

**ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA BUNDARAN  
PERSIMPANGAN TUGU LUBUK PAKAM MENGGUNAKAN  
METODE PKJI 2023**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**REYNALDI SIREGAR  
218110048**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 13/2/26

Access From (repository.uma.ac.id)13/2/26

**ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA BUNDARAN  
PERSIMPANGAN TUGU LUBUK PAKAM MENGGUNAKAN  
METODE PKJI 2023**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**Oleh:**

**REYNALDI SIREGAR  
218110048**




**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Rey Naldi Siregar - Analisis Kinerja Lalu Lintas pada Bundaran Persimpangan .....

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Lalu Lintas Bundaran Pada Persimpangan  
tugu lubuk pakam  
Nama : Reynaldi Siregar  
NPM : 218110048  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

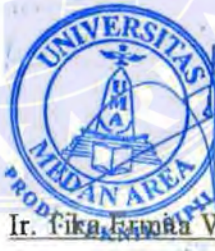
  
Hermansyah S.T., M.T

Pembimbing



Ir. Eng. Supriatno, ST., MT

Dekan



Ir. Fika Ermala Wulandari, S.T., M.T

Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 8 September 2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 13/2/26

iii

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 13/2/26

**HALAMAN PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reynaldi Siregar  
NPM : 218110048  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Bundaran Persimpangan Tugu Lubuk Pakam. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 8  
September 2025 Yang  
menyatakan



(Reynaldi Siregar)



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Onan Hasang Pada tanggal 05 Oktober 2003 dari Ayah Parmian Siregar dan Ibu Restini Sinaga Penulis merupakan putra ke 3 dari 3 bersudara. Tahun 2021 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Pahae Julu dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2024 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Rumah Susun Polda Sumatera Utara.



## ABSTRAK

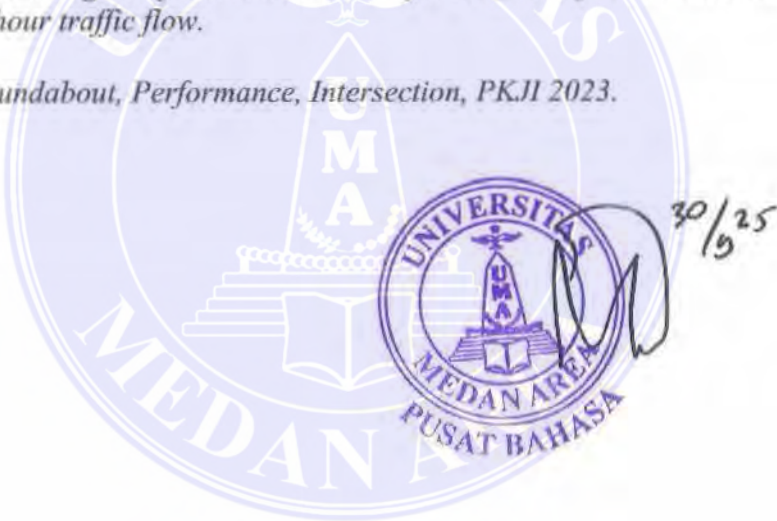
Studi kasus di simpang tugu timbangan lubuk pakam pada hakikatnya dilatar belakangi oleh kinerja simpang tersebut, dimana jenis kendaraan yang melewati simpang terdiri dari berbagai macam kendaraan seperti becak, sepeda, sepeda motor, mobil, bus, dan lain-lain. Hal tersebut perlu mendapat perhatian karena ramainya arus lalu lintas yang terjadi sehingga menyebabkan kemacetan terutama pada jam-jam sibuk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa, pengaruh simpang tak bersinyal dengan bundaran terhadap kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian yang terjadi pada simpang tugu timbangan lubuk pakam. Metode penelitian yang digunakan dalam pengambilan data adalah penelitian dan pencatatan secara langsung di lapangan. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari hasil instansi terkait. Sebagai dasar penyelesaian atau analisa data digunakan rumusan yang terdapat pada pedoman kapasitas jalan Indonesia(PKJI) tahun 2023 untuk mengetahui tingkat pelayanan simpang. Adapun hasil analisis menunjukkan bahwa dari survey tingkat kelayakan simpang Jalan tugu timbangan ini masih cukup baik dalam melayani arus lalu lintas Hal ini dapat menunjukan dengan nilai Derajat kejenuhan  $0.39 \leq 0,75$  untuk setiap bagian jalinannya pada arus lalu lintas jam puncak.

