

**ANALISIS TUNDAAN DAN PANJANG ANTREAN AKIBAT  
PENUTUPAN PALANG PINTU KERETA API  
(Studi Kasus: Jalan Perintis Kemerdekaan)**

**(Skripsi)**

**Oleh :**

**DINDA MAYA SARI PUTRI**

**NPM 1715011087**



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

**2022**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS TUNDAAN DAN PANJANG ANTREAN AKIBAT PENUTUPAN PALANG PINTU KERETA API “JALAN PERINTIS KEMERDEKAAN”**

**Oleh**

**DINDA MAYA SARI PUTRI**

Jalan Perintis Kemerdekaan merupakan persimpangan sebidang tak bersinyal yang sering mengalami kepadatan arus lalu lintas karena adanya perlintasan yang terbentuk dari pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi yaitu jalan raya dengan jalan rel. Sehingga aktivitas perjalanan terganggu akibat lintasan kereta api dan banyaknya aktivitas disepanjang jalan menyebabkan antrean kendaraan yang panjang dikarenakan peningkatan volume lalu lintas dan besarnya tundaan yang terjadi. Tujuan penelitian ini menganalisis tundaan dan panjang antrean akibat pertemuan jalan raya dan jalan rel.

Pengambilan data dilakukan melalui survei 1 hari kerja. Data yang dianalisis adalah volume, durasi penutupan palang pintu kereta api, tundaan, waktu *gap* dan panjang antrean kendaraan. Penentuan waktu *gap* kritis menggunakan metode *Gap Acceptance*. Hasil analisis yang di dapatkan yaitu : tundaan yang terjadi menjelang penutupan palang pintu perlintasan pada pagi hari sebesar 433,84 detik dan 388,55 detik. serta pada sore hari sebesar 372,53 detik dan 382,37 detik. dan panjang antrean mencapai 50-68 meter di arah Jalan Perintis Kemerdekaan – Jalan Gatot Subroto.

Kata Kunci : volume; *gap acceptance*; tundaan; panjang antrean

## **ABSTRACT**

### ***DELAY AND QUEUE LENGTH ANALYSIS DUE TO THE CLOSURE OF RAIL WAY “PERINTIS KEMERDEKAAN”***

***By***

***DINDA MAYA SARI PUTRI***

*Perintis Kemerdekaan Street is an intersection of unsignalized plots that often experiences traffic congestion due to crossings formed from the meeting of two types of transportation infrastructure, namely highways and rail roads. So that travel activities are disrupted due to the railroad track and the number of activities along the road causes long queues of vehicles due to the increase in traffic volume and the amount of delay that occurs. The purpose of this study is to analyze delays and queue lengths due to the intersection of highways and rail roads.*

*Data collection was carried out through a 1 working day survey. The data analyzed were volume, duration of closing the rail gates, delays, gap times and vehicle queue lengths. Determining the critical gap time using the Gap Acceptance method. The results of the analysis obtained are: the average closing of the crossing gates is 285.29 seconds in the morning and 165.45 seconds in the afternoon, the average delay is 411.19 seconds in the morning and 377.45 seconds in the afternoon. days, and the queue length reaches 50 meters in the direction of Perintis Kemerdekaan Street-Gatot Subroto Street.*

*Keywords: gap acceptance, unsignalized intersection, delay, volume*

**ANALISIS TUNDAAN DAN PANJANG ANTREAN AKIBAT  
PENUTUPAN PALANG PINTU KERETA API  
(Studi Kasus: Jalan Perintis Kemerdekaan)**

**Oleh**

**DINDA MAYA SARI PUTRI**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



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

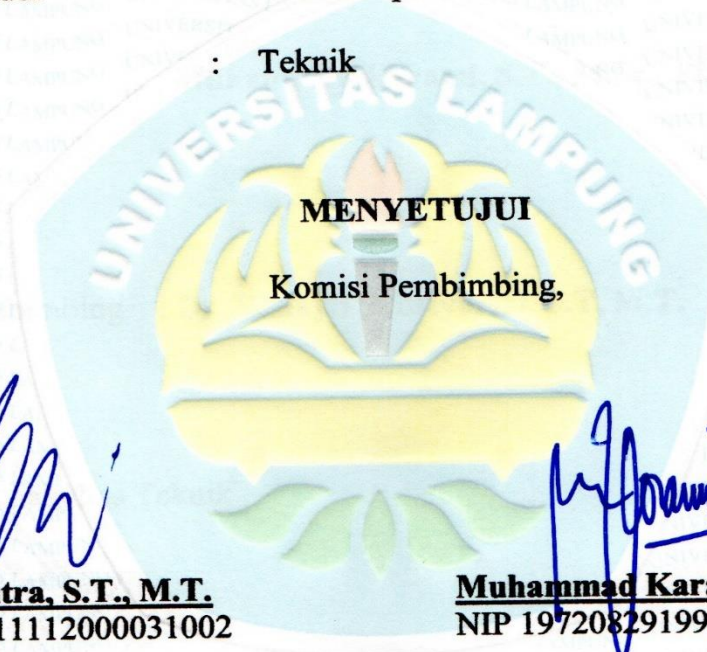
Judul Skripsi : **ANALISIS TUNDAAN DAN PANJANG  
ANTREAN AKIBAT PENUTUPAN PALANG  
PINTU KERETA API (Studi Kasus: Jalan  
Perintis Kemerdekaan)**

Nama Mahasiswa : Dinda Maya Sari Putri

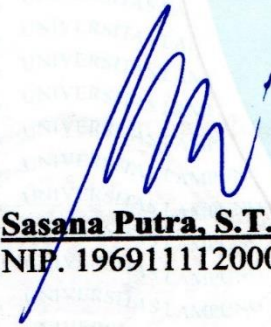
No. Pokok Mahasiswa : 1715011087

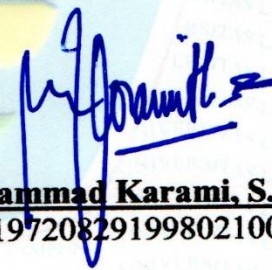
Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



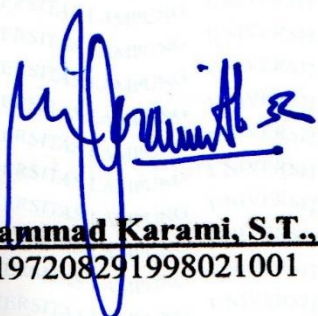
**MENYETUJUI**  
Komisi Pembimbing,

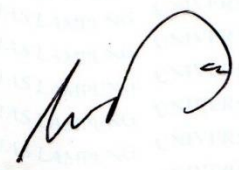
  
**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP. 196911112000031002

  
**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 197208291998021001

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil,

Ketua Jurusan Teknik Sipil,

  
**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 197208291998021001

  
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**  
NIP 19620408198932001



**MENGESAHKAN**

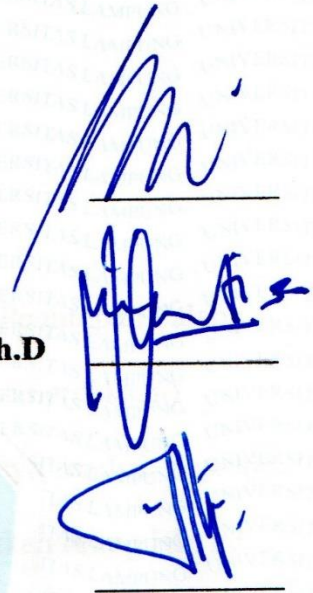
**1. Tim Penguji**

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

**Sekretaris : Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D**

**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T, M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**   
**NIP. 197509282001121002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Oktober 2022**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dinda Maya Sari Putri

NPM : 1715011087

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : Analisis Tundaan dan Panjang Antrean Akibat Penutupan Palang  
Pintu Kereta Api (Studi Kasus: Jalan Perintis Kemerdekaan)

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 di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang berlaku.



Tempung, 06 Oktober 2022

*Dinda Maya Sari Putri*  
**Dinda Maya Sari Putri**  
NPM 1715011087

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Dinda Maya Sari Putri. Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 23 Mei 1999, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Darmawansyah Abdul Lattief Makki dan Ibu Misda Yulia Tridayanti dan memiliki dua orang adik yaitu Dimas Dwi Pratama Putra dan Rahma Dewi Makki.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Pembina yang diselesaikan pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Tanjung Gading yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 16 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 10 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Universitas Lampung (SIMANILA).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dan pernah menjadi anggota Departemen Kerohanian dan Keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung periode 2018/2019. Kemudian pada periode 2019/2020 penulis menjadi anggota Kerohanian dan Keolahragaan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung. Penulis juga pernah berpartisipasi pada acara *Civil Brings Revolution* tahun 2019 sebagai anggota Konsumsi dan tahun 2020 sebagai anggota Seminar Nasional.

Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di Lampung City Mall dan Apartment bulan September - Desember 2021.



Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Tanjung Raya, Kecamatan Kedamaian, Kota Bandar Lampung selama 40 hari dalam periode I tahun 2021.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2021, dengan judul skripsi Analisis Tundaan dan Panjang Antrean Akibat Penutupan Palang Pintu Kereta Api pada Jalan Perintis Kemerdekaan.

# MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain)”

(QS. Al Insyirah 6-7)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al Baqarah: 286)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Mengeluh tanpa usaha mencari jalan keluar apalah artinya, mengeluh tidak akan mengubah apapun yang telah terjadi, tinggal bagaimana memperbaiki.”

(Jefri Al Buchori)

“Bermimpilah setinggi langit, jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang”

(Ir. Soekarno)

# PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillahil'alamin*, Puji sukur kepada Allah SWT yang selalu memberikan berkahnya kesetiap langkah perjalanan hidupku. Shalawat serta salam tak lupa saya haturkan kepada nabi tercinta

Nabi Muhammad SAW

Dan

**Saya persembahkan karya tulis ini kepada:**

## **Bapak dan Mama Tercinta**

Terimakasih atas dukungan, kasih sayang serta doa yang tidak pernah putus untuk anda, sehingga anda dapat menyelesaikan skripsi ini.

## **Adik-adikku Tersayang**

Terima Kasih kepada Dimas dan Rahma yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

## **Bapak dan ibu Dosen**

Terima kasih atas ilmu yang telah bapak dan ibu berikan, semoga jasa Bapak dan Ibu dapat membawa keberkahan

## **Teknik Sipil Angkatan 2017 Universitas Lampung**

Terimakasih atas dukungan teman-teman himapir 2017, semoga kita semua menjadi orang yang sukses aamiinn.

## SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Tundaan dan Panjang Antrean Akibat Penutupan Palang Pintu Kereta Api pada Jalan Perintis Kemerdekaan” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat-sahabatnya.
2. Kedua orang tua, Bapak dan Mama tercinta, Darmawansyah Abdul Latief Makki dan Misda Yulia Tridayanti. 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 Allah selalu memberikan perlindungan, kesehatan, umur panjang dan keberkahan sebagai balasan atas segala jasa dan kebaikan bapak dan mama tercinta.
3. Adik-adikku tersayang, Dimas Dwi Pratama Putra dan Rahma Dewi Makki yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing II Skripsi.
7. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku dosen 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.

8. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., 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.
9. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua ilmu pengetahuan dan didikannya selama masa perkuliahan. serta seluruh staff akademisi mbak suci, mbak ida, dan mbak putri yang telah banyak membantu penulis.
10. Rekan-rekan tersayang yang kerap memberi dukungan sampai penulis menyelesaikan skripsi ini: ayu, merry, nia, renaldy, diki, dan bara yang senantiasa mendengarkan keluh kesah dan teman bermain selama kuliah.
11. Kawan -kawan angkatan 2017 yang telah sama-sama berjuang, maaf jika penulis tidak bisa menyebutkan satu-persatu.
12. Last but not least, I wanna thank me, I Wanna thank me for believing in me, I Wanna thank me for doing all this hard work, I Wanna thank me for having no days off, I Wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 06 Oktober 2022  
Penulis

Dinda Maya Sari Putri

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 LatarBelakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Jalan Raya .....	5
2.1.1 Klasifikasifikasi Jalan Menurut Fungsinya .....	6
2.1.2 Klasifikasi Jalan Menurut Statusnya .....	7
2.2 Jalan Perkotaan .....	8
2.3 Jaringan Jalan.....	9
2.4 Perlintasan Kereta Api .....	10
2.5 Karakteristik Arus Lalu Lintas .....	10
2.5.1 Volume .....	11
2.5.2 Komponen Lalu Lintas .....	12
2.6 Tundaan .....	13
2.7 Gap Acceptance .....	14
2.8 Gap Kritis.....	16
2.9 Panjang Antrean.....	17
2.9.1 Disiplin Antrean .....	18
2.9.2 Parameter Antrean .....	18
2.10 Penelitian Terdahulu .....	19
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	22
3.2 Waktu Penelitian.....	23
3.3 Studi Literatur .....	23
3.4 Survei Pendahuluan .....	24
3.5 Teknik Pelaksanaan Survei.....	24
3.6 Pengambilan Data .....	24
3.7 Alat Penelitian.....	28
3.8 Analisis Data.....	28
3.9 Diagram Alir Penelitian .....	30

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Deskripsi Penelitian .....	31
4.2 Durasi Penutupan Palang Pintu Kereta Api .....	31
4.3 Volume Lalu Lintas .....	32
4.4 Waktu <i>Gap</i> .....	36
4.5 <i>Gap Kritis</i> .....	38
4.6 Tundaan .....	55
4.6 Panjang Antrean Kendaraan .....	56
<b>IV. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST .....	7
2. Kerangka Dasar Karakteristik Lalu Lintas .....	11
3. Ekuivalen Kendaraan Ringan Untuk Tipe Jalan 2/2 UD .....	12
4. Nilai EMP Tipe Kendaraan .....	13
5. Durasi Penutupan Palang Pintu Kereta Api Pagi .....	32
6. Durasi Penutupan Palang Pintu Kereta Api Sore .....	32
7. Data Volume Lalu Lintas di Pagi Hari .....	33
8. Data Volume Lalu Lintas di Sore Hari .....	34
9. Nilai Gap Pagi Arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto (Sepeda Motor) .....	37
10. Nilai Gap Pagi Arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto (Kendaraan Ringan) .....	38
11. Nilai Gap Kritis Pagi Arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto (Sepeda Motor) .....	39
12. Nilai Gap Kritis Pagi Arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan (Sepeda Motor) .....	40
13. Nilai Gap Kritis Sore Arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto (Sepeda Motor) .....	42
14. Nilai Gap Kritis Sore Arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan (Sepeda Motor) .....	44
15. Nilai Gap Kritis Pagi Arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan (Kendaraan Ringan) .....	46
16. Nilai Gap Kritis Pagi Arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto (Kendaraan Ringan) .....	48
17. Nilai Gap Kritis Sore Arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan (Kendaraan Ringan) .....	50
18. Nilai Gap Kritis Sore Arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto (Kendaraan Ringan) .....	52
19. Nilai Waktu Tundaan Kendaraan .....	55
20. Rekapitulasi Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Rata-rata Saat Kereta Melintas (Pagi) .....	58
21. Rekapitulasi Waktu Tempuh Kendaraan Ringan Rata-rata Saat Kereta Melintas (Sore) .....	58
22. Rekapitulasi Pengamatan Panjang Antrean Pagi .....	59
23. Rekapitulasi Pengamatan Panjang Antrean Sore .....	59
24. Rekapitulasi Perhitungan Panjang antrean dengan Metode FIFO Pagi .....	60
25. Rekapitulasi Perhitungan Panjang antrean dengan Metode FIFO Sore .....	60
26. Rekapitulasi Hubungan Antara Durasi Penutupan Palang Pintu, Volume Lalu Lintas dan $\rho$ Pagi .....	62
26. Rekapitulasi Hubungan Antara Durasi Penutupan Palang Pintu, Volume Lalu Lintas dan $\rho$ Sore .....	62



## DAFTAR GAMBAR

### Gambar

	Halaman
1. Klasifikasi fungsi jalan.....	6
2. Gap dan headway kendaraan.....	15
3. Kurva distribusi kumulatif untuk gap diterima dan ditolak. ....	16
4. Lokasi penelitian. ....	22
5. Sketsa ruas jalan.....	24
6. Ilustrasi pergerakan kendaraan.....	25
7. Ilustrasi kejadian gap.....	26
8. Ilustrasi kejadian panjang antrean.....	27
9. Diagram alir penelitian.....	30
10. Data volume lalu lintas pagi.....	34
11. Data volume lalu lintas sore.....	35
12. Gap kritis sepeda motor pagi arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto..	40
13. Gap kritis sepeda motor pagi arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan...	42
14. Gap kritis sepeda motor sore arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto...	44
15. Gap kritis sepeda motor sore arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan...	46
16. Gap kritis kendaraan ringan pagi arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan .....	48
17. Gap kritis kendaraan ringan pagi arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto .....	50
18. Gap kritis kendaraan ringan sore arah Gatot Subroto – Perintis Kemerdekaan .....	52
19. Gap kritis kendaraan ringan sore arah Perintis Kemerdekaan – Gatot Subroto .....	54
20. Ilustrasi perbedaan sistem dan antrean di lapangan .....	61

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan Perintis Kemerdekaan, Kota Bandar Lampung merupakan salah satu jalan kota yang termasuk kedalam jenis jaringan jalan kolektor sekunder yang merupakan penghubung permukiman dengan pusat kota di Kota Bandar Lampung.

Pada Jalan Perintis Kemerdekaan di kota Bandar Lampung termasuk perlintasan sebidang yang sering mengalami kepadatan arus lalu lintas. Hal ini disebabkan perlintasan yang terbentuk dari pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi yaitu jalan raya dengan jalan rel sehingga terjadinya perjalanan yang dilakukan secara serentak dan terganggu akibat lintasan kereta api serta banyaknya aktivitas yang terjadi disepanjang jalan. Terjadinya konflik lalu lintas pada perlintasan sebidang pada Jalan Perintis Kemerdekaan akibat adanya tundaan, peningkatan volume lalu lintas dan panjang antrean yang terjadi dikarenakan adanya penutupan palang pintu kereta api dan kereta api yang melintasi pada Jalan Perintis Kemerdekaan serta perilaku pengendara yang memaksa untuk melewati perlintasan kereta api yang menyebabkan timbulnya *gap* pada jalan tersebut.

