

**KAJIAN TUNDAAN PERJALANAN PADA DAERAH TANJAKAN
MENGUNAKAN METODE GELOMBANG KEJUT
(Studi Kasus : Tanjakan Tarahan, Lampung)**

(Skripsi)

Oleh

I GUSTI MADE FERDI KUSUMA



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

KAJIAN TUNDAAN PERJALANAN PADA DAERAH TANJAKAN MENGUNAKAN METODE GELOMBANG KEJUT

(Studi Kasus: Tanjakan Tarahan, Lampung)

Oleh

I Gusti Made Ferdi Kusuma

Trase tanjakan jalan raya menyebabkan terjadinya antrian atau tundaan. Penelitian ini berlokasi di Tanjakan Tarahan, Jalan Lintas Sumatra, Lampung Selatan. Terbentuknya Gerakan gelombang kejut akibat adanya tanjakan dan kendaraan besar menanjak ini menyebabkan kecepatan turun atau tundaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tundaan dengan pendekatan gelombang kejut berdasarkan nilai EKR (Ekivalen Kendaraan Ringan) yang didapat dari metode rasio *headway*.

Perhitungan nilai gelombang kejut berdasarkan model linier *Greenshield*. Berdasarkan analisis rasio *headway* didapatkan nilai ekivalen kendaraan ringan (EKR) untuk sepeda motor (SM) sebesar 2,072 sementara untuk kendaraan berat (KB) 0,489. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan waktu tempuh kemiringan 1 dari 16,63 detik pada saat normal meningkat menjadi 28,28 detik pada saat antrian kendaraan, sedangkan kemiringan 2 dari 27,47 detik saat normal meningkat menjadi 58,60 detik saat adanya antrian kendaraan. Pada perhitungan kendaraan mengalami penurunan kecepatan, kemiringan 1 saat awal tanjakan 56,54 km/jam, pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 23,37 km/jam. Sedangkan kemiringan 2 saat awal tanjakan 43,24 km/jam dan pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 19,97 km/jam.

Kata Kunci : Gelombang kejut, Rasio *Headway*, Tundaan, Waktu Tempuh

ABSTRACT

STUDY OF TRAVEL DELAY ON A INCLINE AREA USING THE SHOCK WAVE METHOD

(Case Study: Incline Tarahan, Lampung)

By

I Gusti Made Ferdi Kusuma

Highway ramps causes queues or delays. This study is located at Incline Tarahan, Cross Sumatra road, South Lampung. The formation of a shock wave movement due to the incline and large vehicle causes the speed to dropping or slowing. The study was intended to analyze the tunic approach with a shock wave based on the light car value produced from the headway ratio method.

Calculations based on Greenshield linear model. Based on an analysis of headway rattios, a light vehicle (EKR) for motorcycles (MC) is 2,072 for a heavy vehicles (KB) is 0,489. The results showed that the increase in travel time of first slope have 16,63 seconds at normal time increased to 28.28 seconds when vehicle has delay, second slope have 27,47 seconds at normal time increased to 58,60 seconds when vehicle has delay. In the calculation of the vehicle experiencing decrease of speed, the first slope at the beginning of incline is 56,54 km/hour, at the time of incline have decreases speed to 23,37 km/hour. While the second slope at the beginning of incline is 43,24 km/hour and at the time of incline have decreases speed to 19,97 km/hour.

Keywords : Shock wave, Headway Ratio, Delays, Vehicle Travel Time

**KAJIAN TUNDAAN PERJALANAN PADA DAERAH
TANJAKAN MENGGUNAKAN METODE GELOMBANG
KEJUT
(Studi Kasus : Tanjakan Tarahan, Lampung)**

Oleh

I GUSTI MADE FERDI KUSUMA

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
2022**

Judul Skripsi : **KAJIAN TUNDAAN PERJALANAN PADA DAERAH TANJAKAN MENGGUNAKAN METODE GELOMBANG KEJUT (Studi Kasus : Tanjakan Tarahan, Lampung)**

Nama Mahasiswa : **I Gusti Made Ferdi Kusuma**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1755011012**

Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 196911112000031002

Siti Anugerah Mulva Putri Ofrial, S.T., M.T.
NIP 199101132019032020

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 1972082291998021001

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 196204081989032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial, S.T., M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Dwi Herianto, M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Agustus 2022

PERNYATAAN

Saya yang nertanda tangan dibawah ini:

Nama : **I Gusti Made Ferdi Kusuma**

NPM : 1755011012

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : Kajian Tundaan Perjalanan Pada Daerah Tanjakan Menggunakan Metode Gelombang Kejut (Studi Kasus : Tanjakan Tarahan, Lampung)

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuann saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah ditetapkan. Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang berlaku.



Lampung, 20 Agustus 2022

I Gusti Made Ferdi Kusuma
1755011012

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama I Gusti Made Ferdi Kusuma, dilahirkan di Metro pada 15 Maret 1999. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, Putra dari Alm. Bapak I Gusti Nengah Budiayasa dan Ibu Ni Made Winarti.

Jenjang Pendidikan Penulis dimulai dari Sekolah Dasar di SD N 2 Rama Gunawan Kec. Seputih Raman Kab. Lampung Tengah dimulai dari tahun 2005-2011. Setelah lulus SD penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Seputih Raman 2011-2014 dan melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Kotagajah 2014-2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur SMMPTN.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Desa Rama Gunawan, Kecamatan Seputih Raman, Lampung Tengah selama 40 hari pada periode II (dua), 1 Februari – 13 Maret 2021. Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di Lampung Bay City Mall Bandar Lampung pada Proyek Pembangunan Mall dan Apartemen selama 3 bulan.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2021, dengan judul Kajian Tundaan Perjalanan Pada Daerah Tanjakan Menggunakan Metoda Gelombang Kejut (Studi Kasus : Tanjakan Tarahan, Lampung).

MOTTO

**“Manusia asalnya dari tanah, makan hasil tanah, berdiri di atas tanah, akan Kembali ke tanah. Kenapa masih Bersifat langit?”
(Buya Hamka)**

**“Perbanyak bersyukur, kurangi mengeluh. Buka mata, jembarkan telinga, perluas hati. Sadari kamu ada pada sekarang, bukan kemarin atau besok, nikmati setiap momen dalam hidup, berpetualanglah”
(Ayu Estiningtyas)**

**“Orang yang tidak sedih dikala duka, tidak kegirangan dikala bahagia, bebas dari nafsu, rasa takut dan amarah, ia disebut orang yang bijak dan teguh”
(Bhagavadgita 2.56)**

PERSEMBAHAN

Astungkara, Puji Syukur yang sebesar-besarnya kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa, atas Anugerah serta Karunia yang selalu diberikan, yang selalu memberikan kekuatan serta menunjukkan jalan terbaik untuk menyelesaikan semua ini.

Ku persembahkan setulus hati kepada:

Alm. Papa dan Mama ku Tercinta

Terima kasih atas dukungan dan kasih sayang yang tidak pernah putus untuk adek. Terima kasih untuk selalu memberikan kepercayaan atas apa yang adek lakukan sehingga dapat menyelesaikan skripsi tercinta. Ini hanyalah sebuah karya kecil yang tidak bisa dibandingkan dengan pengorbanan dan kerja keras Papa Mama selama ini. Semoga Papa Tenang disana, Panjang umur dan sehat selalu untuk Mama, Tat Astu Svaha.

Kakak dan Adek ku Tersayang

Terima kasih kepada Kak Bagus, Adek Rangga dan Ayu Intan yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Bapak dan Ibu Guru serta Bapak dan Ibu Dosen

Terima kasih atas ilmu yang telah Bapak dan Ibu berikan, semoga jasa Bapak dan Ibu dapat selalu membawa keberkahan, svaha.

Angkatanku 2017 Tercinta yang Sangat Luar Biasa

Keluarga Besar Teknik Sipil Universitas Lampung

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Tuhan Ida Sang Hyang Widhi Wasa karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kajian Tundaan Perjalanan pada Daerah Tanjakan Menggunakan Metode Gelombang Kejut” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, Papa dan Mama tercinta, Alm. I Gusti Nengah Budiayasa dan Ni Made Winarti. Terima kasih atas segala doa, cinta dan kasih sayang, dukungan dan semangat serta perhatian dan kepercayaan yang selalu diberikan yang tidak akan mampu penulis balas segala jasa dan kebaikannya sampai kapanpun. Semoga Tuhan selalu memberikan perlindungan, kesehatan, kasih sayang, umur panjang dan keberkahan sebagai balasan atas segala jasa dan kebaikan Papa dan Mama tercinta.
2. Kakak dan Adek tersayang, I Gusti Putu Windi Arimarta, I Gusti Nyoman Rangga Wijaya dan Gusti Ayu Ketut Intan Carens yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitirawan, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T. selaku pembimbing pertama penulis. Terima kasih atas ilmu, masukan, ide serta saran yang sangat membangun terutama dalam proses menyelesaikan skripsi ini, terima kasih juga atas kebaikan serta segala pengertian dan kesabaran selama proses menyusun tulisan ini. Semoga

segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan bagi Bapak dan Keluarga.