**Kata kunci:** Bundaran, Kinerja, Persimpangan, PKJI 2023.

ABSTRACT

*A case study at the Lubuk Pakam Timbangan monument intersection is essentially based on the performance of the intersection, where the types of vehicles passing through consist of various vehicles such as rickshaws, bicycles, motorcycles, cars, buses, and others. This needs attention because the heavy traffic flow that occurs causes congestion, especially during peak hours. The purpose of this research is to determine and analyze the effect of an unsignalized intersection with a roundabout on capacity, degree of saturation, delay, and queue probability that occurs at the Lubuk Pakam Timbangan monument intersection. The research method used in data collection was direct observation and recording in the field. The types of data used were primary data and secondary data. Primary data were obtained from direct field observations, while secondary data were obtained from relevant agencies. As the basis for data analysis, the formulas contained in the Indonesian Road Capacity Guidelines / Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 were used to determine the level of service at the intersection. The results of the analysis showed that from the feasibility survey, the Lubuk Pakam Timbangan monument intersection was still quite good in serving traffic flow. This shows with a degree of saturation value of  $0.39 \leq 0.75$  for each section of its lanes at peak hour traffic flow.*

**Keywords:** Roundabout, Performance, Intersection, PKJI 2023.





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat karunia dan rahmat-Nya, laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Skripsi ini berjudul “Analisis Kinerja Lalu Lintas Bundaran Pada Persimpangan Tugu Lubuk Pakam ”. Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai kepada: Ibu Ir. Tika Ermita, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan peneliti dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi.

Skripsi ini Penulis persembahkan kepada Kedua orang tua saya tercinta Parmian Siregar dan Restini Sinaga yang telah memberikan dukungan dan doa tak terhingga sejak awal masuk kuliah hingga saat proses penulisan skripsi selesai. Terima kasih atas semua cinta dan kasih yang telah kalian berikan kepada Penulis. Tak kalah istimewanya ucapan terimakasih Penulis sampaikan kepada dua saudara kandung Penulis. Buat kakak tercinta saya yaitu Mariaa siregar, Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan, doa dan yang selalu banyak membantu penulis, menemani, memberi semangat, motivasi dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini. Kepada Murin Nainggolan(anak tetangga penulis) yang telah membantu Penulis dalam mengerjakan skripsi penulis serta memberikan semangat sampai terselesaikannya skripsi ini. Teruntuk Rekan juang sipil 21 Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang telah kita lewati bersama, merupakan kenangan yang tak terlupakan. Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan banyak manfaat untuk dunia pendidikan terutama dalam bidang Teknik Sipil.

Medan

08/09/2025

Penulis



Reynaldi Siregar



## DAFTAR ISI

### Halaman

COVER .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi

BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Peneliti terdahulu .....	4
2.2 Bundaran .....	5
2.2.1 Konsep Bundaran .....	6
2.2.2 Tipe Bundaran.....	7
2.2.3 Pemilihan Tipe Bundaran .....	9
2.2.4 Karakteristik Bundaran.....	11
2.2.5 Perencanaan Bundaran .....	12
2.3 Bagian jalinan.....	13
2.4 Persimpangan .....	16
2.4.1 Jenis persimpangan.....	18
2.4.2 Arus Lalu Lintas Untuk Persimpangan .....	19
2.4.3 Arus Jenuh Persimpangan.....	20
2.4.4 Pengaturan Persimpangan.....	21
2.4.5 Tujuan Pengaturan Simpang .....	22
2.5 Volume Lalu Lintas .....	23
2.5.1 Lalu Lintas Harian Rata Rata ( LHR ).....	24
2.5.2 Karakteristik Volume Lalu Lintas.....	25
2.6 Jalan Perkotaan.....	26
2.6.1 Karakteristik Geometrik Jalan Perkotaan .....	26
2.7 Hambatan Samping.....	28
2.8 Rasio Jalinan Bundaran.....	29
2.9 Kapasitas Bundaran .....	30
2.9.1 Kapasitas Dasar .....	30
2.10 Derajat Kejenuhan .....	31
2.11 Tundaan .....	32