Khusus perjalanan dalam kota di persimpangan Jalan Perintis Kemerdekaan – Jalan Gatot Subroto, jumlah perjalanan terbanyak umumnya terjadi di pagi hari dan sore hari dimana orang banyak melakukan aktivitas di waktu-waktu tersebut seperti pergi ke sekolah maupun ketempat kerja mereka.

Pada umumnya setiap orang ingin sampai pada tujuan dengan tepat waktu khususnya pada pagi hari. Kemacetan di dapat karena adanya pintu perlintasan kereta api ditutup dan kereta api melewati perlintasan ini. Kondisi ini tentunya juga akan memberikan suatu kerugian tersendiri bagi pengguna, yaitu nilai waktu pengguna jalan yang hilang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu pertemuan perlintasan sebidang pada perlintasan rel kereta api di Jalan Perintis Kemerdekaan, Bandar Lampung, sehingga menimbulkan volume kendaraan semakin tinggi dan besarnya tundaan yang terjadi pada ruas jalan sekitarnya sehingga menimbulkan kemacetan.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan pada jalan yang dilewati perlintasan sebidang kereta api yaitu di Jalan Perintis Kemerdekaan, Bandar Lampung.
2. Menganalisis volume, tundaan, dan panjang antrean akibat terjadinya perlintasan sebidang kereta api pada Jalan Perintis Kemerdekaan, Bandar Lampung.
3. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Gap Acceptance*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tundaan yang terjadi pada persimpangan sebidang tak bersinyal di Jalan Perintis Kemerdekaan, Bandar Lampung dengan menggunakan metode *gap acceptance*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penulis dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kinerja tundaan kendaraan yang terjadi akibat adanya perlintasan kereta api yang diharapkan dapat memecahkan masalah kemacetan pada Jalan Perintis Kemerdekaan, Bandar Lampung.

2. Memberikan masukan yang membangun kepada pihak yang berkepentingan dalam menentukan keputusan di bidang manajemen lalu lintas khususnya di daerah perlintasan kereta api.
3. Sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan tundaan dan panjang antrean kendaraan khususnya di daerah perlintasan kereta api.





## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Jalan Raya**

Jalan raya merupakan jalan yang menghubungkan suatu kawasan ke kawasan lainnya yang diidentifikasi untuk kendaraan bermotor dan mobil roda 4 atau lebih untuk melintas. Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang berada di atas permukaan tanah. Jalan dibagi menjadi jalan khusus dan jalan umum, jalan khusus merupakan jalan yang dibangun oleh badan usaha, instansi, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan pribadi, sedangkan jalan utama yaitu jalan yang digunakan bagi lalu lintas umum. Menurut UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan jalan sebagai bangunan pelengkap yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum sehingga jalan berada di atas permukaan tanah atau di bawah permukaan tanah serta di atas permukaan air kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Menurut (Rizkiana, 2005) Kapasitas Jalan atau kapasitas suatu ruas jalan dalam suatu sistem jalan raya adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu maupun kedua arah) dalam periode waktu tertentu dan dibawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum. Kapasitas merupakan ukuran kerja pada kondisi bervariasi, yang dapat diterapkan pada suatu lokasi tertentu atau suatu jaringan jalan yang sangat kompleks. Kapasitas bervariasi menurut kondisi lingkungannya dikarenakan beragamnya geometrik jalan, kendaraan, pengendara dan kondisi lingkungan.

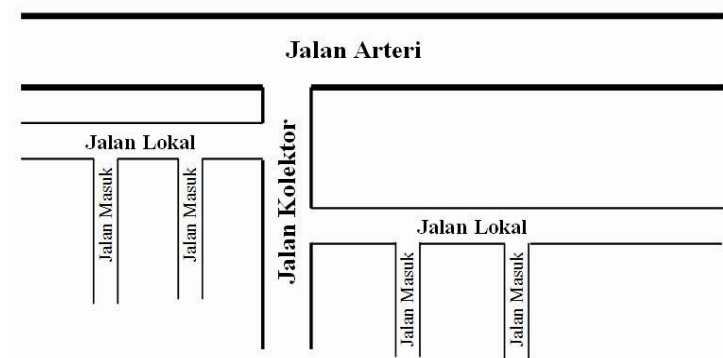
Klasifikasi jalan dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu berdasarkan :

### 2.1.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Berdasarkan RSNI T-14-2004 tentang Geometri Jalan Perkotaan, jalan dapat diklasifikasikan menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebarnya) kendaraan yang diizinkan melalui sebuah jalan.

Berdasarkan fungsinya, jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Jalan Arteri merupakan jalan yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan Kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan dengan perjalanan jarak sedang, menggunakan kecepatan yang sedang dan jumlah jalan masuk yang dibatasi.
- c. Jalan Lokal merupakan jalan yang melayani angkutan daerah dengan perjalanan jarak dekat, menggunakan kecepatan yang rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- d. Jalan Lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.



Gambar 1. Klasifikasi fungsi jalan.

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi kendaraan Maksimum		Muatan sumbu terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I		18	2,5	>10
II	Jalan Arteri	18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Jalan Kolektor	18	2,5	8
III B	Jalan Kolektor	12	2,5	8
III C	Jalan Lokal	9	2,1	8

Sumber: RSNI T-14-2004

### 2.1.2. Klasifikasi jalan menurut statusnya

Klasifikasi menurut status jalan berdasarkan PP No. 34 tahun 2006 Pasal 25 sampai 30, jaringan jalan yang diklasifikasikan menurut statusnya dibedakan menjadi 5 (lima) jenis, yaitu sebagai berikut :

a. Jalan Nasional

Jalan yang diklasifikasikan dalam jalan nasional adalah jalan arteri primer; jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan tol, serta jalan strategis Nasional.

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi adalah jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota Provinsi dengan ibukota Kabupaten/Kota, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota Kabupaten/Kota, jalan strategis provinsi, kecuali jalan sebagaimana dimaksud dalam Jalan Nasional.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten adalah jalan kolektor primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan kelompok jalan provinsi, jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa, jalan sekunder lain, selain sebagaimana dimaksud sebagai jalan nasional,

dan jalan provinsi, serta jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten.

d. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

e. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan pedesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa.

## 2.2 Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan adalah perkembangan jalan yang dilakukan secara permanen dan menerus di sepanjang jalan yang berupa perkembangan suatu lahan maupun bukan, sehingga jalan perkotaan termasuk dalam kelompok jalan yang berada dekat dengan pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa. Kota Bandar Lampung memiliki jumlah penduduk sekitar 1.068,982 jiwa (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2020). Jalan perkotaan dapat digolongkan jalan yang bersifat tetap atau terus menerus apabila penduduk kurang dari 100.000 jiwa.

Karakteristik jalan yang mempengaruhi kinerja jalan terdiri dari beberapa hal yaitu :

1. Geometrik merupakan bangunan jalan yang memiliki bentuk melintang, maupun memanjang, yang menggambarkan bentuk dan ukuran fisik jalan.
2. Komposisi Arus dan Pemisah Arah Merupakan komposisi lalu lintas yang menjelaskan perkembangan arus dalam satuan kendaraan ringan (skr) dengan faktor konversi yang menggunakan ekivalensi mobil penumpang untuk masing - masing tipe kendaraan.

3. Hambatan Samping Hambatan samping merupakan kinerja lalu lintas yang memberikan dampak dari aktivitas samping segmen jalan sehingga arus kendaraan akan bergerak lambat.
4. Perilaku Pengemudi dan Populasi Kendaraan Manusia sebagai pengemudi kendaraan merupakan bagian dari arus lalu lintas yang menjadi pemakai jalan sehingga sangat berpengaruh dalam menghadapi situasi arus lalu lintas.

### **2.3 Jaringan Jalan**

Jaringan jalan merupakan suatu sistem yang mengikat dan menghubungkan pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berbeda dalam berpengaruh pelayanannya dalam suatu hirarki.

Menurut peran pelayanan jasa distribusinya, sistem jaringan jalan terdiri dari :

1. Sistem jaringan jalan primer, yaitu sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota, jalan primer terdiri dari :
  - a. Jalan arteri primer adalah menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan antar pusat wilayah.
  - b. Jalan kolektor primer adalah menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan wilayah atau menghubungkan antar pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.
2. Sistem jaringan jalan sekunder, yaitu sistem jaringan jalan dengan peranan yang menghubungkan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota, jalan sekunder terdiri dari :
  - a. Jalan arteri sekunder yaitu jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder satu dengan kawasan sekunder kedua.

- b. Jalan kolektor sekunder yaitu jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

## 2.4 Perlintasan Kereta Api

Perlindungan merupakan perpotongan antara jalur kereta api dengan jalan. Perlindungan kereta api terbagi dua jenis, yaitu perlindungan sebidang dan perlindungan tidak sebidang. Perlindungan sebidang adalah persilangan antara lintasan kereta api dan jalan raya yang keduanya terletak dalam satu bidang dan memiliki ketinggian yang sama. Perlindungan tidak sebidang adalah persilangan antara lintasan kereta api dan jalan raya yang tidak berada dalam satu bidang atau memiliki ketinggian yang berbeda.