7. Ibu Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua penulis. Terima kasih atas kesabarannya meluangkan waktu guna membimbing penulis. Terima kasih juga atas ilmu, masukan, motivasi dan ide yang selalu diberikan dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan ibu akan selalu membawa keberkahan.
8. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T. selaku dosen penguji yang selalu mampu memberikan pengetahuan baru, masukan, serta kritik yang sangat bermanfaat baik dalam proses perkuliahan maupun dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan bagi Bapak dan Keluarga.
9. Seluruh dosen Prodi S1 Teknik Sipil dan staf akademisi atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diberikan.
10. Tim Skripsi Jalan, Alex dan Dimas telah banyak melewati suka dan duka dalam prosesnya yang sangat tidak bisa dilupakan oleh penulis. Terima kasih Tim Skripsi Jalan yang senantiasa sabar membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dan membantu dalam penulisan Draft Skripsi.
11. Kekasih tersayang Komang Nova Triyani yang selalu memotivasi dan memberi semangat sejak awal perkuliahan hingga akhir penyusunan skripsi.
12. Tim Mabes Deva, Ilham, Dimas, Dani, Aldi dan Laras sahabat penulis sejak awal perkuliahan hingga akhir menyelesaikan skripsi. Terima kasih atas segala kebaikan yang telah diberikan, semoga kita senantiasa dapat menjaga tali persahabatan ini sampai kapanpun.
13. Tim KP Lampung Bay City Cen dan Regina tim terbaik dunia Per-Kpan.
14. Tim titik (.) Ucup, Budi Alfina, Sylvi Anja, Merry sahabat penulis sejak awal perkuliahan hingga akhir skripsi. Terima kasih segala pengorbanan kalian, semoga kelak kita tua nnti bisa bertemu seperti zaman kuliah.
15. Sahabat-sahabat seperjuangan Raffles Residence sejak zaman maba sampai penulis menyelesaikan skripsi ini: Denny, Dhani, Pinkga, Ikbhal, Jaya, Gerry Dwiki, Horas dan Ragil yang selalu setia mendengarkan keluh kesah serta memberikan dukungan dan bantuan dalam pengerjaan skripsi.

16. Kawan-kawan angkatan 2017 yang telah sama-sama berjuang, maaf tidak bisa menyebutkan satu-persatu. Terima kasih atas segalanya selama 5 tahun masa kuliah ini. Semoga kita semua akan selalu diberikan kemudahan serta kesuksesan dalam berkarir nanti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Karenanya, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 20 Agustus 2022



I Gusti Made Ferdi Kusuma

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	1
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	2
E. Manfaat Penelitian	2
F. Sistematika Laporan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Karakteristik Arus Lalu Lintas.....	4
B. Volume.....	4
C. Kecepatan.....	5
D. Kerapatan	5
E. Tundaan.....	7
F. Waktu antara (<i>Headway</i>)	8
G. Gelombang Kejut	13
H. Panjang kritis suatu kelandaian.....	19
III. METODE PENELITIAN	20
A. Penentuan Lokasi Penelitian	20
B. Survei Pendahuluan	20
C. Teknik Pengambilan Data Penelitian.....	22
D. Diagram Alir Penelitian	24
E. Pengolahan Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Gambaran Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.

B. Batasan Karakteristik Lalu Lintas.....	Error! Bookmark not defined.
C. Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan dengan Model <i>Grennshields</i>	Error! Bookmark not defined.
D. Nilai Gelombang Kejut	Error! Bookmark not defined.
V. KESIMPULAN DAN SARAN	26
A. Kesimpulan	26
B. Saran	26

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Persamaan Model Linier Greenshields.	19
2.2. Panjang kritis untuk kelandaian	19
4.1. Data Time Headway (Pagi).....	Error! Bookmark not defined.
4.2. Hasil perhitungan senjang rata-rata time headway (pagi)....	Error! Bookmark not defined.
4.3. Nilai time headway terkoreksi (pagi).....	Error! Bookmark not defined.
4.4. Perhitungan Nilai EKR SM.....	Error! Bookmark not defined.
4.5. Pehitungan nilai EKR dengan analisis rasio headway ..	Error! Bookmark not defined.
4.6. Rekapitulasi nilai EKR dengan Analisis rasio headway	Error! Bookmark not defined.
4.7. Hasil perhitungan nilai kepadatan.	Error! Bookmark not defined.
4.8. Data regresi untuk Model Greenshields pagi. .	Error! Bookmark not defined.
4.9. Perhitungan Nilai Gelombang Kejut Kemiringan 1 Pengamatan Pagi. .	Error! Bookmark not defined.
4.10. Perhitungan Nilai Gelombang Kejut Kemiringan 2 Pengamatan Pagi. .	Error! Bookmark not defined.
4.11. Panjang antrian dan waktu penormalan hasil perhitungan kemiringan 1 pagi.	Error! Bookmark not defined.
4.12. Panjang antrian dan waktu penormalan hasil perhitungan kemiringan 2 pagi.	Error! Bookmark not defined.
4.13. Tundaan yang terjadi akibat tanjakan hasil survei lapangan pada kemiringan 1 pagi.	Error! Bookmark not defined.
4.14. Tundaan yang Terjadi Akibat Tanjakan Hasil Survei Lapangan pada Kemiringan 2 Pagi	Error! Bookmark not defined.
4.15. Hasil nilai tundaan yang terjadi pada kemiringan 1	Error! Bookmark not defined.

4.16. Hasil nilai gelombang kejut pada kemiringan 1..... **Error! Bookmark not defined.**

4.17. Rekapitulasi Nilai Gelombang Kejut Rata-rata..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Hubungan Matematis Antara Kecepatan, Arus/Volume, dan Kepadatan.....	6
2.2. Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau.....	9
2.3. Contoh cara pencatatan time headway KR-KR.	10
2.4. Klasifikasi Gelombang Kejut.....	13
2.5. Kurva Gelombang Kejut.....	15
2.6. Gelombang Kejut (shock wave) pada Jalan dengan Hambatan Bergerak.	18
3.1. Lokasi Pengamatan dan Elevasi Ruas Jalan.....	20
3.2. Lokasi dan area pengamatan.....	22
3.3. Bagan Alir Penelitian.....	24
4.1. Lokasi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
4.2. Grafik data volume lalu lintas pagi.....	Error! Bookmark not defined.
4.3. Grafik data volume lalu lintas sore.....	Error! Bookmark not defined.
4.4. Grafik data kecepatan lalu lintas pagi.....	Error! Bookmark not defined.
4.5. Grafik data kecepatan lalu lintas sore.....	Error! Bookmark not defined.
4.6. Grafik data kepadatan lalu lintas pagi.....	Error! Bookmark not defined.
4.7. Grafik data kepadatan lalu lintas sore.....	Error! Bookmark not defined.
4.8. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan pagi kemiringan 1.....	Error! Bookmark not defined.

- 4.9. Grafik hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan pagi kemiringan 2.**Error! Bookmark not defined.**
- 4.10 Grafik jarak dan waktu pengamatan pagi kemiringan 1**Error! Bookmark not defined.**
- 4.11. Grafik jarak dan waktu pengamatan pagi kemiringan 2. ...**Error! Bookmark not defined.**

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bagian perbatasan Kabupaten Lampung Selatan dan kota Bandar Lampung terdapat sebuah tanjakan terkenal ekstremnya, biasa dikenal dengan tanjakan Tarahan yang berlokasi di Tarahan, Kec. Katibung, Kab. Lampung Selatan. Aktivitas kendaraan besar merupakan penghalang sebagaimana tundaan kelancaran lalu-lintas yang terjadi pada saat melewati tanjakan tarahan sehingga menyebabkan tundaan bagi pengguna jalan lainnya.

