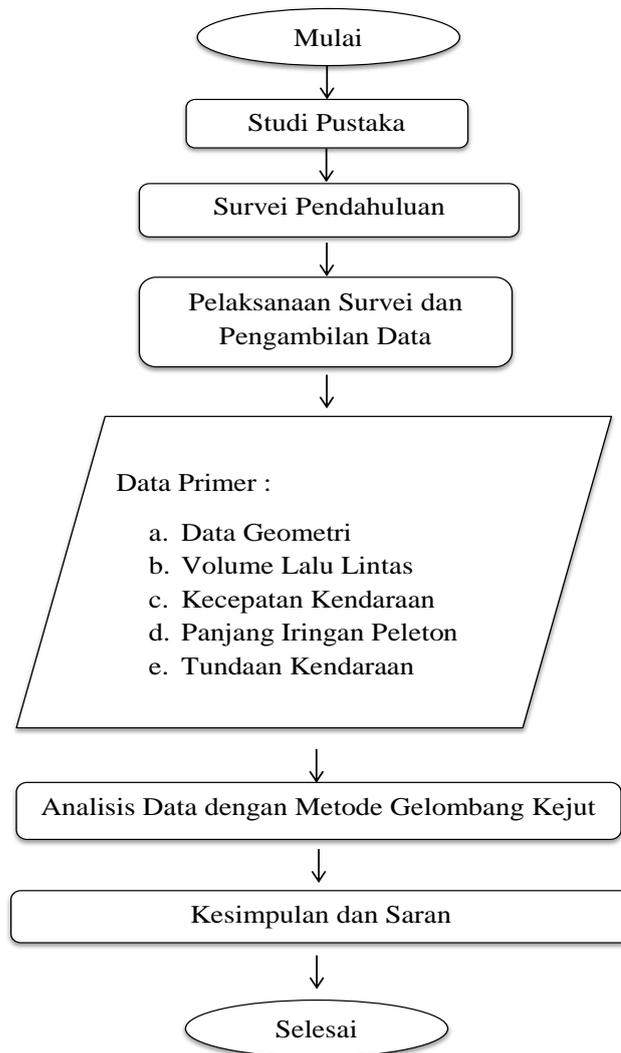
- a. Data Geometri
- b. Arus lalu lintas (SKR/jam)
- c. Kecepatan kendaraan (km/jam)

- d. *Time Headway* (detik)
 - e. Panjang iringan peleton (meter)
 - f. Waktu penormalan (detik)
3. Peralatan
- Saat melakukan survei dibutuhkan peralatan sebagai berikut:
- a. *Drone* untuk merekam pergerakan lalu lintas.
 - b. Lembar kerja untuk mencatat data.
 - c. Penanda titik pengamatan.
 - d. Meteran untuk mengukur kondisi geometri dan mengukur jarak titik penanda di lokasi .
 - e. Stop watch digunakan untuk mencatat waktu tempuh kendaraan yang melewati Tanjakan.

B. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk lebih memahami tundaan kendaraan akibat iringan peleton kendaraan dan membaca tentang gelombang kejut yang dipelajari dari buku dan jurnal yang terkait dengan judul skripsi.

C. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian.

D. Metode Pelaksanaan Survei

Dalam melakukan penelitian diperlukan metode yang baik dan tepat agar dapat mendapatkan hasil yang ingin diperoleh. Teknik pelaksanaan survei yang baik akan mempermudah melakukan perhitungan, pembahasan sehingga mendapatkan hasil yang diperlukan.