Keberadaan perlindungan sebidang kereta api akan memengaruhi arus lalu lintas di jalan raya yang dilewati, terutama saat jam sibuk. Pada saat itu, volume kendaraan akan meningkat di kedua arah sehingga untuk keamanan pengguna jalan diperlukan sistem pintu palang kereta api dan juga rambu-rambu yaitu “*stop*” dan “*cross bugs*” yang dipasang mendekati perlindungan.

## 2.5 Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas merupakan interaksi yang unik antara pengemudi, kendaraan, dan jalan. Arus lalu lintas pada jalan dengan pengaturan yang menyebabkan kendaraan harus berhenti secara periodik disebut arus terganggu (*Interrupted Flow*), salah satu contoh arus lalu lintas terganggu yaitu adanya perlindungan dengan jalan kereta api. Adanya gangguan ini dapat menyebabkan timbulnya tundaan (*delay*) dan antrean kendaraan yang panjang terutama pada saat volume kendaraan pada pendekatan lintasan semakin besar (Alamsyah, 2005).

Karakteristik dasar arus lalu lintas adalah arus, kecepatan, dan kerapatan. Menurut Soedirdjo (2002), karakteristik ini dapat diamati dengan cara makroskopik atau mikroskopik. Pada tingkat mikroskopik analisis dilakukan

secara individu dan pada tingkat makroskopik analisis dilakukan secara kelompok.

Tabel 2. Kerangka Dasar Karakteristik Lalu Lintas

Karakteristik Lalu Lintas	Mikroskopik	Makroskopik
Arus	Waktu Antara ( <i>Time Headway</i> )	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan Individu	Kecepatan rata-rata
Kerapatan	Jarak Antara ( <i>Distance Headway</i> )	Tingkat kerapatan

Sumber : Soedirdjo, 2002

Terdapat 3 karakteristik yang menggambarkan kualitas tingkat pelayanan yang dialami oleh pengemudi kendaraan. Karakteristik yang terkait dengan arus lalu lintas merupakan volume, kecepatan (*speed*), dan kerapatan (*density*).

### 2. 5.1. Volume

Volume pada lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dan diamati dari suatu ruas jalan selama rentan waktu tertentu. Volume lalu lintas biasanya dinyatakan dengan satuan kendaraan ringan / jam atau skr/jam. Volume lalu lintas biasanya dinyatakan dengan satuan kendaraan/ jam atau kendaraan/ hari (Angraini, 2021).

Untuk mengukur jumlah volume arus lalu lintas menggunakan rumus :

$$V = SM. ekr + KR. ekr + KB. ekr \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

V = Volume Lalu lintas

SM = Sepeda Motor

KR = Kendaraan Ringan

KB = Kendaraan Berat

Untuk menghitung volume rata-rata pada jalan, maka perlu penyeragaman satuan dari tipe-tipe kendaraan yang berbeda, faktor penyeragam ini bernama satuan kendaraan ringan (skr). Acuan dalam skr adalah kendaraan ringan (skr = 1). Nilai ekivalen kendaraan ringan untuk tipe jalan 2/2 UD terdapat dalam tabel berikut ini.



Tabel 3. Ekuivalen Kendaraan Ringan untuk Tipe Jalan 2/2 UD

Tipe Jalan	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	Ekr		
		Kendaraan berat (KB)	Sepeda Motor (SM)	
			Lebar jalur lalu-lintas	
			<6 m	≥6 m
2/2 UD	< 3700	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25

(Sumber: PKJI 2014)

### 2. 5.2. Komponen Lalu Lintas

Komponen lalu lintas merupakan nilai suatu arus lalu lintas yang memunculkan komponen (unsur) sebuah lalu lintas yang menyatakan sebuah arus dalam satuan kendaraan ringan per-jam (PKJI 2014). Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014), komponen lalu lintas dibagi menjadi beberapa kategori diantaranya sebagai berikut :

a. Kendaraan Ringan (KR)

Kendaraan ringan adalah kendaraan bermotor dengan beroda 4, memiliki panjang < 5,5, meter dan dengan lebar 2,1 meter. Contoh kendaraan ringan meliputi sedan, jeep, angkot, oplet, pick-up dsb.

b. Kendaraan Berat (KB)

Kendaraan berat adalah kendaraan bermotor yang memiliki roda lebih dari 4 roda, memiliki panjang > 12 meter dan memiliki lebar  $\pm 2 - 5$  meter. Contoh kendaraan berat meliputi bus tronton, truk trailer, truk gandeng, truk 2 sumbu dsb.

c. Sepeda Motor (SM)

Sepeda motor adalah kendaraan bermotor yang hanya memiliki 2-3 roda saja dengan panjang tidak lebih dari 2,5 meter. Contohnya seperti sepeda motor, bemo, bentor, bajay dsb.

d. Kendaraan Tak Bermotor (KTB)

Kendaraan tak bermotor adalah kendaraan yang tidak menggunakan tenaga motor pada kendaraan ini bergerak menggunakan tenaga

manusia atau hewan. Contoh kendaraan tak bermotor meliputi sepeda, becak, gerobak, dsb.

Adapun nilai ekivalen kendaraan berdasarkan standar perencanaan geometri untuk jalan perkotaan dinamakan satuan kendaraan ringan (skr).

Tabel 4. Nilai EKR Tipe Kendaraan

No	Tipe Kendaraan	Jenis	Nilai EKR
1	Sepeda Motor (MC)	Sepeda Motor	0,5
2	Kendaraan Ringan (LV)	<i>Colt, Pick Up, Station Wagon</i>	1,00
3	Kendaraan Berat (HV)	Bus, Truk	1,30

Sumber: PKJI 2014

## 2.6 Tundaan (D)

Tundaan merupakan waktu tambahan yang diperlukan oleh pengendara untuk menempuh suatu simpang jika dibandingkan dengan pengendara tanpa melalui simpang. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014 (PKJI 2014) tundaan terjadi karena dua hal yaitu pertama tundaan geometri (TG), terjadi karena kendaraan berhenti atau membelok pada suatu simpang sehingga menimbulkan perlambatan dan kecepatan terganggu. Kedua adalah tundaan lalu lintas (LL), terjadi karena interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas yang ditinjau dari tundaan lalu lintas seluruh simpang.

Tundaan adalah durasi dari beda waktu perjalanan dari suatu trip dari satu titik awal ke titik tujuan akhir antara kondisi arus bebas dengan arus yang terhambat. Tundaan merupakan variabel yang sangat penting untuk menentukan kualitas dari pada lalu lintas. Tundaan digunakan sebagai salah satu acuan untuk menentukan tingkat kemacetan suatu lalu lintas jalan makin tinggi nilai durasi tundaan makin besar juga tingkat kemacetan pada ruas jalan tersebut (Alamsyah 2005).

Tundaan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah tundaan akibat hentian (*stopped delay*) akibat kondisi geometri di sekitar perlintasan dimana palang pintu perlintasan ditutup saat kereta api melintas hingga palang pintu tersebut

dibuka kembali. Tundaan akibat hentian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$T = \bar{\chi} \times \bar{n} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

T = Tundaan per menitnya (detik)

$\bar{\chi}$  = Nilai rata-rata waktu gap diterima (detik)

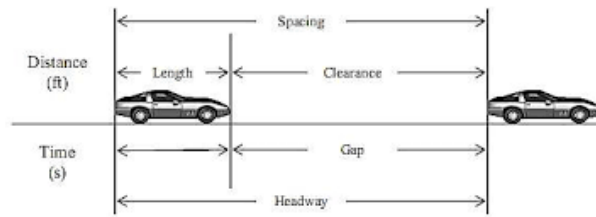
$\bar{n}$  = Rata-rata jumlah kejadian gap diterima per menitnya (kejadian)

Menurut Amal (2003) bahwa rentan waktu penutupan palang pintu pada perlintasan sebidang dilakukan untuk mencari nilai variasi antara penutupan palang pintu dan kendaraan lalu lintas.

## 2.7 Gap Acceptance

Menurut Riati (2015) *Gap* didefinisikan sebagai waktu/jarak antara kendaraan pada arus mayor (utama) yang dipertimbangkan oleh pengemudi pada arus minor yang berharap untuk bergabung kedalam arus mayor. Sedangkan *headway*, didefinisikan sebagai waktu antara 2 kendaraan yang melewati sebuah titik diukur dari bumper depan ke bumper depan kendaraan yang lain yang ada di belakangnya.

Dalam Bona (2019) Teori *gap acceptance* merupakan bagaimana sebuah kendaraan yang akan melakukan gerakan menyebrang atau menyatu pada arus utama menunggu untuk *gap* yang memenuhi kebutuhan pengendara. *Gap acceptance* merupakan kesenjangan minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan perpindahan jalur dengan aman. Di Indonesia sendiri sudah diatur di dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014) tahap untuk menghitung nilai kapasitas simpang tak bersinyal. Hanya dalam PKJI untuk menghitung nilai kapasitas simpang tak bersinyal mengacu pada kondisi geometrik jalan, bukan dengan teori *gap acceptance*. Sedangkan pergerakan memutar jauh lebih kompleks dibanding dengan pergerakan pada simpang tak bersinyal.