Meningkatnya jumlah kendaraan bukanlah menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya tundaan. Ada beberapa perilaku kendaraan besar kurang disiplin dalam melewati tanjakan tarahan seperti dua mobil yang sejajar pada saat menanjak, hal tersebut mengakibatkan penurunan kecepatan yang berdampak pada kendaraan lain. Gerakan arus lalu lintas yang terjadi pada saat inilah yang disebut dengan gelombang kejut (*shock wave*) yaitu gerakan atau perjalanan perubahan sebuah arus lalu lintas (Tamin, 2008). Untuk itu perlu ada perhatian serius terhadap ruas jalan agar perilaku tidak disiplin tidak terjadi dan gelombang kejut terhadap kendaraan bisa berkurang. Masalah tundaan perlu diidentifikasi sejak awal, pemicu terjadinya tundaan perlu diantisipasi secepat mungkin. Latar belakang inilah yang menjadi motivasi untuk diteliti sebagai pengaruh dari aktivitas kendaraan besar terhadap penurunan kecepatan yang dialami kendaraan besar berdampak pada kendaraan lain.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Berapa penurunan kecepatan kendaraan yang terjadi pada ruas jalan tanjakan Tarahan?

- b. Bagaimana gelombang kejut yang terjadi pada ruas jalan tanjakan Tarahan?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dapat diambil dalam penelitian sebagai berikut :

- a. Penelitian dibatasi pada lokasi studi yakni hanya pada ruas jalan tanjakan tarahan.
- b. Penelitian tidak membahas perilaku dan sikap pengemudi berkendara.
- c. Survei dilakukan pagi dan sore.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah untuk mengetahui bagaimana tundaan yang terjadi akibat kemiringan badan jalan berdasarkan analisis gelombang kejut.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang diharapkan sebagai berikut :

- a. Dapat memberikan kontribusi sebagai mahasiswa teknik sipil khusus dibidang transportasi dalam mengembangkan ilmu dalam permasalahan panjang antrian yang ada pada ruas jalan tanjakan tarahan.
- b. Dapat memberikan wawasan dan pengetahuan bermanfaat dalam permasalahan tundaan yang terjadi dengan menggunakan metoda gelombang kejut.
- c. Menjadi bahan pertimbangan untuk peneliti-peneliti selanjutnya yang berhubungan dengan tundaan menggunakan metode gelombang kejut pada ruas jalan tanjakan.

F. Sistematika Laporan

Penulisan sistematika yang digunakan oleh penulis dalam Menyusun tugas akhir adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori mendasar yang digunakan dalam penelitian dan penyelesaian masalah.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi hal-hal yang berhubungan dengan diagram alir prosedur-prosedur dalam melaksanakan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab yang membahas tentang hasil dari penelitian dan menganalisa data yang diperoleh dari penelitian.

BAB V : SIMPULAN DAN SARAN

Bab yang berisi tentang kesimpulan dari hasil pengolahan data dan memberikan saran pada hasil tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi-referensi yang disusun dalam tugas akhir ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas dibentuk oleh tindakan pribadi pengemudi yang berinteraksi satu sama lain di bagian jalan dan lingkungannya. Karena persepsi dan kemampuan pribadi pengemudi dengan sifat yang berbeda, perilaku kendaraan arus lalu lintas tidak dapat disatukan, arus lalu lintas akan mengalami perbedaan karakteristik yang disebabkan oleh perilaku pengemudi yang dikarenakan oleh karakteristik lokal dan kebiasaan pengemudi. Arus lalu lintas di jalan Karakteristik akan berubah seiring waktu. Oleh karena itu tindakan pengemudi mempengaruhi perilaku arus lalu lintas. Ada gambaran arus lalu lintas secara kuantitatif untuk dipahami Mengenai keragaman karakteristiknya dan ruang lingkup kondisi perilakunya, perlu suatu parameter. Parameter tersebut harus dapat didefinisikan dan diukur oleh insinyur lalu lintas dalam menganalisis, mengevaluasi, dan melakukan perbaikan fasilitas lalu lintas berdasarkan parameter dan pengetahuan pelakunya (Oglesby, C.H.& Hicks.R.G. 1998). Karakteristik utama arus lalu lintas yang digunakan untuk menjelaskan karakteristik lalu lintas adalah sebagai berikut:

1. Volume (V)
2. Kecepatan (v)
3. Kerapatan (D).

B. Volume

Volume adalah jumlah kendaraan yang telah diamati untuk melewati suatu titik Jangka waktu tertentu pada ruas jalan tertentu. Volume lalu lintas dinyatakan dengan satuan kendaraan/jam (SKR/jam). menurut (Soedirdjoe, 2002) dalam pembahasan, volume dibagi menjadi:

1. Volume harian (*daily volume*)

Arus harian ini digunakan untuk perencanaan jalan dan Pengamatan umum tentang pengukuran volume.

2. Volume per jam (hourly volumes)

Volume per jam adalah pengamatan volume lalu lintas untuk menentukan jam sibuk pagi dan sore hari yang biasanya terjadi pada saat orang sibuk. Dari pengamatan ini diketahui bahwa arus tertinggi dikenal sebagai jam puncak.

3. Volume per sub jam (sub hourly volumes)

Volume per sub jam merupakan pengamatan arus lalu lintas lebih kecil dari satu jam.

C. Kecepatan

Kecepatan didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan yang dihitung dari dalam jarak per satuan waktu (Tamin, 2003). Pergerakan arus lalu lintas setiap kendaraan berjalan pada jalan yang berbeda. Oleh karena itu dalam arus lalu lintas tidak mengenal karakteristik kecepatan kendaraan tunggal. Dari distribusi tersebut, didapat jumlah rata-rata atau nilai tipikal dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari arus lalu lintas. Nilai perubahan kecepatan dari suatu kendaraan dipengaruhi oleh faktor-faktor manusia, kendaraan, prasarana, dan kondisi cuaca serta juga arus lalu lintas.

Kecepatan dirumuskan sebagai berikut :

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

v = kecepatan (km/jam)

s = jarak tempuh kendaraan (km)

t = waktu tempuh kendaraan (detik)

D. Kerapatan

Kerapatan diartikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu jarak jalan atau lajur, dapat ditulis dengan kendaraan per kilometer. Kerapatan sulit diukur secara langsung di lapangan, akan tetapi dihitung dari nilai kecepatan dan arus sebagai hubungan sebagai berikut :

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

Dimana :

D = kepadatan (SKR/km)

n = jumlah kendaraan

L = jarak (km)

Hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan tersebut merupakan analisis karakteristik arus lalu lintas untuk suatu ruas jalan yang dapat dilakukan. hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$V = D \times S \dots\dots\dots(3)$$

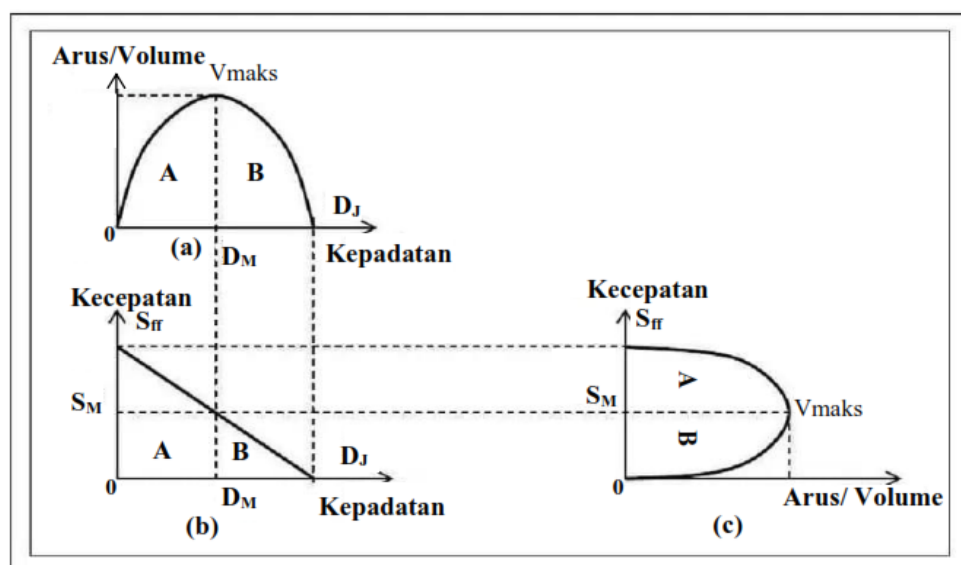
Dimana :

V = volume (SKR/jam)

D = kepadatan (SKR/km)

S = kecepatan (km/jam)

Sementara itu hubungan tersebut digunakan untuk lalu lintas yang stabil, kombinasi variable yang menghasilkan dua dimensi antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Arus-Kepadatan (V-D) dan Arus-Kecepatan (V-S). Hubungan matematis antar parameter tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 2.1. berikut ini.



Gambar 2.1 Hubungan Matematis Antara Kecepatan, Arus/Volume, dan Kepadatan.

sumber : *Tamin (2008)*

Keterangan gambar :

V_m = kapasitas atau volume maksimum (kendaraan/jam)

S_m = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum (km/jam)

D_m = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum (kendaraan/
km)

D_j = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas macet total (kendaraan/
km)

S_{ff} = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah atau pada
kondisi kepadatan mendekati 0 (nol) atau kecepatan arus bebas
(km/jam).