1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan informasi dan gambaran umum yang terjadi lokasi yang akan dijadikan sebagai tempat penelitian dan identifikasi permasalahan. Survei pendahuluan penelitian ini meliputi :

- a. Menentukan lokasi yang akan dilakukan survei. Dalam penelitian ini lokasi penelitian berada di Tanjakan Tarahan.
 - b. Menentukan titik terbaik untuk meletakkan kamera *drone* dan melaksanakan survei. Pada penelitian ini kamera *drone* diletakkan berada di atas jalan Tanjakan Tarahan bordes 1.
2. Pelaksanaan survei lapangan
- Survei lapangan ini dilakukan pada pagi hari pada pukul 08.00 – 09.00 dan sore hari pada pukul 15.00 – 16.00, Jam tersebut dipilih untuk survei penelitian dikarenakan pada jam tersebut mengalami kepadatan arus lalu lintas. Penelitian ini menggunakan rekaman kamera *drone*. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan pada pelaksanaan survei lapangan:
- a. Sebelum memulai survei dilakukan *marking* pada jalan yang akan diteliti. *Marking* pada jalan ini bertujuan agar dalam hasil rekaman terlihat jelas yang nantinya digunakan untuk data perhitungan.
 - b. Melakukan rekaman menggunakan kamera *drone* dengan tangkapan sesuai dengan batas-batas pengamatan. Hasil video rekaman *drone* yang dihasilkan durasi selama 2 jam yang nantinya digunakan dalam data perhitungan.
 - c. Setelah melakukan survei lapangan, dengan memutar ulang rekaman video *drone* tersebut didapat data-data lalu lintas yang digunakan dalam perhitungan.

E. Metode Pengumpulan Data

Data – data yang digunakan untuk dianalisa didapat dengan cara pengumpulan data primer sesuai dengan kebutuhan penelitian. Pengumpulan data yang dilakukan dan diperlukan:

1. Data Geometri

Data geometri jalan adalah data yang memuat kondisi geometri ruas jalan yang akan diteliti. Survei Data Geometri Jalan Tanjakan Tarahan ini meliputi keadaan geometri jalan tersebut yaitu, tipe

jalan, panjang jalan, lebar jalur jalan, tipe perkerasan jalan, median jalan, kelas fungsional dan kelas administrasi. Untuk mendapatkan hasil data survei keadaan geometri jalan ini dapat dicari dari jurnal – jurnal yang sudah membahas tentang kondisi jalan ini serta dapat dicari pada badan atau lembaga seperti Dinas Bina Marga atau BAPPEDA. Nantinya hasil dari survei data geometri tersebut dapat menjadi acuan untuk mengolah data lainnya.

2. Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas dihitung secara manual melalui hasil video survei yang menggunakan kamera *drone*. Untuk pengumpulan data nya yaitu menghitung secara langsung jumlah kendaraan yang melewati lokasi survei penelitian tersebut. Data volume kendaraan yang di ambil adalah kendaraan yang di bedakan dalam beberapa jenis kendaraan yaitu :

- a. Kendaraan ringan (*light vehicle*) Terdiri dari kendaraan bermotor beroda 4 termasuk mobil penumpang, angkot, microbus, pick-up, mikro truck.
- b. Kendaraan berat (*heavy vehicle*) Terdiri dari kendaraan bermotor yang mempunyai lebih dari 4 roda termasuk bus truk 2 gandar dan kombinasi truk lainnya.

3. Data Kecepatan Kendaraan

Variabel kecepatan yang digunakan untuk menganalisa hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan adalah kecepatan rata-rata. Langkah kerja untuk mendapatkan data kecepatan kendaraan sebagai berikut:

- a. Waktu tempuh yang didapat dengan mengikuti sampel kendaraan ringan dari awal batas pengamatan samapai akhir batas pengamatan (lihat gambar 3.1)
- b. Kecepatan didapat dengan jarak 10 meter dibagi waktu tempuh yang diperoleh (m/det) kemudian dikonversi ke km/jam.

4. *Time Headway*

Langkah kerja untuk mendapatkan data *time headway* sebagai berikut:

- a. Surveyor merekam aktivitas lalu lintas menggunakan drone.
- b. Mencatat lamanya kendaraan (detik) saat melintasi titik pengamatan sesudah kendaraan sebelumnya melintas titik tersebut pada form dengan melihat hasil rekam drone
- c. Kendaraan yang diamati yaitu antara SM-SM, SM-KR, KR-SM, KR-KR, KR-KB, KB-KR, KB-KB.