Gambar 2. Gap dan headway kendaraan (Sumber : Riati 2015).

Menurut Garber dan Hoel (2009), gerakan yang menjadi awal konsep *Gap Acceptance* adalah :

1. Bergabung (*merging*)  
Merupakan proses dimana kendaraan dari arus lalu lintas sebuah jalan berpindah menuju jalan lain yang arusnya searah.
2. Berpisah (*diverging*)  
Merupakan proses dimana kendaraan dari arus lalu lintas sebuah jalan meninggalkan jalan tersebut menuju arah yang lain.
3. Berpindah jalur (*weaving*)  
Merupakan gerakan dimana kendaraan menyalip dan berpindah jalur.

Konsep *Gap Acceptance* digunakan untuk menentukan nilai kapasitas, tundaan, dan tingkat pelayanan berbagai fasilitas transportasi. Suatu *gap* diterima (disebut dengan *gap acceptance*) jika kendaraan dari jalan samping yang melewati atau masuk ke dalam *gap* antara kedatangan dua kendaraan di jalan utama. Apabila *gap* terlalu kecil, maka pengemudi harus menunggu dan *gap* seperti ini disebut *gap* yang ditolak, dan apabila *gap* yang ada memungkinkan bagi pengemudi untuk bergabung atau memotong dengan selamat, maka *gap* tersebut dinamakan *gap* yang diterima. (Gattis & Low, 1998). Untuk mengetahui nilai *gap* yang ada pada Jl. Perintis Kemerdekaan, dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum(f_i \cdot x_i)}{\sum(x_i)} \dots\dots\dots (5)$$

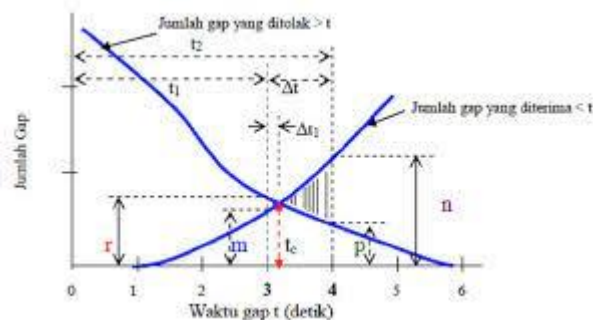
Keterangan :

- $\bar{x}$  = rata-rata waktu *gap acceptance*
- $f_i \cdot x_i$  = waktu *gap* (celah)
- $f_i$  = jumlah kendaraan
- $x_i$  = nilai tengah

## 2.8 Gap kritis

*Gap* kritis (*critical gap*) adalah nilai *headway* minimum arus di jalan utama saat kendaraan dari jalan minor dapat melakukan manuver ke jalan utama (HCM 2000). Besarnya *gap* kritis dapat diketahui dengan mengukur *gap* diterima dan *gap* ditolak oleh pengemudi. Menurut Maengkom (2018) *Gap* kritis (*Critical Gap*) atau rata-rata minimum *time gap* yang dapat diterima, didefinisikan sebagai *gap* yang dapat diterima oleh 50% pengemudi (*Greenshield*) sedangkan *Raff* mendefinisikan sebagai *gap* yang mempunyai jumlah penolakan ( $> t$ ) = jumlah penerimaan ( $< t$ ).

Menurut Riati (2015) pada cara metode grafis, dua kurva kumulatif, salah satunya merupakan yang menghubungkan panjangnya waktu *gap/lag*  $t$  dengan banyaknya *gap* yang diterima kurang dari  $t$  detik, dan yang lainnya menghubungkan  $t$  dengan banyaknya *gap* yang ditolak lebih besar dari  $t$ . Persilangan dua kurva ini memberikan nilai  $t$  untuk *gap* kritis. Dengan menggunakan metode aljabar, pertama adalah mengidentifikasi panjang *gap* dimana *gap* kritis berada diantaranya. Ini dilakukan untuk membandingkan perubahan jumlah *gap/lag* yang diterima lebih kecil dari  $t$  detik untuk panjang *gap* berurutan, dengan perubahan jumlah *gap* yang ditolak lebih besar dari  $t$  detik untuk panjang *gap* berurutan. Panjang *gap* kritis berada diantara kedua panjang *gap* berurutan, dimana perbedaan antara kedua perubahan adalah minimal.



Gambar 3. Kurva distribusi kumulatif untuk gap diterima dan ditolak.  
(Sumber: Nicholas J.G, 2002).

Dari Gambar 3. di atas didapatkan persamaan *gap* kritis :

$$t_c = t_1 + \Delta t \dots \dots \dots (6)$$

Dengan menggunakan sifat-sifat yang sama dengan segitiga,

$$\frac{\Delta t_1}{r - m} = \frac{\Delta t - \Delta t_1}{n - p} \dots \dots \dots (7)$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t (r - m)}{(n - p) + (r - m)} \dots \dots \dots (8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 8 dan 9 didapat persamaan *gap/lag* kritis :

$$t_c = t_1 + \frac{\Delta t (r - m)}{(n - p) + (r - m)} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

$m$  = Jumlah *gap/lag* yang diterima  $< t_1$

$r$  = Jumlah *gap/lag* yang diterima  $> t_1$

$n$  = Jumlah *gap/lag* yang ditolak  $< t_2$

$p$  = Jumlah *gap/lag* yang ditolak  $> t_2$  antara  $t_1$  dan  $t_2 = t_1 + \Delta t$

## 2.9 Panjang Antrean

Panjang antrean adalah jumlah waktu dimana kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi yang antri di belakang kendaraan yang melaju dengan kecepatan rendah selama dalam perjalanan. Antrean dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014), didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang antrean dalam suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrean didefinisikan sebagai panjang antrean kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter. Jumlah kendaraan yang mengalami antrean digambarkan oleh proyeksi vertikal segitiga antrean. Kendaraan pertama yang mengalami antrean adalah kendaraan yang datang setelah pintu ditutup. Semua kendaraan yang datang selama pintu ditutup sama seperti yang datang pada saat pintu dibuka tetapi sebelum terjebak antrean mengalami proses antrean dan dipaksa untuk berhenti atau menurunkan kecepatannya.

Panjang antrean digambarkan oleh jarak vertikal melalui segitiga. Pada saat awal pintu ditutup, panjang antrean meningkat dari nol sampai nilai maksimum di akhir waktu penutupan. Kemudian panjang antrean berkurang sampai garis kedatangan berpotongan dengan garis pelayanan (panjang antrean menjadi nol). Hal ini berlangsung sampai periode waktu penutupan pintu perlintasan kembali.

Terdapat beberapa komponen dalam sistem antrean (Dharmayanto dkk, 2018) diantaranya :

1. Tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) yaitu jumlah kendaraan yang bergerak menuju suatu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu (kend/menit).
2. Tingkat pelayanan ( $\mu$ ) yaitu jumlah kendaraan yang dapat dilayani oleh suatu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu (kend/jam).
3. Waktu pelayanan ( $w_p$ ) yaitu waktu yang diperlukan untuk melayani satu kendaraan (detik/kend).

### 2.9.1. Disiplin Antrean

Disiplin antrean mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. First In First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS) merupakan disiplin antrean yang digunakan dalam penelitian ini. Disiplin antrean FIFO sangat sering digunakan di bidang transportasi di mana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama. Sebagai contoh disiplin FIFO adalah: antrean kendaraan yang terbentuk di depan pintu gerbang tol, atau antrean manusia pada loket pembayaran listrik atau telepon, loket pelayanan bank, dan banyak contoh-contoh lainnya.

### 2.9.2. Parameter Antrean

Menurut Pane (2018) Parameter antrean Terdapat 4 (empat parameter) utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrean, yaitu  $\bar{n}$ ,  $\bar{q}$ ,  $\bar{d}$ , dan  $\bar{w}$ . Definisi dari setiap parameter tersebut adalah :

$\bar{n}$  = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kend/satuan waktu)

$\bar{q}$  = jumlah kendaraan atau orang dalam antrean (kend/satuan waktu)

$\bar{d}$  = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

$\bar{w}$  = waktu kendaraan atau orang dalam antrean (satuan waktu)

Persamaan 10 – 13 berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung  $\bar{n}$ ,  $\bar{q}$ ,  $\bar{d}$ , dan  $\bar{w}$  untuk antrean FIFO.

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu-\lambda)} = \frac{\rho}{(1-\rho)} \dots\dots\dots (10)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu (\mu-\lambda)} = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} \dots\dots\dots (11)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu-\lambda)} \dots\dots\dots (12)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu (\mu-\lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (13)$$

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penelitian yang dapat dijadikan referensi tambahan yaitu :

Zam'aliani Marpaung, (2019) melakukan penelitian untuk menghitung hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan akibat terjadinya penutupan palang pintu kereta api pada lokasi penelitian dan menghitung panjang antrean akibat penutupan palang pintu kereta api pada lokasi penelitian dengan menggunakan metode *shockwave*. Penulis menyimpulkan bahwa volume maksimum dari hasil pengamatan di lapangan diperoleh sebesar 4966 smp/jam yang terjadi pada periode 17.30 – 17.45 WIB Hari Senin arah Selatan ke Utara. Sedangkan volume terbesar saat kereta api melintasi adalah 3573,2 smp/jam pada periode pengamatan 12.30 – 12.45 WIB Hari Senin arah Utara ke Selatan. Nilai kecepatan rata-rata terbesar yaitu 26,38 km/jam pada periode pengamatan 07.45 – 08.00 WIB Hari Rabu arah Utara Selatan. Kerapatan kendaraan yang maksimum sebesar 427 smp/jam pada periode pengamatan 17.45 – 18.00 WIB Hari Senin arah Selatan ke Utara.