1. Hubungan volume dan kepadatan pada Gambar 2.1. (a)

Hubungan antara volume dan kepadatan terjadi ketika kepadatan naik mulai dari angka nol, maka volume juga naik. Sehingga kepadatan tertentu akan tercapai suatu titik dimana bertambahnya kepadatan akan terjadi penurunan pada volume.

2. Hubungan kecepatan dan kepadatan pada Gambar 2.1. (b)

Apabila kerapatan mencapai kondisi maksimum atau bisa disebut kerapatan kondisi jam (kerapatan jenuh) akan terjadi kecepatan perjalanan mendekati nilai nol, selain itu volume lalu lintas akan mendekati angka nol karena sudah tidak memungkinkan untuk dapat bergerak.

3. Hubungan kecepatan dan volume pada Gambar 2.1. (c)

Hubungan antara kecepatan dan volume dapat di artikan jika volume bertambah dalam lalu lintas maka kecepatan rata-rata jaraknya akan berkurang sampai kepadatan kritis tercapai. Setelah mengalami kepadatan kritis tercapai maka terjadi kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang.

E. Tundaan

Tundaan adalah perbedaan waktu perjalanan dari suatu perjalanan dari satu titik ke titik tujuan antara kondisi arus bebas dengan arus terhambat (Alamsyah, 2005). Menurut Robertson (1994) Tundaan adalah waktu yang hilang dari suatu perjalanan kendaraan akibat adanya gangguan oleh satu atau beberapa

elemen dalam suatu aliran lalu lintas. Tundaan dapat dibagi 2 jenis, yaitu tundaan tetap (*fixed delay*) dan tundaan operasional (*operational delay*).

1. Tundaan tetap (*fixed delay*)

Tundaan tetap merupakan peralatan pengatur lalu lintas yang menyebabkan tundaan dan terjadi pada persimpangan. Penyebab yang terjadi adalah lampu lalu lintas, simpang prioritas (berhenti dan berjalan), rambu-rambu berhenti, persimpangan rel kereta api dan penyeberangan jalan sebidang.

2. Tundaan operasional (*operational delay*)

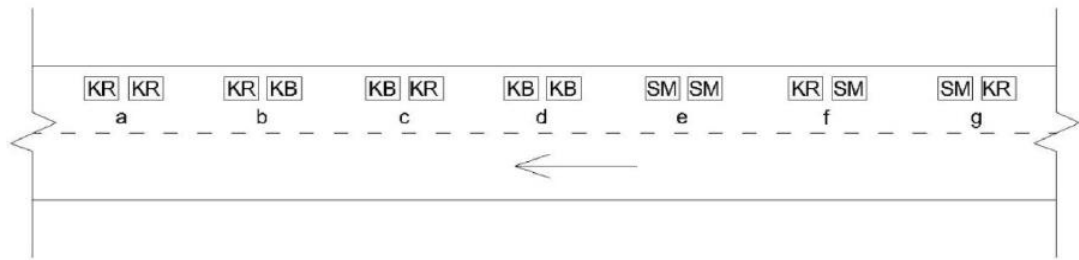
Tundaan operasional adalah keterlambatan yang disebabkan oleh gangguan antar elemen lalu lintas itu sendiri. Keterlambatan ini terkait dengan dampak lalu lintas (kendaraan) lainnya. Penundaan operasi itu sendiri dibagi menjadi dua jenis:

- a. Tundaan akibat gangguan samping (*side friction*) yang disebabkan oleh aktivitas pergerakan lalu-lintas lainnya, seperti kendaraan yang berjalan pelan, pejalan kaki, keluar masuk kendaraan, dan kendaraan yang parkir disamping jalan.
- b. Tundaan akibat gangguan didalam lalu-lintas itu sendiri (*internal friction*) seperti arus lalu-lintas yang besar dan kendaraan yang menyalip.

F. Waktu antara (*Headway*)

Waktu antara (*headway*) artinya waktu antara 2 sarana kendaraan untuk melewati suatu titik tertentu. Waktu antara digunakan untuk rekayasa lalu lintas di jalan yang berkaitan dengan kapasitas jalan.

Perhitungan Nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR) dengan Analisis Rasio *Headway*. Dalam bukunya yang berjudul “*Highway Traffic Analysis and Design*”, R.J. Salter menerangkan cara menghitung nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR). Nilai EKR didapat dengan mencatat waktu antara (*time headway*) kendaraan yang berurutan pada saat kendaraan tersebut melewati suatu titik pengamatan yang telah ditentukan. Penjelasan dapat dilihat pada gambar bawah ini.



Gambar 2.2. Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau.

Keterangan:

KR = kendaraan ringan

KB = kendaraan berat

SM = sepeda motor

Pada gambar diatas menjelaskan dengan mencatat *time headway* kendaraan yang berurutan saat melewati suatu titik pengamatan.

a = pencatatan *time headway* secara berurutan antara kendaraan ringan dengan kendaraan ringan

b = pencatatan *time headway* secara berurutan antara kendaraan ringan dengan kendaraan berat

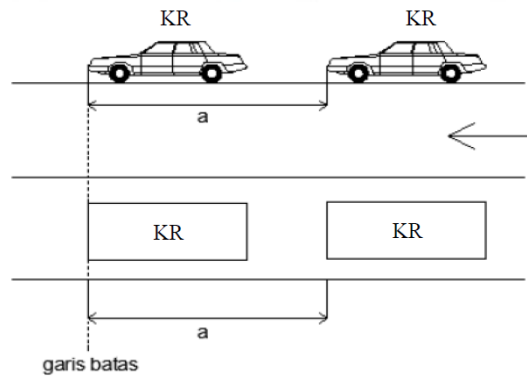
c = pencatatan *time headway* secara berurutan antara kendaraan berat dengan kendaraan ringan

d = pencatatan *time headway* secara berurutan antara kendaraan berat dengan kendaraan berat

e = pencatatan *time headway* secara berurutan antara sepeda motor dengan sepeda motor

f = pencatatan *time headway* secara berurutan antara kendaraan ringan dengan sepeda motor

g = pencatatan *time headway* secara berurutan antara sepeda motor dengan kendaraan ringan



Gambar 2.3. Contoh cara pencatatan *time headway* KR-KR.

Pada Gambar 2.3. contoh cara pencatatan *time headway* secara berurutan antara kendaraan ringan dengan kendaraan ringan. Gambar 2.3. menunjukkan cara menghitung *time headway* dengan menghitung waktu antara kendaraan melintas berdasarkan titik yang telah ditentukan.

Tinjauan Statik Rasio *Headway*

Dikarenakan sampel dipilih acak maka memungkinkan terjadi suatu kesalahan standar deviasi dari distribusi yang dinyatakan sebagai *standard error* (E) sebagai berikut:

$$E = \frac{s}{n^{0.5}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

E= *standard error*

s = standar deviasi

n = jumlah sampel

Dengan s adalah standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

n = jumlah sampel

x_i = nilai *time headway* ke-i

\bar{x} = nilai rata-rata sampel *time headway*

Untuk perkiraan nilai rata-rata *time headway* seluruh pasangan kendaraan (μ) dapat disesuaikan dengan tingkat kepastian atau keyakinan yang diinginkan (*desired level of confidence*). Perkiraan ini terletak dalam suatu interval yang

disebut interval keyakinan (*confidence interval*) yang mempunyai batas toleransi kesalahan sebesar e:

$$e = K \cdot E \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

K = tingkat konfidensi distribusi normal

Nilai rata-rata *time headway* untuk distribusi normal ($n \geq 30$):

$$\mu_{1,2} = x \pm e \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

$\mu_{1,2}$ = batas keyakinan atas dan bawah nilai rata-rata

x = nilai rata-rata *time headway*

e = batas toleransi kesalahan

Pada sampel kurang dari 30 ($n < 30$) maka perkiraan rata-rata *time headway* pasangan kendaraan secara keseluruhan sebaiknya dilakukan dengan distribusi t atau disebut juga distribusi *student*.