2.11.1	Tundaan Tetap.....	32
2.11.2	Tundaan Operasional.....	32
2.12	Peluang Antrian.....	34
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
3.1	Tahapan Persiapan.....	35
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	35
3.3	Rancangan Penelitian.....	36
3.4	Metode Survey .....	37
3.5	Pengumpulan Data.....	37
3.5.1	Pengolahan Dan Analisis Data.....	40
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1	Pengolahan Data.....	41
4.1.1	Hambatan Sampling.....	41
4.1.2	Geometri Bundaran.....	42
4.2	Perhitungan arus masuk bagian jalinan.....	45
4.3	Kapasitas.....	45
4.3.1	Kapasitas dasar .....	45
4.3.2	Kapasitas sesungguhnya.....	46
4.4	Derajat kejenuhan.....	47
4.5	Tundaan .....	47
4.6	Tundaaan lalu lintas bundaran.....	48
4.6.1	Tundaan bundaran.....	48
4.6.2	Peluang antrian .....	48
4.7	Pembahasan.....	49
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>50</b>
5.1	Kesimpulan .....	50
5.2	Saran.....	50
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>56</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tipe Bundaran .....	8
Gambar 2 Bagian Jalinan Bundaran.....	15
Gambar 3 Bagian Jalinan Tunggal.....	15
Gambar 4 Jenis jenis Pergerakan.....	17
Gambar 5 Lokasi Penelitian.....	36
Gambar 6 Bagan Alir Penelitian.....	36





## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Defenisi Tipe Bundaran .....	8
Tabel 2	Ukuran Kinerja .....	13
Tabel 3	Rentang Variasi Data.....	14
Tabel 4	Nilai Emp .....	19
Tabel 5	Faktor penyesuaian ukuran kota .....	21
Tabel 6	Ekivalen mobil penumpang jalan perkotaan terbagi .....	26
Tabel 7	Efisiensi Hambatan Samping .....	29
Tabel 8	Frekuensi Hambatan Samping.....	41
Tabel 9	Geometri Bundaran .....	42
Tabel 10	Perhitungan Arus Lalulintas.....	42
Tabel 11	Perhitunga Arus Lalulintas.....	43
Tabel 12	Volume Lalulintas Jam Puncak .....	44
Tabel 13	Volume Lalulintas Jam Puncak .....	44
Tabel 14	Arus Masuk Jalinan.....	45
Tabel 15	Kapasitas Sesungguhnya Masing Masing Jalinan .....	46
Tabel 16	Perhitungan Volume dan Derajat Kejenuhan.....	47



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Bundaran (*roundabout*) merupakan salah satu jenis pengendalian persimpangan yang umumnya dipergunakan pada daerah perkotaan dan luar kota sebagai titik pertemuan antara beberapa ruas jalan dengan tingkat arus lalu-lintas relatif lebih rendah dibandingkan jenis persimpangan bersinyal maupun persimpangan tidak bersinyal.

Pada umumnya bundaran dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari kiri) digunakan di daerah perkotaan dan pedalaman bagi persimpangan antara jalan, dengan arus lalu-lintas sedang. Pada arus lalu-lintas yang tinggi dan kemacetan pada daerah keluar simpang, bundaran tersebut mudah terhalang, yang mungkin menyebabkan kapasitas terganggu pada semua arah.

Bundaran paling efektif jika digunakan untuk persimpangan antara jalan dengan ukuran dan tingkat arus yang sama. Karena itu bundaran sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur atau empat lajur. Untuk persimpangan antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun. Meskipun dampak lalu-lintas bundaran berupa tundaan selalu lebih baik dari tipe simpang yang lain misalnya simpang bersinyal, pemasangan sinyal masih lebih disukai untuk menjamin kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan dalam keadaan arus jam puncak.

Perencanaan simpang berbentuk bundaran merupakan bagian dari perencanaan jalan raya yang amat penting. Pada bundaran terjadi konflik antara

kendaraan yang berbeda kepentingan, asal maupun tujuan. Berkaitan dengan hal tersebut perencanaan bundaran harus direncanakan dengan cermat, sehingga tidak menimbulkan akses yang lebih buruk, misalnya kemacetan lalu-lintas. Kemacetan lalu-lintas menimbulkan kerugian yang lebih besar yaitu biaya yang makin tinggi akibat pemborosan bahan bakar, polusi udara, kebisingan dan keterlambatan arus barang dan jasa.