Amal (2003) melakukan penelitian untuk mengetahui besarnya tundaan dan panjang antrean kendaraan yang terjadi akibat pengaruh penutupan perlintasan kereta api, melakukan identifikasi karakteristik tundaan dan



panjang antrean yang terjadi akibat variasi penutupan pintu perlintasan kereta api, memformulasikan pengaruh penutupan perlintasan kereta api terhadap tundaan dan panjang antrean kendaraan pada kondisi variasi arus lalu lintas yang ada, mencari model yang sesuai untuk menggambarkan hubungan tundaan dan panjang antrean kendaraan pada masing-masing lajur yang ditinjau. Teknik analisis menggunakan analisis data uji model matematis dan statistik. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa durasi penutupan pintu perlintasan kereta api memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya tundaan dan panjang antrean kendaraan untuk masing-masing lajur pendekat, besarnya tundaan akibat pengaruh penutupan pintu kereta api dari arah malang-surabaya yang terbesar adalah 900 detik / kendaraan yang terjadi di lajur dua, sedangkan dari arah surabaya-malang terbesar adalah 968 detik/ kendaraan yang terjadi di lajur satu, panjang antrean malang-surabaya terbesar 184 meter sedangkan surabaya-malang adalah 164 meter.

Ahmad Arsyad, (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui besarnya erugian biaya operasional kendaraan yang terjadi akibat adanya perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api pada ruas jalan raya mondoro km 10. Penelitian ini menggunakan metode dari MKJI 1997. Hasil analisis Kerugian biaya konsumsi bahan bakar kendaraan akibat tundaan di perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api selama 1 hari adalah Rp 242.725, untuk 1 bulan adalah Rp 7.524.475. Dan total biaya konsumsi bahan bakar kendaraan selama 1 tahun penuh adalah Rp 90.293.700.

Juniardi, (2006) melakukan penelitian untuk mengetahui hubungan potensi kapasitas pergerakan lalu lintas di jalan minor yang berhasil masuk simpang terhadap volume konflik lalu lintas di simpang tak bersinyal. Penelitian ini menggunakan metode dari MKJI 1997 dan *Gap Acceptance*. Penulis menyimpulkan bahwa perilaku pengemudi di simpang Tunjung dengan volume lalu lintas yang lebih ramai banyak yang tidak menunggu celah hal ini dilihat dari nilai *lag* simpang Tunjung (2,70 det.) lebih kecil dari nilai *lag* simpang Timoho (2,94 det), selisih waktu kendaraan saling berpotongan di simpang sebesar 0,92 detik sampai 3,36 detik.

Hadis (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui besarnya tundaan dan panjang antrean akibat penutupan pintu pada masing-masing jalur dan mengetahui besarnya konsumsi bahan bakar kendaraan pada masing-masing jalur pendekat perlintasan akibat penutupan pintu perlintasan kereta api. Teknik analisis menggunakan analisis regresi linier. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa lama tundaan dan panjang antrean rata-rata yang terjadi pada Jalan Urip sumaharjo sebesar 429.647 detik dan 74.171 meter, dan besar tundaan dan panjang antrean Jalan HOS Cokroaminoto sebesar 257.763 detik dan 76.654 meter. Dan konsumsi BBM rata-rata akibat tundaan pada penutupan perlintasan kereta api sebesar 0,167 liter/smp atau sebesar 167,085 cc/smp.

Suwardi, dkk (2006) melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat pelayanan, menganalisis besar tundaan (delay), antrean, besar kerugian saat kereta api melintas. Teknik analisis menggunakan metode analisis deskriptif. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tingkat pelayanan di Ledok Sari rata-rata C dan B, besar tundaan delay saat kereta api melintas rata-rata 178,85 detik, jumlah antrean ke arah selatan rata-rata 36.5 smp/lintasan, ke arah utara 39.0 smp/lintasan, jumlah tundaan ke utara dan selatan 239.34 smp jam/hari atau 86162.4 smp jam/tahun. Kerugian waktu bila dihitung dengan rupiah sebesar Rp. 3.446.498.000,-/tahun, kerugian BBM Rp. 39.317.400,-/tahun, kerugian waktu dan BBM sebesar Rp. 3.485.815. 400/tahun. Dalam kurun waktu 10 tahun kerugian sebanyak Rp. 34.858.154.000/10 tahun.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini yaitu di perlintasan kereta api dua lajur yang berada di Jalan Perintis Kemerdekaan, Kota Bandar Lampung. Karena adanya perlintasan kereta api di jalan tersebut, antrean kendaraan dari kedua arah Jalan Perintis Kemerdekaan – Jalan Gatot Subroto kerap terjadi kemacetan ketika kereta api melintas terutama dalam jam sibuk (*peak hour*) dimana volume kendaraan cukup tinggi.

Berikut peta lokasi penelitian pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi penelitian (Sumber : *Google Eart*).

#### 3.2 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan dalam kurun waktu satu hari yaitu pada hari Rabu. Dalam satu hari dilakukan pengamatan pada jam sibuk (*peak hours*) yaitu :

1. Pencatatan arus lalu lintas kendaraan dilakukan untuk mendapatkan

data waktu tundaan dan panjang antrean, pada saat jam sibuk (dimana terdapat volume lalu lintas padat/maksimum), yaitu di pagi hari (pukul 07.00 –09.00 WIB) dan sore hari (pukul 15.30 – 17.30 WIB).

2. Pengambilan data dilakukan pada waktu mulai memasuki jam sibuk (*peak hour*) pada saat palang pintu kereta api dibuka dan ditutup.

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan secara bertahap dalam proses penelitian, pengolahan data maupun penulisan karena hal itu sangat penting dalam proses menyelesaikan penelitian. Adapun aspek yang mendukung dalam studi literatur yaitu memahami buku yang membahas tentang *Gap Acceptance* maupun jurnal dan penelitian tentang menganalisis tundaan serta teori dasar lalu lintas yang berguna untuk menambah wawasan dan pengetahuan yang berhubungan dengan penelitian ini.

### 3.4 Survei Pendahuluan

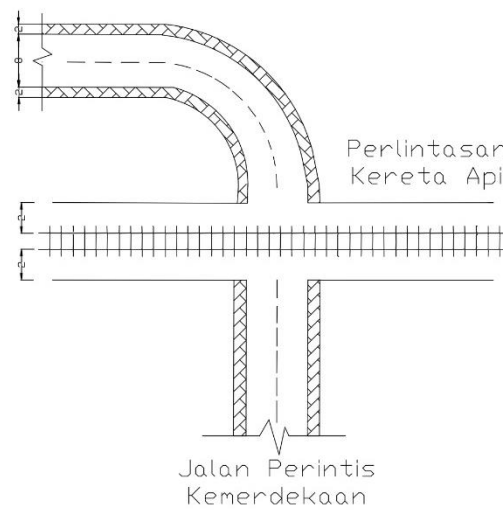
Sebelum dilakukan penelitian yang sebenarnya, terlebih dahulu dilakukan survei pendahuluan untuk mengamati lokasi penelitian, penentuan titik untuk proses pengamatan, mengetahui informasi dan kondisi di lokasi penelitian. Lokasi Penelitian dalam penelitian ini adalah Jalan Perintis Kemerdekaan.

Adapun tujuan dilakukannya survei pendahuluan yaitu :

- a. Menentukan lokasi pengamatan pada saat survei sebenarnya.
- b. Penentuan batasan pengamatan di ruas Jalan Perintis Kemerdekaan sebelum dan sesudah perlintasan kereta api.
- c. Menentukan lokasi dan jam yang sesuai untuk volume lalu lintas, *lag/gap* dan panjang antrean.

### 3.5 Teknik Pelaksanaan Survei

Setelah melakukan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi aktual, selanjutnya ialah tahap pengambilan data penelitian. Sebelumnya terlebih dahulu dilakukan pembuatan tanda pembatas pada ruas jalan menggunakan cat semprot serta dibutuhkan seorang pilot yang mengoperasikan *drone camera* untuk merekam kondisi lalu lintas di lokasi penelitian. Untuk sketsa ruas jalan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sketsa ruas jalan.