5. Panjang Iringan Peleton

Langkah kerja untuk mendapatkan data panjang antrian sebagai berikut:

- a. Mengamati panjang antrian yang terjadi ketika terdapat pemimpin peleton yang menyebabkan tundaan kendaraan.
- b. Mendapatkan panjang antrian kendaraan yang terjadi dengan mengamati hasil rekaman *drone*.

6. Waktu Penormalan

Mencatat lama terjadinya antrian, dimulai saat antrian terjadi sampai saat kondisi lalu lintas normal dengan hasil rekaman dan digunakan alat bantu *stopwatch*. Penentuan kondisi arus sudah menjadi normal kembali dilakukan secara pengamatan visual hasil rekaman.

F. Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Data yang diolah untuk perhitungan yaitu berupa data volume kendaraan, kecepatan kendaraan, perlambatan, panjang antrian, dan tundaan yang diperoleh dari mengamati hasil rekaman survei.

1. Data *time headway*,

Data *time headway* digunakan untuk mencari nilai EKR (Ekivalen Kendaraan Ringan). Nilai EKR yang didapat ini digunakan untuk

mengubah arus lalu lintas dari satuan kendaraan menjadi satuan kendaraan ringan (SKR).

2. Volume Kendaraan

Volume dinyatakan sebagai jumlah sebenarnya dari kendaraan yang diamati atau dipergerakan melalui suatu titik selama rentang waktu tertentu. Rumus yang digunakan untuk mencari Volume kendaraan dapat dilihat pada rumus (3).

3. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan merupakan laju pergerakan yang ditandai dengan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi dengan waktu tempuh. Kecepatan dapat didefinisikan dengan persamaan (2)

4. Kepadatan kendaraan

Kepadatan adalah jumlah kendaraan yang berada dalam satu satuan panjang jalan tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/m. Rumus yang digunakan untuk mencari kepadatan kendaraan dapat dilihat pada (6)

5. Metode *Greenshields*

Pada tabel 2.2 menunjukkan persamaan hasil linier (*Greenshields*). Pada persamaan di atas maka akan didapat nilai S_{ff} , D_j dan volume maksimum yang terjadi sehingga dapat menentukan hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan, dan Volume-Kepadatan.

6. Analisis Gelombang Kejut

Gelombang kejut pada ruas jalan terjadi akibat adanya pengaruh insiden sehingga arus lalu lintas tersebut menjadi terganggu mengakibatkan tertutupnya sebagian atau seluruh lajur jalan. Gelombang kejut yang terjadi dalam penelitian ini adalah Gelombang kejut maju bentukan, Gelombang kejut diam depan, dan Gelombang kejut mundur pemulihan. Gelombang kejut dapat dianalisis apabila hubungan antara arus kepadatan telah diketahui. Selanjutnya dengan metode greenshields dicari hubungan matematis antara kecepatan, kepadatan dan arus sehingga didapat kecepatan

saat arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan saat macet total (D_j). Dari data tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai gelombang kejut. Nilai kecepatan gelombang kejut yang diperoleh bisa dipakai untuk menghitung waktu penormalan dan panjang antrian maksimum. Rumus yang digunakan untuk mencari gelombang kejut dapat dilihat pada persamaan (19) dan (20). Sedangkan untuk menghitung panjang antrian yang terjadi menggunakan rumus (23). Sedangkan untuk menghitung Tundaan yang terjadi menggunakan rumus (25). Waktu penormalan ($t_4 - t_2 = T$) adalah total waktu antara pada saat diberlakukannya penormalan lajur sampai antrian berakhir, dapat dihitung dengan persamaan (24).