Bundaran Tugu Lubuk Pakam merupakan salah satu bundaran penting di Kota Medan, yang melayani arus lalu lintas dari Jl.Medan – Pematang siantar. Tingginya volume lalu-lintas yang melewati Citraland ini menyebabkan terjadinya kemacetan atau pertemuan kendaraan yang cukup semrawut dari berbagai arah jalan, Jl.medan – pematang siantar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penyusun akan mencoba menganalisis kinerja bundaran Tugu Lubuk Pakam tersebut. Diharapkan dengan adanya penelitian kinerja bundaran pada bundaran Tugu Lubuk Pakam penyusun dapat menemukan solusi untuk mengatasi konflik yang terjadi pada arus bundaran lalu-lintas tersebut. Sehingga dapat menghindari kemacetan yang lebih besar akibat dari volume kendaraan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi:

- a. Bagaimana kinerja pada Bundaran Lubuk Pakam pada kondisi saat ini?
- b. Bagaimana Kelayakan Bundaran Lubuk Pakam pada kondisi lalu lintas saat ini?

- c. Hambatan samping apa saja yang mempengaruhi pergerakan di bundaran itu?

### 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian yaitu:

- a. Mengetahui kelayakan bundaran Lubuk Pakam pada kondisi lalu-lintas saat ini.
- b. Mengetahui tingkat pelayanan bundaran tersebut.

Adapun tujuan dari Penelitian untuk mengetahui bagaimana kinerja pada bundaran Lubuk Pakam dalam melayani lalu lintas.

### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan ini lingkup yang digunakan adalah: Menganalisis kinerja Bundaran Tugu Timbangan Lubuk Pakan berdasarkan pedoman PKJI 2023

### 1.5 Manfaat Penelitian

Memberi informasi aktual untuk penerapan infrastruktur rekayasa lalu-lintas bundaran dan memberikan informasi keilmuan di bidang Teknik sipil, khususnya transportasi, seperti kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan kinerja bundaran.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Peneliti Terdahulu**

1. Tri Sudibyo<sup>1\*</sup>, Erizal<sup>1</sup>, Purwo Mahardi<sup>2</sup>(2019)

Dengan judul Analisis Kinerja Rencana Bundaran dengan pendekatan simulasi mikro. Dalam penelitian ini dilakukan pembangunan model lalu lintas dalam skala mikro untuk menganalisis perbedaan kinerja diantara dua rekayasa yang dilakukan pada wilayah studi. Wilayah studi pada penelitian ini adalah simpang Indobaso, Cimahpar, Bogor Utara, Kota Bogor, dengan pengambilan data dilakukan pada bulan Desember 2018 Model mikro dibangun pada aplikasi Aimsun, untuk diperoleh prediksi perubahan kinerja lalu lintas pada jaringan jalan yang dikaji sesuai batas wilayah studi.

2. Weka Indra Dharmawan (2016)

Jenis penelitian ini adalah menggunakan metode survey. Karena penelitian ini merupakan kegiatan penyelidikan untuk memperoleh fakta – fakta dari gejala-gejala yang diketahui, mencari informasi secara faktual, mengumpulkan data untuk dievaluasi dengan melakukan perbandingan-perbandingan.

3. ANDIKA DIARSA PUTRA, OKA PURWANTI (2019)

Pengumpulan data untuk penelitian ini menggunakan metode survei dengan melakukan pengamatan langsung kondisi eksisting di lapangan. Data yang didapat dari survei langsung di lapangan adalah data volume lalu lintas dan arah pergerakan, data geometrik bundaran, dan data kondisi lingkungan.

## 2.2 Bundaran

Pada umumnya bundaran dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari kiri) digunakan di daerah perkotaan dan pedalaman bagi simpang antara jalan dengan arus lalu lintas sedang. Pada arus lalu lintas yang tinggi dan kemacetan pada daerah keluar simpang, bundaran tersebut mudah terhalang yang memungkinkan menyebabkan kapasitas terganggu pada semua arah. Di daerah perkotaan dengan arus pejalan kaki yang tinggi menyebrang bundaran jalan yang tidak sebidang (jembatan dan terowongan) disarankan untuk memberikan keselamatan bagi pejalan kaki.