### 3.6 Pengambilan Data

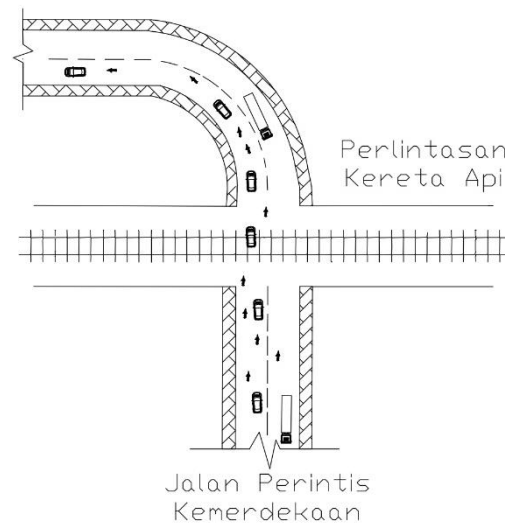
Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer atau data lalu lintas yang diambil adalah volume (arus lalu lintas), panjang antrean, durasi penutupan palang pintu kereta api dan *lag/gap*. Pengumpulan data lalu lintas bermaksud untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik lalu lintas.

Data primer yang diambil saat melakukan survei lapangan seperti :

#### 1) Volume Lalu Lintas

Pengambilan data volume dilakukan dengan cara mengambil sampel pada interval waktu 5 menit selama 2 jam dalam kondisi tidak ada kereta dan saat ada kereta lewat proses penghitungan menggunakan alat *hand*

*counter*. Suatu sampel diambil dengan cara mencatat jumlah kendaraan yang berada di depan (mendahului) kendaraan yang ditinjau. Pencatatan dimulai saat sampel tertinjau mulai memasuki segmen sipatan paling awal.



Gambar 6. Ilustrasi pergerakan kendaraan.

Volume Lalu lintas ini dimaksudkan mendapatkan volume kendaraan yang melintas di lokasi penelitian. Survei ini dilakukan dengan cara merekam kondisi arus lalu lintas menggunakan *drone* dan melakukan penghitungan jumlah kendaraan yang melintas di titik pengamatan berdasarkan klasifikasi kendaraan sebagai berikut :

a. Kendaraan ringan (*light vehicle*)

Kendaraan ringan terdiri dari kendaraan bermotor beroda 4 termasuk mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, mikro truck.

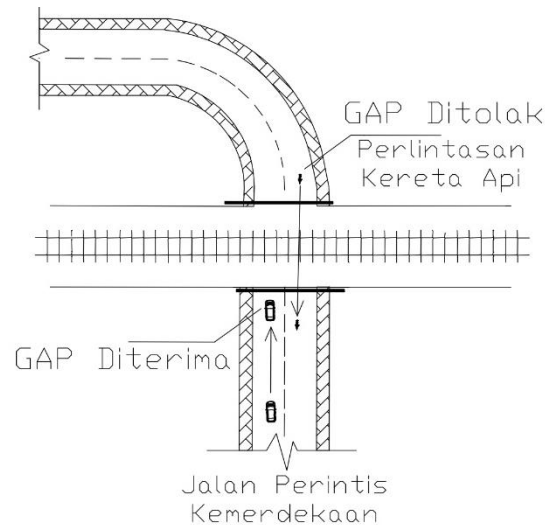
b. Kendaraan berat (*heavy vehicle*)

Kendaraan berat terdiri dari kendaraan bermotor yang mempunyai lebih dari 4 roda termasuk bus truk 2 gandar dan kombinasi truk lainnya.

c. Sepeda motor (*motor cycle*)

Sepeda motor terdiri dari kendaraan bermotor beroda 2 atau 3 termasuk sepeda motor dan kendaraan roda 3 lainnya.

## 2) Lag/Gap



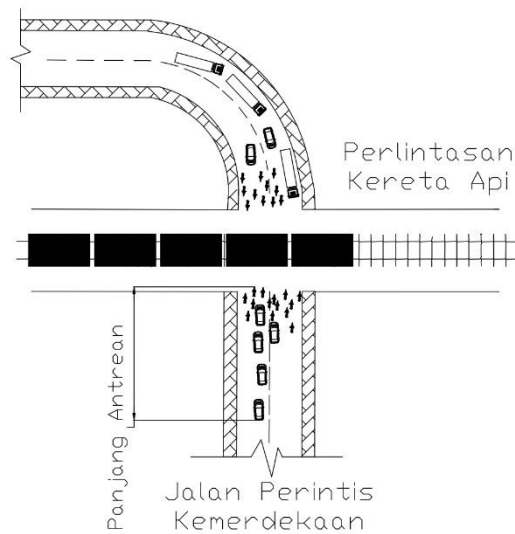
Gambar 7. Ilustrasi kejadian gap.

Data *gap* yang didapatkan berupa data *gap* diterima (*gap acceptance*) dan data *gap* ditolak (*gap rejection*). *Gap* diterima (*gap acceptance*) adalah kondisi ketika kendaraan berhenti pada saat sirine penutupan palang pintu berbunyi pertama kali sampai palang pintu sedangkan *gap* ditolak (*gap rejection*) adalah kondisi ketika kendaraan melintasi perlintasan rel kereta api pada saat sirine penutupan palang pintu berbunyi pertama kali sampai palang pintu.

Tahapan untuk mendapatkan waktu *gap* dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Setelah dilakukan perekaman dengan menggunakan *drone* selanjutnya melakukan identifikasi data waktu *gap* yang terjadi.
- b. Selanjutnya mencatat setiap waktu *gap* yang terjadi kedalam formulir survei, dan diteruskan dengan tahap analisis.
- c. Nilai waktu *gap* ada yang nantinya akan diolah untuk mencari nilai *gap* kritis yang digunakan untuk mencari nilai kapasitas putaran balik.

### 3) Panjang Antrean



Gambar 8. Ilustrasi kejadian panjang antrean.

Panjang antrean diukur dari stop line *bumper* mobil terdepan sampai kendaraan terakhir dalam antrean pada masing-masing jalur. Kendaraan terakhir dalam antrean diartikan sebagai kendaraan terakhir yang berhenti dalam kendaraan stationer. Panjang antrean dihitung berdasarkan tanda yang ditempatkan tiap interval 5 meter pada badan jalan.

Tahapan yang dilakukan dalam survei ini adalah sebagai berikut :

- a. Merekam kendaraan yang mulai berhenti ketika palang pintu kereta api mulai tertutup.
- b. Saat kereta api melintas, kemudian dilakukan pengukuran panjang antrean.

### 4) Durasi Palang Pintu Perlintasan Kereta Api

Pengambilan durasi palang pintu perlintasan kereta api dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Penghitungan durasi penutupan palang pintu dimulai ketika alarm penutupan berbunyi pertama kali.
- b. Penghitungan durasi penutupan palang pintu berakhir ketika palang pintu mulai terbuka kembali hingga berada dalam posisi tegak.
- c. Melalui tahapan b dan c maka didapat data durasi penutupan palang pintu kereta api.



- d. Tahapan diatas diulang setiap kali ketika ada kereta yang hendak melintas dalam waktu pengamatan.

### 3.7 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk memperlancar pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Hand counter* yang digunakan untuk menghitung volume kendaraan.
2. *Stopwatch* untuk menghitung waktu tundaan kendaraan.
3. *Drone camera* digunakan untuk merekam kendaraan yang melintasi titik pengamatan.
4. Meteran dipergunakan untuk menghitung panjang antrean kendaraan.
5. Laptop atau *software* untuk mengolah data dari hasil survei.

### 3.8 Analisis Data

Maksud dari analisis data itu sendiri adalah untuk mendapatkan data yang dibutuhkan sebagai bahan masukan (*input*) pada tahap pengelolaan data.

Untuk menganalisis data yang didapat dari hasil survei yaitu :

#### 1) Analisis Volume lalu lintas

Analisis volume didapat melalui kendaraan pada saat melewati ruas jalan dengan mencatat waktu per 5 menit akibat tundaan yang terjadi dapat menimbulkan kemacetan. Kemudian mencatat hasil ke dalam tabel berdasarkan klasifikasi kendaraan yang ada di PKJI 2014.

#### 2) Analisis *Gap*

Analisis *Gap* didapat melalui data jumlah *gap/lag* yang diterima dan data jumlah *gap /lag* yang ditolak. *Gap* diterima dan ditolak ini sendiri muncul dikarenakan reaksi pengemudi yang bervariasi. Pengemudi dengan kecepatan rendah akan menolak beberapa *gap* sebelum menerima suatu celah (*gap*), dan pengemudi dengan kecepatan yang tinggi

mempunyai kecenderungan menolak *gap* lebih sedikit sebelum menerima celah (*gap*) yang dianggap aman.