Nilai EKR KB dihitung dengan cara membagi nilai rata-rata *time headway* KB diikuti KB dengan nilai rata-rata *time headway* KR diikuti KR. Hasil akan benar jika *time headway* KB tidak tergantung pada kendaraan yang mendahului maupun mengikutinya. Kondisi ini didapat jika jumlah rata-rata *time headway* KR diikuti KR ditambah rata-rata *time headway* KB diikuti KB sama dengan jumlah rata-rata *time headway* KR diikuti KB ditambah rata-rata *time headway* KB diikuti KR. (Iskandar, 2010)

Hal tersebut diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$t_a + t_d = t_b + t_c \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

t_a = nilai rata-rata *time headway* KR diikuti KR

t_b = nilai rata-rata *time headway* KR diikuti KB

t_c = nilai rata-rata *time headway* KB diikuti KR

t_d = nilai rata-rata *time headway* KB diikuti KB

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:

$$\left[ta - \frac{k}{nd}\right] + \left[td - \frac{k}{nd}\right] = \left[tb + \frac{k}{nd}\right] \left[tc + \frac{k}{nc}\right] \dots\dots\dots(9)$$

$$k = \frac{na.nb.nc.nd (ta+td-tb-tc)}{nd.nb.nc + na.nb.nc + na.nd.nc + na.nd.nb} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana:

na = jumlah data *time headway* KR diikuti KR

nb = jumlah data *time headway* KR diikuti KB

nc = jumlah data *time headway* KB diikuti KR

nd = jumlah data *time headway* KB diikuti KB

selanjutnya nilai rata-rata *time headway* pasangan kendaraan tersebut dikoreksi sebagai berikut:

$$tak = ta - \frac{k}{na} \dots\dots\dots(11)$$

$$tbk = tb - \frac{k}{nb} \dots\dots\dots(12)$$

$$tck = tc - \frac{k}{nc} \dots\dots\dots(13)$$

$$tdk = td - \frac{k}{nd} \dots\dots\dots(14)$$

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

$$tak + tdk = tbk + tck \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

tak = nilai rata-rata *time headway* KR-KR tekoreksi

tbk = nilai rata-rata *time headway* KR-KB tekoreksi

tck = nilai rata-rata *time headway* KB-KR tekoreksi

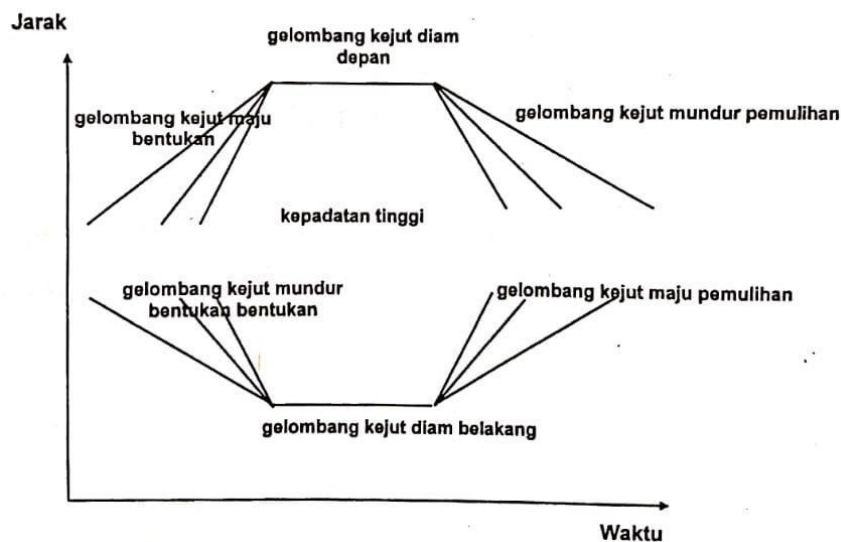
tdk = nilai rata-rata *time headway* KB-KB tekoreksi

Apabila pesyaratan tersebut telah memenuhi syarat, maka nilai EKR KB dapat dihitung dengan persamaan:

$$EKR\ KB = \frac{tdk}{tak} \dots\dots\dots(16)$$

G. Gelombang Kejut

Gelombang kejut merupakan gerakan yang terjadi pada arus lalu lintas akibat adanya perubahan nilai kepadatan dan volume lalu lintas (Soedirdjo, 2002). Gelombang kejut terbentuk dari sebuah ruas jalan yang mempunyai arus dengan kepadatan rendah yang diikuti dengan arus kepadatan tinggi, kondisi tersebut bisa terjadi diakibatkan oleh kecelakaan, pengurangan jumlah jalur atau pengurangan jalur masuk ramp. Sebagai contoh kendaraan berat atau besar melewati ruas jalan yang memiliki kelandaian. Ruas jalan yang memiliki kemiringan atau menanjak mengakibatkan kendaraan berat atau besar mengalami perlambatan dan pengurangan kecepatan maka terjadilah kepadatan arus lalu lintas. Apabila arus dan kerapatan relatif tinggi, titik kendaraan non berat dan besar harus mengurangi kecepatan ditandai dengan kendaraan berat atau besar berada didepannya dan titik tersebut bergerak ke arah pengurangan kemiringan ruas jalan.



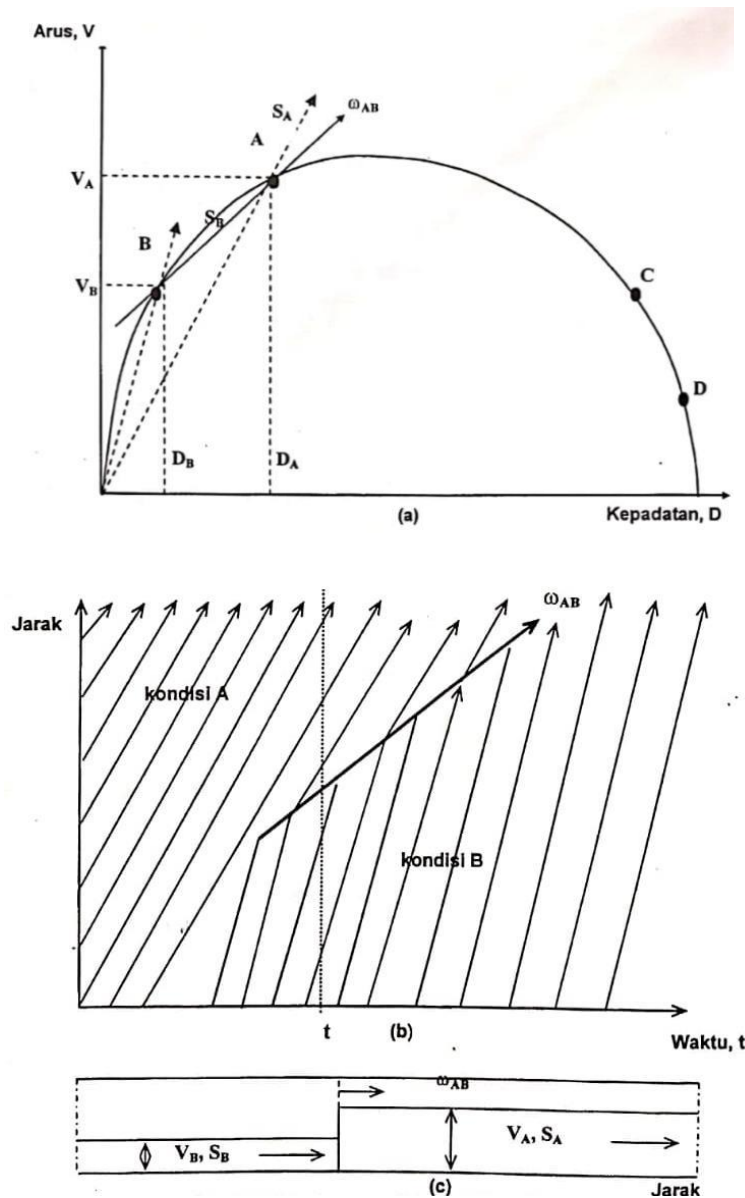
Gambar 2.4. Klasifikasi Gelombang Kejut.
sumber : Wohl & Martin (1967) dalam Tamin (2008)

Pada Gambar 2.4. adalah grafik hubungan antara jarak dan waktu yang membentuk dari tipe gelombang kejut yang terjadi. Menurut (Tamin, 2008) gelombang kejut dapat diklasifikasikan menjadi 6 (enam) kelas, yaitu:

- a. Gelombang kejut diam depan (*frontal stationary shock wave*), pada kondisi penyempitan jalur (termasuk tundaan akibat lampu lalu lintas) menunjukkan pada lokasi arus lalu lintas tersebut lebih besar dari ukuran

jalanya. Kata 'depan' memiliki arti bagian terdepan dari daerah kemacetan mempunyai kerapatan lebih rendah ke arah hilir dan lebih tinggi ke arah hulu. Kata 'diam' merupakan bahwa gelombang kejut yang terjadi di lokasi dan tidak berpindah-pindah seiring berubahnya waktu.