Bundaran paling efektif jika digunakan untuk simpang antara jalan dengan ukuran dan tingkat arus yang sama. Karena bundaran sangat sesuai untuk simpang antara jalan dua lajur atau empat lajur. Untuk simpang antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun. Meskipun dampak lalu lintas berupa tundaan selalu lebih baik dari tipe simpang yang lainnya misalnya simpang bersinyal, pemasangan sinyal masih lebih disukai untuk menjamin kapasitasnya dapat dipertahankan, bahkan dalam keadaan arus jam puncak. Perubahan dari simpang bersinyal atau tak bersinyal menjadi bundaran dapat juga di dasari oleh keselamatan lalu lintas, untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas antara kendaraan yang berpotongan.

Bundaran mempunyai keuntungan yaitu untuk mengurangi kecepatan semua kendaraan yang berpotongan dan membuat mereka hati-hati terhadap resiko konflik dengan kendaraan lain. Hal ini mungkin terjadi bila kecepatan dari pendekat ke simpang tinggi dan jarak pandang untuk gerakan lalu lintas yang berpotongan tidak cukup akibat rumah atau pepohonan yang dekat dengan sudut simpang (MKJI,1997).

Bundaran mempunyai keuntungan yaitu mengurangi kecepatan semua kendaraan yang berpotongan, dan membuat mereka hati-hati terhadap resiko konflik dengan kendaraan lain.

Hal-hal yang perlu di perhatikan pada bundaran adalah:

- a. Volume dan kapasitas.
- b. Derajat kejenuhan
- c. Tundaan pada bagian jalinan bundaran
- d. Peluang antrian pada bagian jalinan bundaran

### 2.2.1 Konsep Bundaran

Menurut Pedoman Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah), bundaran adalah persimpangan yang dilengkapi lajur lingkar dan mempunyai desain spesifikasi dan dilengkapi perlengkapan lalu lintas. Berbagai macam pola pergerakan tersebut akan saling berpotongan sehingga menimbulkan titik-titik konflik pada suatu persimpangan. Perubahan dari simpangan bersinyal atau tak bersinyal menjadi bundaran dapat juga didasari oleh keselamatan lalu lintas.

Tujuan utama dari analisis kapasitas suatu jalan adalah untuk memperkirakan jumlah lalu lintas maksimum yang mampu dilayani oleh ruas jalan tersebut. Hal ini seperti yang telah diketahui bahwa suatu jalan terbatas daya tampungnya. Apabila suatu arus lalu lintas yang dioperasikan mendekati atau menyamai kapasitas yang ada maka, hal ini akan menimbulkan rasa sangat tidak nyaman bagi para pengguna jalan.

Analisis kapasitas sendiri merupakan suatu rangkaian prosedur yang dipakai untuk memperkirakan kemampuan daya tampung suatu ruas jalan terhadap arus lalu

lintas dalam suatu batasan kondisi operasional tertentu. Analisis ini dapat di terapkan pada fasilitas jalan yang sudah ada untuk tujuan pengembangan (MKJI, 1997).

### 2.2.2 Tipe Bundaran

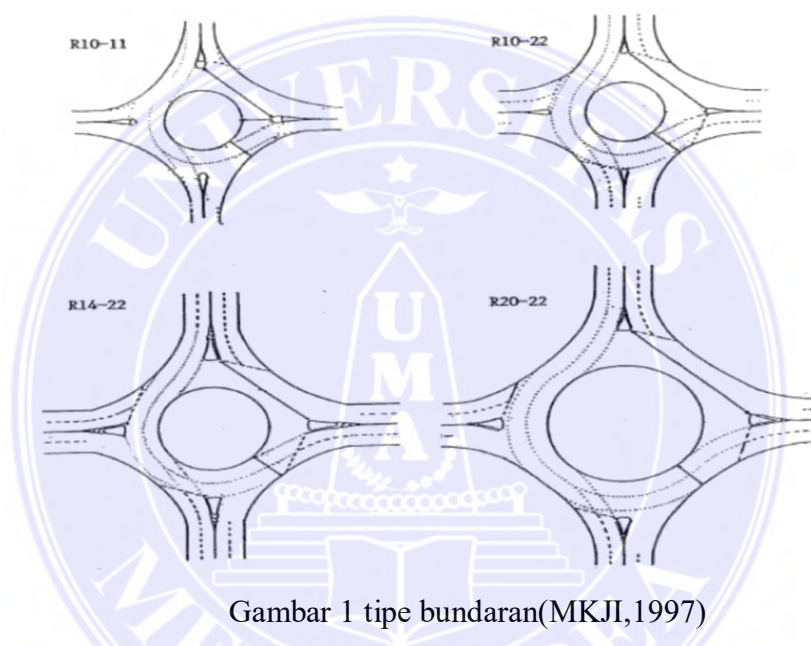
Semua bundaran dianggap mempunyai kereb dan trotoar yang cukup, dan ditempatkan di daerah perkotaan dengan hambatan samping sedang semua gerakan membelok dianggap diperbolehkan.