### 3) Analisis Tundaan

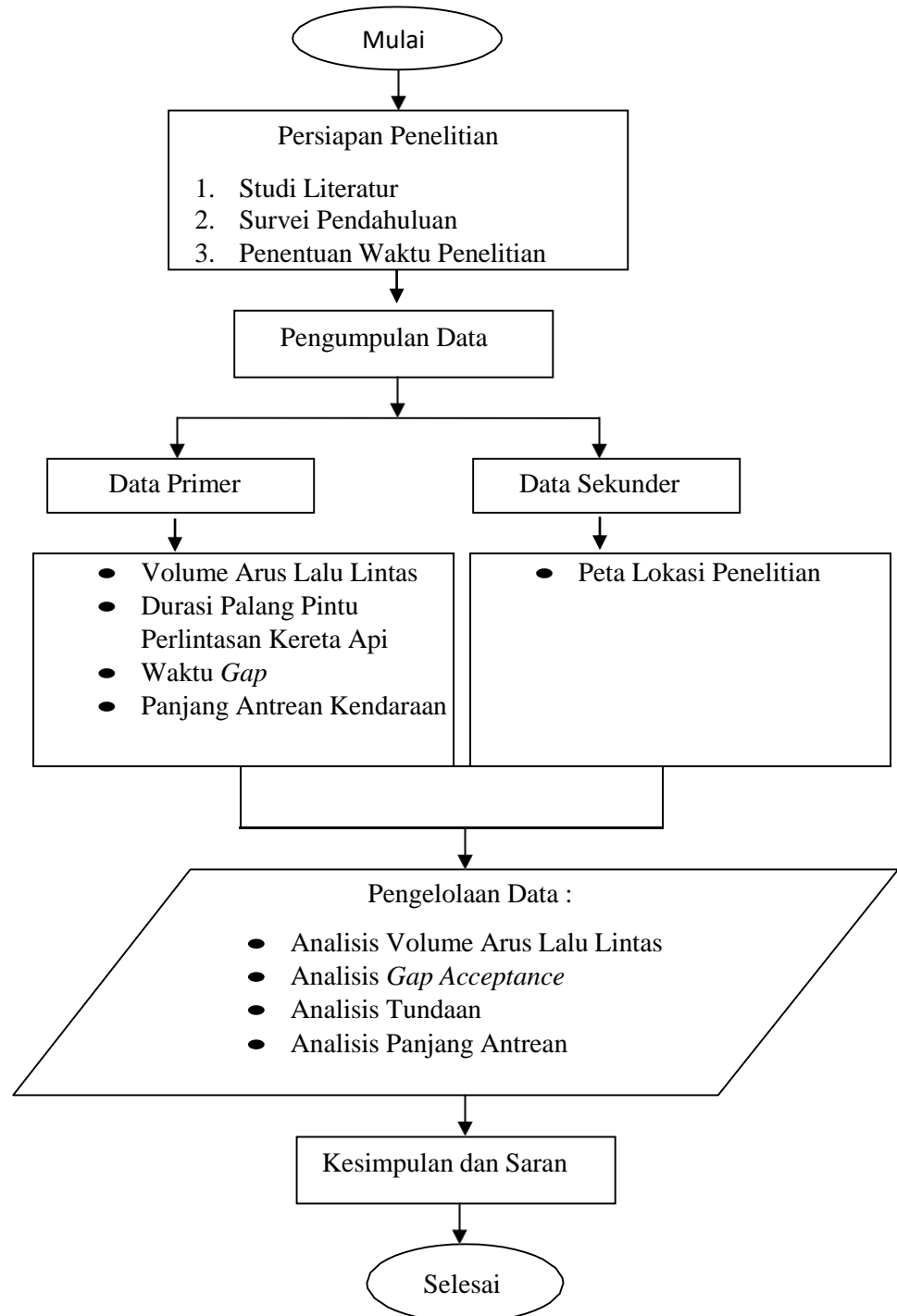
Analisis tundaan dilakukan untuk melihat perilaku kendaraan yang menunggu pada saat melintasi pelintasan kereta api akibatnya terjadi konflik lalu lintas dimana kendaraan melakukan gerakan *crossing* ataupun *merging*. Sehingga dapat menimbulkan kemacetan di Jalan Perintis Kemerdekaan - Jalan Gatot Subroto.

### 4) Analisis Panjang Antrean

Analisis panjang antrean dilakukan untuk melihat jumlah kendaraan yang antre dalam suatu pendekatan lajur dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan kendaraan ringan (skr).

### 3.9 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir penelitian.

## **V. KESIMPULAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Gap yang terjadi pada perlintasan sebidang ini secara berturut-turut gap diterima pada pagi hari yaitu sebesar 20,45 detik dan 20,21 detik pada sore hari sedangkan gap ditolak pada pagi hari yaitu sebesar 16,04 detik dan 14,90 detik pada sore hari dan gap kritis pada pagi hari yaitu sebesar 10,00 detik dan 9,50 detik pada sore hari.
2. Tundaan yang terjadi menjelang penutupan palang pintu perlintasan pada pada pagi hari sebesar 433,84 detik dan 388,55 detik. Tundaan yang terjadi pada sore hari sebesar 372,53 detik dan 382,37 detik.
3. Kesesuaian antara kedua panjang antrean pada saat pengamatan dan hasil analisis dengan metode FIFO, nilai tersebut masih dalam taraf dapat diterima dimana perbedaan nilai dari kedua variabel di dapatkan sebesar 5 meter untuk pagi hari dan 13 meter untuk sore hari.

### **5.2 Saran**

1. Perbaiki sistem kontrol palang pintu menjadi sistem yang otomatis sehingga durasi penutupan dan pembukaan palang pintu menjadi lebih singkat dan perilaku pengendara untuk menerobos palang pintu kereta api dapat berkurang.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait tundaan akibat adanya perlintasan kereta api yang memiliki karakteristik berbeda dan menambahkan beberapa variabel penelitian.
3. Pemasangan rambu lalu lintas seperti tanda dilarang berhenti, dan tanda dilarang parkir, pada ruas jalan agar tidak terjadi kemacetan di ruas pintu perlintasan kereta api.

4. Perlu adanya kesadaran pengendara sepeda motor untuk tidak melawan arah pada saat menunggu pintu perlintasan dibuka sehingga menyebabkan *weaving conflict*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A. A. (2005). *Rekayasa Lalu Lintas, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.*
- Amal, A.S. (2003). *Pengaruh Penutupan Pada Jalan Raya Malang-Surabaya KM.10.* Theses s-2 Universitas Diponegoro. Semarang.
- Angraini, S. (2021). *Perilaku Tundaan Aibat Simpang Sebidang di Perlintasan Kereta Api (Studi Kasus Jl. Hos. Cokroaminoto, Kebon Jahe, Tanjung Karang Bandar Lampung.*
- Anonim. 2012. "Persimpangan" <http://id.wikipedia.org/wiki/Persimpangan> (Diakses 19 Mei 2021, Pukul 01.01 Wib).
- Arsyad, A. (2017). *Studi Analisis Tundaan, Antrian dan Biaya Operasional Kendaraan Akibat Perlintasan Sebidang Jalan dengan Rel Kereta Api pada Ruas Jalan Malang – Surabaya KM.10.*
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. 2009. *Traffic and highway engineering.* Cengage Learning.
- Hadis, C.S. (2013). *Hubungan Tundaan dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Akibat Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api (Studi kasus perlintasan kereta api di surakarta).* Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Juniardi, J. (2006). *Analisis Arus Lalu Lintas Di Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Timoho dan Simpang Tunjung di Kota Yogyakarta)* (Doctoral dissertation, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro).
- Lampung, U. 2020. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung. Universitas Lampung. Lampung, 65.*
- Latifah, A., Putra, S., & Herianto, D. (2019). *Kajian Rekayasa Lalu Lintas Pasca Dibangunnya Fly Over Kemiling, Bandar Lampung. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, 7(3), 451-462.*

- Marpaung, Z. A. (2019). *Analisis Panjang Antrian Akibat Palang Pintu Kereta Api (Studi Kasus Jalan apten Muslim Kota Medan)*.
- P. Gultom Bona. (2019). *Pengaruh Buka-an (U-Turn) di Ruas Jalan ZA Pagar Alam Terhadap Kinerja Lalu-Lintas (Studi Kasus U-Turn di Depan Wisma Bandar Lampung, Lampung)*.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2011. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2011 *Tentang Perpotongan dan Persinggungan Antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain*. Jakarta.
- Perhubungan, D. 2005. *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: SK. 770/KA. 401/Drjd/2005 Tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan Dengan Jalur Kereta Api*. Jakarta: Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.
- Puspitasari, R. (2016). *Analisis Tundaan Akibat Penutupan Palang Pintu Kereta Api (Studi Kasus Segmen Ruas Jalan Simping Urip Sumaharjo – Kimaja)*.
- Rizkiana, E. (2005). *Analisis Tingkat Pelayanan Ruas Jalan dan Persimpangan Bersinyal Jalan Ahmad Yani Kartasura Kabupaten Sukoharjo*. Jurnal Teknik Sipil.
- Soedirdjo, Titi Liliani. (2002). *Rekayasa Lalu Lintas*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Soesilowati, E. (2008). *Dampak Pertumbuhan Ekonomi Kota Semarang Terhadap Kemacetan Lalu Lintas Di Wilayah Pinggiran Dan Kebijakan yang Ditempuhnya*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Suwardi, dkk. (2006). *Analisis Lalu-lintas Pertemuan Jalan Raya Dengan Lintasan Kereta Api Ledok Sari Di Surakarta*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Tentero, R., Timboeleng, J. A., & Rumayar, A. L. (2015). *Kebutuhan Fasilitas Penyeberangan Jalan Berdasarkan Gap Kritis Pada Ruas Jalan Wolter Monginsidi Depan Freshmart Bahu Mall Manado*. Jurnal Sipil Statik.
- Undang Undang Nomor 38 Tahun 2004, Tentang Jalan.