7. Perhitungan dan Penganalisan Data

Setelah hasil survei didapat langkah selanjutnya ialah penganalisan data menggunakan Microsoft Excel dengan memasukan hasil survei dan menghitung dengan menggunakan metode gelombang kejut. Perhitungan pertama adalah perhitungan time headway untuk mendapatkan volume kendaraan, lalu hitung hubungan antara kecepatan, volume dan kepadatan kendaraan kecil dengan menggunakan metode Greenshields terhadap variasi jumlah kendaraan besar lalu dibuat tabel. Dari hasil pengolahan inilah didapat nilai yang akan digunakan dalam metode gelombang kejut, hasil dari metode gelombang kejut dapat dikembangkan untuk menghasilkan nilai tundaan lalu lintas dan juga panjang antrian akibat adanya perlambatan kecepatan yang disebabkan oleh kendaraan besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh setelah melaksanakan kegiatan penelitian di tanjakan Tarahan adalah sebagai berikut:

1. Semakin besar panjang iringan peleton menyebabkan semakin besar tundaan kendaraan. Dalam perhitungan ini secara berturut-turut dengan panjang iringan kendaraan sepanjang 32,59 m dan 77,50 m menyebabkan tundaan senilai 3,07 detik dan 10,15 detik. Sedangkan untuk panjang iringan kendaraan secara berturut-turut sepanjang 38,03 m dan 85,83 m menyebabkan tundaan sebesar 4,31 detik dan 11,17 detik.
2. Semakin besar kemiringan tanjakan menyebabkan semakin besarnya tundaan kendaraan. Dalam perhitungan penelitian ini secara berturut-turut kemiringan tanjakan sebesar 5,9% dan kemiringan tanjakan sebesar 8,5% menyebabkan tundaan sebesar 5,98 detik dan 8,63 detik.

b. Saran

Setelah melakukan kegiatan penelitian di tanjakan Tarahan, Adapun saran-saran yang dapat disampaikan penulis adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat disarankan untuk mengambil data waktu yang lebih lama.
2. Pada saat pengambilan data video, sebaiknya penanda segmen pengamatan menggunakan *pilox* atau *banner* dan tandai lebih besar agar memudahkan peneliti saat mengambil dan mengolah data lapangan.
3. Perlu diadakannya penelitian untuk menghitung iringan peleton menggunakan metode gelombang kejut di daerah datar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryandhanu, S. H., Setyawan, Y. A., Yulipriyono, E. E., & Kushardjoko, W. (2016). Analisa Kinerja Kendaraan Berat Pada Turunan Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil 4.4*.
- Bella, M. H., Timboeleng, J. A., & Rompis, S. Y. (2016). Analisa Gelombang Kejut Pada Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus: Jl. 17 Agustus – Jl. Babe Palar). *Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9*.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). *Dapertemen Pekerjaan Umum*.
- Gusmulyani. (2019). Evaluasi Alinemen Vertikal Jalan Luar Kota (Studi Kasus Ruas Jalan Proklamasi Teluk Kuantan-Pekanbaru). *Universitas Islam Kuantan Singingi*.
- Joewono, T. B., & Tjastadipradja, M. A. (2015). Kajian Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Tipikal Jalan Antar Kota Empat Lajur Dua Arah Terbagi. *Jurnat Jalan-Jembatan*.
- Ramayanti, S., Adji, B. M., & Yosritzal. (2022). Pengaruh Variasi Kendaraan Leader Dan Panjang Platoon Terhadap Kecepatan. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Vol. 5 No.1 Januari 2022*.
- Taufik, M. A. (2015). Pengaruh Arus Kendaraan Berat (Truk) Terhadap Tingkat Kemacetan Lalu Lintas di Kelurahan Mawang, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa. *UIN Alauddin Makassar*.
- Utama, R. I. (2015). Pemodelan Distribusi Frekwensi Time Headway Lalu Lintas Di Wilayah Jalan Berbukit. *Rekayasa Sipil Volume XII Nomor 2*.