Pengaturan “hak jalan” dianggap berlaku untuk semua pendekat yaitu tidak ada pengaturan tanda “beri jalan” dengan maksud untuk mendapat prioritas bagi kendaraan yang lebih masuk ke dalam bundaran (prioritas dalam) seperti umumnya di Eropa. Apabila penegakan tipe pengaturan yang terakhir tidak ada, metode perhitungan kapasitas dengan pengaturan hak jalan yang diterapkan dalam manual ini masih dapat dipergunakan (MKJI, 1997).

Terdapat tiga tipe dasar bundaran :

- a. Bundaran normal, yaitu bundaran yang mempunyai satu sirkulasi jalan yang mengelilingi bundaran tersebut dengan diameter empat meter atau lebih dan biasanya dibagian pendekat jalannya melebar.
- b. Bundaran mini, yaitu bundaran yang memiliki satu sirkulasi jalan yang mengelilingi bundaran berupa marka bundaran yang ditinggikan diameternya kurang dari empat meter dan bagian pendekat jalannya melebar atau tidak dilebarkan.
- c. Bundaran ganda, yaitu persimpangan individual dengan dua buah bundaran, bundaran normal atau bundaran mini yang berdekatan.

Bundaran dapat bertindak sebagai pengontrol, pembagi dan pengarah bagi sistem lalu lintas yang berputar searah. Gerakan menerus dan membelok yang besar pada seluruh kaki pertemuan jalan akan mengurangi sumber kecelakaan dan memberikan kenyamanan yang lebih pada kondisi pengemudi (Hobbs, 1995). Bundaran lebih disukai karena dapat mengurangi tundaan dan memungkinkan banyak kendaraan memotong simpang tanpa harus berhenti total pada Gambar 1 (MKJI, 1997).



Gambar 1 tipe bundaran(MKJI,1997)

Tabel 1: Defenisi tipe bundaran (MKJI, 1997).

Tipe Bundaran	Jari-jari Bundaran (m)	Jumlah lajur masuk	Lebar lajur masuk W1 (m)	Panjang jalinan LW (m)	Lebar jalinan WW (m)
R10-10	10	1	3.5	23	7
R10-22	10	2	7.0	27	9
R14-22	14	2	7.0	31	9
R20-22	20	2	7.0	43	9

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 Definisi Tipe Bundaran dapat dijelaskan bahwa:



- a. Untuk tipe bundaran R10-11 artinya jari-jari bundaran adalah 10 meter, jumlah lajur masuk satu, lebar lajur masuk 3,5 meter panjang jalinan 23 meter dan lebar jalinannya adalah 7 meter.
- b. Untuk tipe bundaran R10-22 artinya jari-jari bundaran adalah 10 meter, jumlah lajur masuk dua, lebar lajur masuk 7 meter, panjang jalinan 27 meter dan lebar jalinannya adalah 9 meter.
- c. Untuk tipe bundaran R14-22 artinya jari-jari bundaran adalah 14 meter, jumlah lajur masuk dua, lebar lajur masuk 7 meter, panjang jalinan 31 meter dan lebar jalinannya adalah 9 meter. Untuk tipe bundaran R20-22 artinya jari-jari bundaran adalah 20 meter, jumlah lajur masuk dua, lebar lajur masuk 7 meter, panjang jalinan 43 meter dan lebar jalinannya adalah 9 meter.

### 2.2.3 Pemilihan Tipe Bundaran

Pemilihan Tipe Bundaran dengan karakteristik seperti dibawah ini (MKJI,1997):

1. Pertimbangan ekonomi

Tipe simpang yang paling ekonomis (simpang bersinyal, tak bersinyal atau bundaran) yang berdasarkan analisa biaya siklus hidup (BSH) ditunjukkan dalam perencanaan baru bundaraan.