- b. Gelombang kejut mundur bentukan (*backward forming shock wave*), terjadi ketika kemacetan. Kata 'mundur' berarti dengan berubahnya waktu, gelombang kejut akan bergerak mundur. Kata 'bentukan' berarti dengan berubahnya waktu, kemacetan terjadi semakin meningkat ke arah hulu.
- c. Gelombang kejut maju pemulihan (*forward recovery shock wave*), kemacetan terbentuk ketika arus lalu lintas berada di bawah kapasitasnya yang berkurang. Dengan demikian, panjang kemacetan akan berkurang. Kata "maju" berarti bahwa seiring waktu, Gelombang kejut bergerak maju (hilir atau searah dengan pergerakan lalu lintas). Istilah "pemulihan" berarti adanya kondisi yang mengalir bebas dari waktu ke waktu di daerah hilir selanjutnya.
- d. Gelombang kejut diam belakang (*rear stationary shock wave*), Terjadi bila arah datangnya lalu lintas sama dengan kapasitas pada daerah kemacetan dalam kurun waktu tertentu. Istilah "kembali" mengacu pada bagian di belakang zona kemacetan. Yang dimaksud dengan "stasioner" adalah gelombang tidak akan berubah posisinya untuk jangka waktu tertentu.
- e. Gelombang kejut mundur pemulihan (*backward recovery shock wave*), kemacetan terjadi ketika meningkatnya kapasitas jalan. Istilah "mundur" berarti bahwa seiring waktu, gelombang kejut bergerak mundur (arah hulu atau berlawanan dengan arah pergerakan lalu lintas).
- f. Gelombang kejut maju bentukan (*forward forming shock wave*), kata "Maju" berarti arah gelombang kejut memiliki arah yang sama pada pergerakan lalu lintas, dan istilah "bentukan" berarti selama periode kemacetan, arus lalu lintas akan meningkat lebih jauh ke hilir.



Gambar 2.5. Kurva Gelombang Kejut.

Sumber: Wohl dan Martin dalam Tamin, 2008.

Gambar 2.5.(a) mengilustrasikan hubungan matematis antara arus-kepadatan aliran di jalan yang tidak terganggu. Pada waktu tertentu, ada kondisi aliran bebas yang konstan, seperti kondisi A arus, kepadatan dan kecepatan dinyatakan sebagai: V_A , D_A dan S_A . Kemudian dalam jangka waktu berikutnya, lalu lintas masuk berkurang dan terjadi arus lalu lintas baru, seperti kondisi B, dimana arus, kepadatan, Kecepatan diwakili oleh simbol: V_B , D_B dan S_B . Penting untuk dicatat bahwa kondisinya kecepatan B lebih tinggi dari kendaraan kondisi A dan B ini akhirnya, kendaraan A dapat disusul pada waktu dan ruang yang berbeda.

Pada Gambar 2.5. (c) pada waktu t ruas jalan menggambarkan 2 (dua) kondisi arus lalu lintas. Terdapat 3 kecepatan dengan gerakan kanan yang ditunjukkan dengan symbol S_A , S_B dan ω_{AB} .

S_A = kecepatan kendaraan pada kondisi arus A

S_B = kecepatan kendaraan pada kondisi arus B

ω_{AB} = kecepatan gelombang kejut antara 2 (dua) kondisi A dan B

pada batas gelombang kejut, jumlah kendaraan arus kondisi B (N_A) yang meninggalkan arus harus tepat sama dengan jumlah kendaraan dan kendaraan arus kondisi A (N_A) sewaktu tidak ada kendaraan yang masuk atau keluar lajur. Karena $N_A=N_B$, maka rumus nilai gelombang kejut sebagai berikut:

$$\omega_{AB} = \frac{V_B - V_A}{D_B - D_A} \dots\dots\dots(5)$$

$$\omega_{DC} = \frac{V_C - V_D}{D_C - D_D} \dots\dots\dots(6)$$

$$\omega_{CB} = \frac{V_B - V_C}{D_B - D_C} \dots\dots\dots(7)$$

$$\omega_{AC} = \frac{V_C - V_A}{D_C - D_A} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

ω_{AB} = gelombang kejut mundur bentukan

ω_{DC} = gelombang kejut maju pemulihan

ω_{CB} = gelombang kejut mundur pemulihan

ω_{AC} = gelombang kejut maju pemulihan

Interval waktu antara t_2 dan t_3 dirumuskan sebagai berikut:

$$t_3 - t_2 = r \left[\frac{\omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right] \dots\dots\dots(9)$$

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

$$Q_m = \frac{r}{3600} \left[\frac{\omega_{CB} \cdot \omega_{AB}}{\omega_{CB} - \omega_{AB}} \right] \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

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

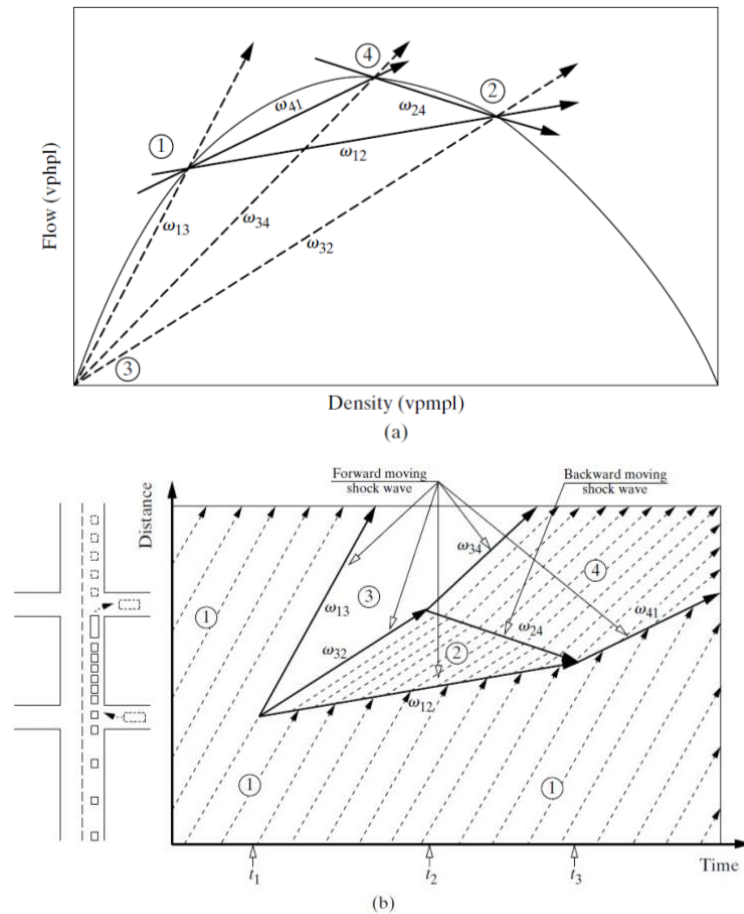
$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \omega_{AB}}{(\omega_{CB} - \omega_{AB})} \times \left| \frac{\omega_{CB}}{\omega_{AC}} + 1 \right|$$

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

Menurut (Gerber and Hoel, 2009) terjadinya gelombang kejut (*shock wave*) lalu lintas yang mengakibatkan tundaan bermacam-macam, yaitu :

1. Pada persimpangan jalan
2. Pada penyempitan jalan
3. Pada jalan dengan hambatan bergerak

Pada penelitian ini, penulis menganalisis gelombang kejut pada hambatan bergerak yaitu dimana gelombang kejut terjadi ketika kendaraan berat / besar mulai menanjak pada ruas jalan. Pada saat kendaraan berat/ besar menanjak akan menyebabkan tundaan atau penurunan kecepatan sehingga akan menyebabkan kepadatan di belakang kendaraan besar atau berat. Kendaraan yang berada dibelakang tidak dapat mendahuluinya sehingga kecepatan akan menurun dan mengikuti kecepatan dari kendaraan besar dan berat. Penjelasan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6. Gelombang Kejut (*shock wave*) pada Jalan dengan Hambatan Bergerak.

Sumber : garber and Hoel, 2009

Pada Gambar 2.6. (a) menggambarkan grafik hubungan volume dan kerapatan yang terjadi dimana kecepatan arus 1, 2, 3 dan 4 selanjutnya dibahas pada diagram Gambar 2.6. (b). Saat titik 0- t_1 kendaraan dengan kecepatan arus (1) sebelum masuk Kawasan hulu, arus lalu lintas belum terjadi tundaan. Titik t_1 , kendaraan yang ada tepat dibelakang kendaraan besar atau berat akan mengurangi kecepatan dan akan terjadi peningkatan kepadatan kendaraan (2) Terjadi gelombang kejut yang bergerak dengan kecepatan ω_{12} . Karena kendaraan besar atau berat akan berjalan sesuai kecepatan aslinya sehingga kendaraan di depannya tidak ada, dengan demikian menciptakan kondisi lalu lintas (3) Ini juga menghasilkan gelombang kejut dengan kecepatan ω_{13} dan ω_{32} . Pada t_2 , saat kendaraan besar atau berat meninggalkan jalan, arus akan meningkat ke jalan dengan

kondisi lalu lintas (4) Ini menghasilkan gelombang kejut mundur dengan kecepatan ω_{24} dan gelombang kejut bergerak maju dengan kecepatan ω_{34} . Pada waktu t_3 , gelombang kejut dengan kecepatan ω_{12} dan ω_{24} bertepatan dengan demikian menghasilkan gelombang kejut baru bergerak maju dengan Kecepatan ω_{41} .