2. Perilaku lalu lintas

Untuk analisa perencanaan dan operasional bundaran yang sudah ada, tujuan analisa biasanya untuk membuat perbaikan kecil pada geometri simpang agar dapat mempertahankan perilaku lalu lintas yang diinginkan, sepanjang rute atau jaringan jalan. Hubungan anatara tundaan rata-rata ( $d_{t/smp}$ ) dan arus total tipe bundaran dan kondisi arus yang berbeda. Karena risiko

penutupan bundaran oleh kendaraan yang menjalin dari berbagai arah, perilaku lalu-lintas berupa derajat kejenuhan  $> 0,75$  selama jam puncak disarankan untuk dihindari. Antrian pada daerah keluar bundaran yang menutup daerah sirkulasi arus juga penting untuk dihindari.

### 3. Pertimbangan keselamatan lalu-lintas

Tingkat kecelakaan lalu-lintas pada bundaran empat lengan telah diperkirakan sebesar 0,30 kecelakaan/juta kendaraan masuk, dibandingkan dengan 0,43 pada simpang bersinyal dan 0,60 pada simpang tak bersinyal.

Karena itu bundaran lebih aman dari persimpangan sebidang yang lain.

Dampak terhadap keselamatan lalu-lintas akibat beberapa unsur perencanaan geometrik dibahas dibawah (PKJI,2023).

#### a. Dampak denah bundaran

Hubungan antara tingkat kecelakaan dan jari-jari bundaran tidak jelas. Jari-jari yang lebih kecil mengurangi kecepatan pada daerah keluar yang menguntungkan bagi keselamatan pejalan kaki yang menyeberang. Jari-jari yang kecil juga memaksa kendaraan masuk memperlambat kecepatannya sebelum memasuki daerah konflik, yang mungkin menyebabkan tabrakan depan belakang lebih banyak dari bundaran yang lebih besar.

#### b. Dampak pengaturan lalu-lintas

Pengaturan tanda “beri jalan” pada pendekat, yang memberikan prioritas pada kendaraan yang berada dalam bundaran mengurangi tingkat kecelakaan bila dibandingkan dengan prioritas dari kiri (tidak diatur). Jika ditegakkan, cara ini juga efektif untuk menghindari penyumbatan bundaran.

Pengaturan sinyal lalu-lintas sebaiknya tidak diterapkan pada bundaran, karena dapat mengurangi keselamatan dan kapasitas.

c. Pertimbangan lingkungan

Emisi gas buang kendaraan atau kebisingan umumnya bertambah akibat usaha percepatan atau perlambatan kendaraan yang sering dilakukan, demikian juga akibat waktu berhenti. Dari pemahaman ini bundaraan lebih disukai karena dapat mengurangi tundaan dan memungkinkan banyak kendaraan memotong simpang tanpa harus berhenti total.

Pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023, pemakai dipermudah untuk memilih dimensi/tipe bundaran berdasarkan volume arus lalu lintas yang dihubungkan dengan kondisi ukuran kota (QMA/QMB), presentase belok kiri dengan belok kanan. Tujuannya adalah untuk memilih tipe simpang yang paling ekonomis.

#### 2.2.4 Karakteristik Bundaran

Bundaran sangat tepat ditempatkan pada persimpangan dengan karakteristik seperti dibawah ini (Sukirman, 1999):

- a. Pendekat-pendekat persimpangan tersebut seluruhnya merupakan jalan kolektor maupun jalan lokal.
- b. Pada jalan arteri dan sub-arteri dimana terjadi pergerakan memutar yang tinggi, dan persimpangan yang bersangkutan tidak terkait dengan ATCS (*Area Traffic Controlled System*).
- c. Terdapat empat atau lebih pendekat simpang.

### 2.2.5 Perencanaan Bundaran

Sebagai prinsip umum, bundaran mempunyai kapasitas tertinggi jika lebar dan panjang jalinan sebesar mungkin. Beberapa saran umum lainnya tentang perencanaan bundaran antara lain (Departemen PU, 1997):