Model *Greenshields*

Greenshields melakukan penelitian di pinggiran kota Ohio, AS Mengusulkan kecepatan rata-rata ruang (kecepatan) dan Kepadatan kendaraan (S-D). Dari penelitiannya model Greenshields Persamaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Persamaan *Model Linier Greenshields*.

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	$DM = D_j / 2$

(Tamin,2008)

H. Panjang kritis suatu kelandaian

Menurut Silvia Sukirman (1999) landai maksimum merupakan faktor penentu dalam perencanaan alinyemen vertikal, karena jarak pendek memberikan faktor pengaruh berbeda dibandingkan dengan jarak panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian besar akan menyebabkan penurunan kecepatan kendaraan yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada panjang jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan yang cukup panjang dengan kelandaian tersebut pendek.

Tabel 2.2. Panjang kritis untuk kelandaian

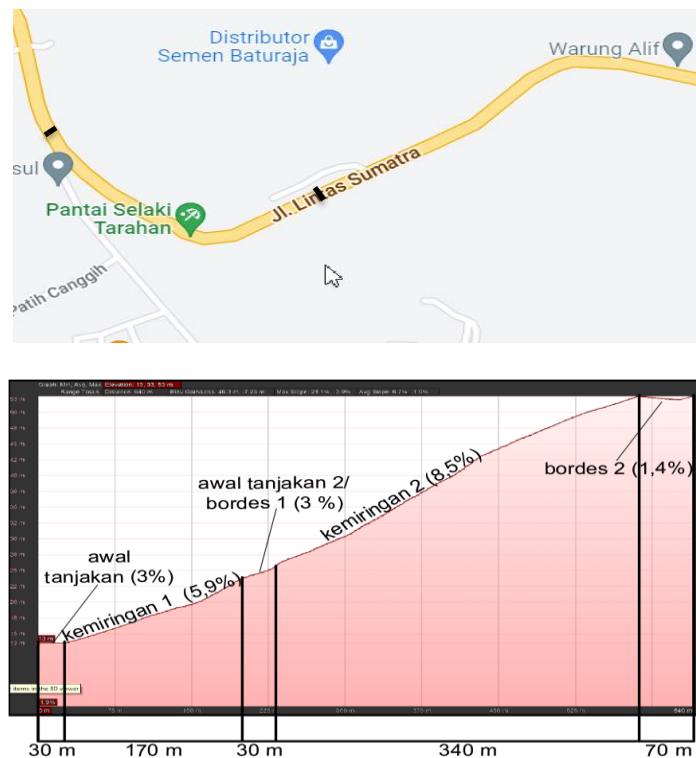
		Kecepatan Rencana (Km/jam)									
		80	60	50	40	30	20				
5%	500 m	6%	500 m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m
6%	500 m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m
7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m	12%	250 m
8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m	12%	250 m	13%	250 m

(Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan oleh Silvia Sukirman, 1999)

III. METODE PENELITIAN

A. Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah ruas jalan Lintas Sumatra Tarahan di Lampung Selatan, dengan panjang penelitian panjang 640 meter, menentukan elevasi kemiringan ruas jalan dengan menggunakan aplikasi *Google Earth* dan terdapat 2 kemiringan. Padatnya volume arus lalu lintas, terutama pada saat kendaraan berat melewati jalan tanjakan sering mengakibatkan tundaan perjalanan kendaraan lainnya. Berikut peta lokasi penelitian pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Lokasi Pengamatan dan Elevasi Ruas Jalan.

Sumber : google earth

B. Survei Pendahuluan

Adapun tujuan dari survei pendahuluan untuk menyatakan lokasi penelitian, peralatan yang diperlukan, dalam analisa data apa saja yang diambil dan pengumpulan metodenya seperti apa serta penelitian mengikuti alur diagram alir pada gambar 8.

a. Data survei

Data yang diperlukan saat survei adalah :

- a) Arus lalu lintas (SKR/jam)
- b) Waktu tempuh kendaraan (km/jam)
- c) *Time Headway* (detik)

b. Peralatan

Saat melakukan survei dibutuhkan peralatan sebagai berikut:

- a) *Drone*
Drone untuk merekam jalannya arus lalu-lintas.
- b) Lembar kerja
Lembar kerja untuk mencatat data-data yang diperlukan.
- c) Penanda titik pengamatan
Penanda titik pengamatan digunakan untuk mempermudah mengetahui ukuran ruas jalan dibuat dengan menggunakan *pilox* setiap 10 meter.

c. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada pagi dan sore hari untuk mengetahui kondisi lalu lintas sepi hingga terjadi antrian panjang pada jam sibuk. Penelitian dilakukan pada hari kerja dan waktu yang ditentukan adalah Pagi pada jam : 08.00 – 9.00 WIB
Sore pada jam : 16.00 – 17.00 WIB

d. Pelaksanaan survei lapangan

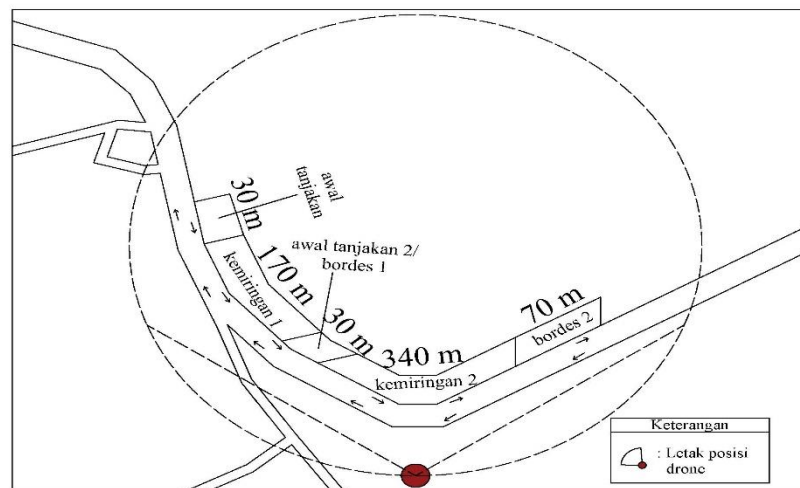
Survei lapangan ini dilakukan pada hari senin pagi dan sore hari dengan menggunakan rekaman kamera *drone*. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan pada pelaksanaan survei lapangan:

- a) Membuat penanda atau *marking* jalan yang akan diteliti yaitu batas-batas pembagian 61 segmen dimana dengan tiap segmen sepanjang 10 meter. *Marking* atau penanda jalan ini dilakukan agar dalam hasil rekaman terlihat jelas batas-batas pengamatannya.
- b) Melakukan rekaman menggunakan kamera *drone* dengan tangkapan sesuai dengan batas-batas pengamatan.

Hasil video rekaman *drone* digunakan peneliti dalam mengambil data-data untuk perhitungan yaitu dengan memutar ulang rekaman hasil survei.

C. Teknik Pengambilan Data Penelitian

Penelitian ini membutuhkan berupa data lapangan atau data primer. Data lapangan didapat dari hasil survei lapangan dengan mencatat semua data yang diperlukan dan merekam untuk penelitian ini.



Gambar 3.2. Lokasi dan area pengamatan.

Gambar di atas menunjukkan lokasi dan batas-batas pengamatan yang telah ditentukan oleh penulis. Pengamatan dilakukan sepanjang 640 meter. Suvei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data arus lalu lintas (volume), data tempuh, *time headway*, panjang antrian dan waktu penormalan. Data-data tersebut dihitung per waktu 5 menit selama 1 jam. Berikut langkah unruk mendapatkan data lalu lintas yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan:

1. Arus/Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas ditinjau pada semua jenis kendaraan per waktu 5 menit. Volume lalu lintas yang ditinjau yaitu jumlah sepeda motor (SM), kendaraan ringan (KR), dan kendaraan berat (KB) yang melintas. Langkah untuk mendapatkan volume lalu lintas yaitu pada setiap sampel kendaraan ringan yang melintas di titik batas pengamatan, lalu dihitung jumlah sepeda

motor (SM), kendaraan ringan (KR), dan kendaraan berat (KB) pada segmen sebelum perlintasan, di perlintasan, dan sesudah perlintasan.

2. Waktu Tempuh

Waktu tempuh yang digunakan yaitu waktu tempuh setiap 64 sampel kendaraan ringan per waktu 5 menit selama 1 jam. Langkah kerja untuk mendapatkan data waktu tempuh kendaraan sebagai berikut:

- a) Waktu tempuh yang didapat dengan mengikuti sampel kendaraan ringan dari awal batas pengamatan sampai akhir batas pengamatan (lihat Gambar 8).
- b) Mencatat waktu tempuh kendaraan (detik) yang melewati 64 segmen pengamatan dengan menggunakan alat bantu *stopwatch*.

3. Time Headway

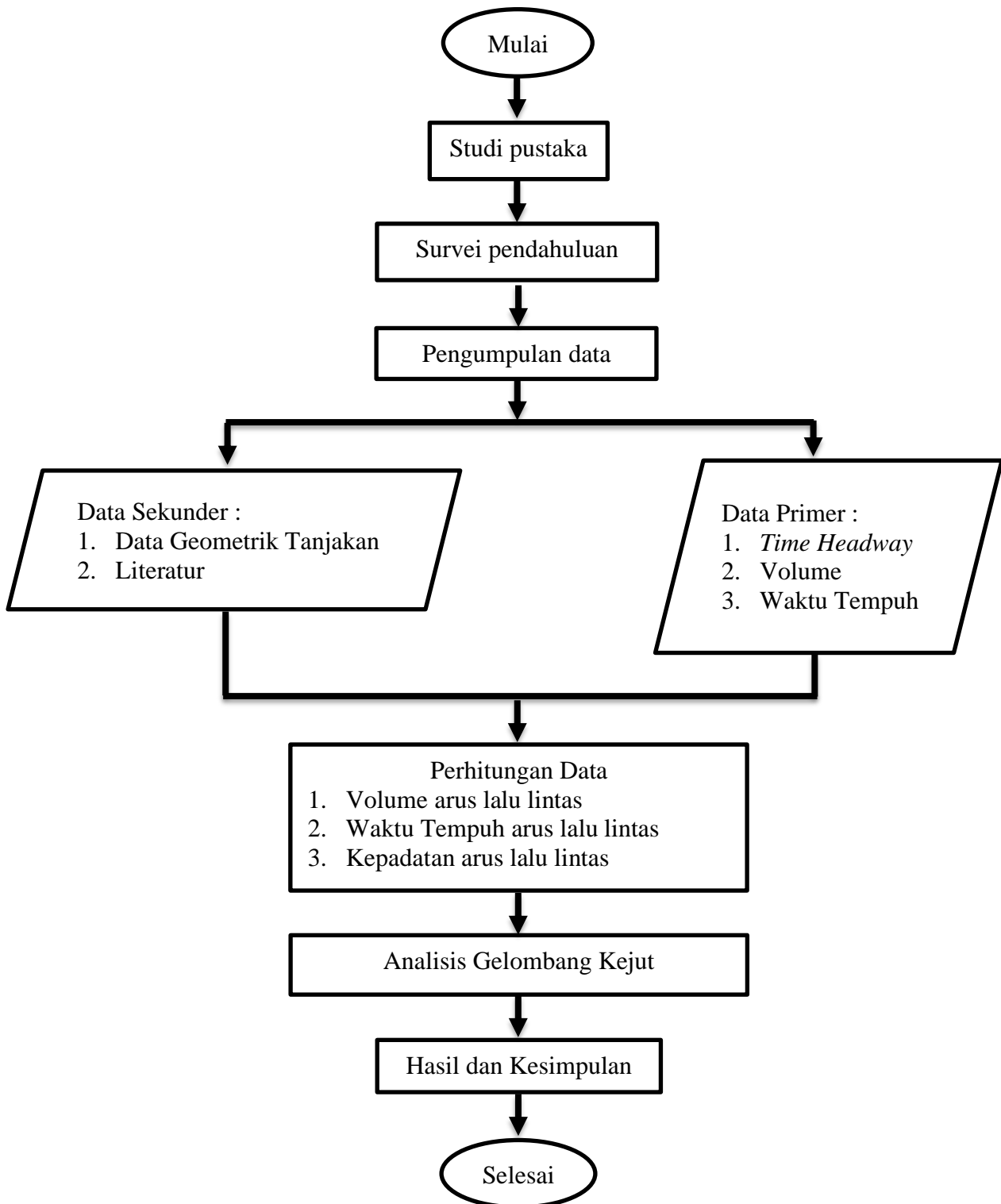
Berikut langkah kerja untuk mendapatkan data *time headway*:

- a) Mencatat lama waktu pasangan suatu kendaraan yang melewati garis pengamatan (titik batas pengamatan lihat gambar 3.2.) dan diikuti oleh jenis kendaraan lainnya di belakangnya.
- b) Kendaraan yang diamati yaitu antara SM-SM, SM-KR, KR-SM, KR-KR, KR-KB, KB-KR, dan KB-KB per waktu 5 menit selama 2 jam.

4. Waktu Penormalan

Mencatat waktu (detik) sejak dilakukan penormalan lajur hingga antrian berakhir dengan menggunakan alat bantu *stopwatch*. Penentuan kondisi arus setelah normal kembali dilakukan secara pengamatan visual berdasarkan hasil rekaman.

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian

E. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam analisis gelombang kejut (*shock wave*) ini menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Data perhitungan yang digunakan yaitu berupa data *time headway*, arus/volume lalu lintas dan waktu tempuh yang diperoleh dari mengamati hasil rekaman survei.

a. Data *time headway*

Data *time headway* digunakan untuk mendapatkan nilai EKR (Ekivalen Kendaraan Ringan). Nilai EKR digunakan untuk mengubah arus lalu lintas dari satuan kendaraan menjadi satuan kendaraan ringan (SKR).

b. Volume/arus lalu lintas

Data volume/arus lalu lintas digunakan untuk pengolahan regresi Model *Greenshields* dan nilai gelombang kejut.

c. Waktu tempuh kendaraan

Waktu tempuh kendaraan digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan lalu lintas. Nilai kecepatan didapat dengan membagi jarak tiap segmen dengan waktu tempuh yang diperoleh (m/det) kemudian dikonversi ke km/jam. Kecepatan lalu lintas digunakan dalam pengolahan Model *Greenshields* dan nilai gelombang kejut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan metode analisis gelombang kejut (shock wave) mengalami perubahan waktu tempuh kendaraan saat melintasi tanjakan Jalan Lintas Sumatra Tarahan bahwa semakin besar kelandaian berpengaruh terhadap tundaan perjalanan. Pada kemiringan 1, hasil perhitungan menunjukkan peningkatan dari waktu tempuh 16,63 detik pada saat normal meningkat menjadi 28,28 detik pada saat tundaan antrian kendaraan. Pada pengamatan kemiringan 2, menunjukkan peningkatan waktu tempuh dari 27,47 detik saat normal meningkat menjadi 58,60 detik saat adanya tundaan kendaraan.
2. Berdasarkan “Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan”, panjang kritis di tanjakan Jalan Lintas Sumatra Tarahan yang diteliti memenuhi desain geometri. Dapat disimpulkan bahwa kendaraan mengalami penurunan kecepatan, kemiringan 1 saat awal tanjakan 56,54 km/jam. Pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 23,37 km/jam sedangkan kemiringan 2 saat awal tanjakan 43,24 km/jam dan pada saat tanjakan mengalami penurunan kecepatan menjadi 19,97 km/jam.

B. Saran

1. Untuk mengurangi potensi tundaan di Tanjakan Tarahan dengan regeometri segmen jalan, membuat jembatan kelok sehingga kelandaian bisa lebih kecil.
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.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryandhanu, Swastiko Hendy, et al. "Analisa Kinerja Kendaraan Berat Pada Turunan Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan Semarang." *Jurnal Karya Teknik Sipil* 4.4 (2016).
- Abdi, Grisela Nurinda, Sigit Priyanto, and Siti Malkamah. "Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman." *Teknisia* 24.1 (2019).
- Tamin, O.Z. 2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tamin, O. Z. , 2008, "Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi", ITB, Bandung.
- Alamsyah, A.A., 2005, *Rekayasa lalulintas*, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Robertson, H.D. (1994). *Manual of Transportation Engineering Studies*. Prentice-Hall Internal. New Jersey.
- Soedirdjoe, T.L. 2002. *Rekayasa Lalu Lintas*. ITB. Bandung
- Garber, Nicholas J and Hoel, Lester A. 2009. *Traffic and Highway Engineering*. Canad: University of Virginia.
- Salter, R.J. 1983. *Highway Traffic Analysis and Design*. Macmillan: Press Ltd. London and Basingstroke.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Sukirman, Silvia. "Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan." *Nova, Bandung* 201 (1999)