- a. Bagian jalinan bundaran mempunyai kapasitas tertinggi jika lebar dan panjang jalinan sebesar mungkin.
- b. Bundaran dengan hanya satu tempat masuk adalah lebih aman daripada bundaran berlajur banyak.
- c. Bundaran harus direncanakan untuk memberikan kecepatan terendah pada lintasan di pendekat, sehingga memaksa kendaraan menyelesaikan perlambatannya sebelum masuk bundaran.
- d. Radius pulau bundaran ditentukan oleh kendaraan rencana yang dipilih untuk membelok didalam jalur lalu lintas dan jumlah lajur masuk yang diperlukan. Radius yang lebih kecil biasanya mengurangi kecepatan pada bagian luar yang menguntungkan bagi keselamatan pejalan kaki yang menyeberang. Radius yang lebih kecil juga memaksa kendaraan masuk memperlambat kendaraannya sebelum masuk daerah konflik, yang mungkin menyebabkan tabrakan dari belakang dibandingkan dengan bundaran yang lebih besar. Radius lebih besar dari 30 - 40 m sebaiknya dihindari.
- e. Bundaran dengan satu lajur sirkulasi
- f. Daerah masuk masing-masing jalinan harus lebih kecil dari lebar bagian jalan.

- g. Pulau lalu lintas tengah pada bundaran sebaiknya ditanami dengan pohon atau objek lain yang tidak berbahaya terhadap tabrakan yang membuat simpang mudah dilihat oleh kendaraan yang datang pada radius kecil mungkin dapat dilewati.
- h. Lajur terdekat dengan kereb sebaiknya lebih lebar dari biasanya untuk memberikan ruang bagi kendaraan tak bermotor dan memudahkan kendaraan belok kiri lewat tanpa menjalani didalam bundaran.
- i. Pulau lalu lintas sebaiknya dipasang dimasing-masing lengan untuk mengarahkan kendaraan yang masuk sehingga sudut menjalin antara kendaraan yang masuk sehingga sudut menjalin antara kendaraan menjadi kecil.

### 2.3 Pengertian Jalan

Menurut (Iwan et al., 2023) Di tengah hiruk-pikuk aktivitas manusia dan pergerakan di dalam dunia perkotaan, istilah "jalan" membawa makna yang lebih dalam dari sekadar sekumpulan aspal dan trotoar. Ia adalah ruang tempat kisah- kisah kehidupan terjadi, tempat kendaraan bermotor dan pejalan kaki berbaur dalam perjalanan mereka. Di dalam kerangka hukum, jalan tidak hanya sekadar jejak untuk bergerak, ia adalah infrastruktur esensial yang membentang melalui berbagai lanskap, mempersatukan komunitas, dan memungkinkan aktivitas manusia dalam skala yang lebih besar.

Definisi yang tertuang dalam undang-undang no 38 tahun 2004 (Indonesia, 2004) tentang Jalan menyatakan bahwa jalan adalah lebih dari sekadar permukaan tanah yang kita lewati. Ia mencakup semua elemen yang membuat jalan itu sendiri: mulai dari struktur fisiknya seperti jalur, trotoar, jembatan, dan terowongan, hingga elemen elemen pendukung seperti lampu



penerangan, rambu lalu lintas, dan marka jalan. Lebih dari itu, jalan bisa melintasi berbagai dimensi, dari di atas permukaan tanah hingga di bawahnya, bahkan di atas air, seperti jembatan yang menghubungkan pulau-pulau. Namun, tidak semua jalan diciptakan untuk kepentingan umum. Dalam kerangka tersebut, ada dua istilah yang membedakan peran dan pemilikannya: jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum adalah jalan yang dirancang dan disediakan untuk melayani kepentingan lalu lintas umum. Ia adalah jalur yang membuka pintu bagi semua orang, membawa mereka menuju tempat tujuan mereka, menyampaikan cerita perjalanan yang beragam. Sementara itu, jalan khusus memiliki karakteristik yang berbeda. Ia dibangun oleh instansi, badan usaha, individu, atau kelompok masyarakat dengan tujuan untuk kepentingan mereka sendiri. Jalan khusus ini adalah sebuah langkah untuk memenuhi kebutuhan spesifik, seperti akses ke tempat industri, perumahan tertentu, atau fasilitas komersial. Namun, dalam definisi dan peruntukannya, setiap jalan memiliki peran penting dalam menyusun puzzle kehidupan kota. Ia adalah jaringan yang menyatukan berbagai cerita dan membawa kita menuju pengalaman bersama. Jalan, dalam segala bentuk dan makna, adalah perjalanan dan pertemuan antara orang, kendaraan, dan tempat. Ia adalah jejak kaki kita di dalam dunia yang terus bergerak. Dalam konteks lebih lanjut, berikut adalah penjelasan yang lebih mendalam mengenai bagian-bagian jalan yang telah Anda sebutkan:

#### 1. Ruang Manfaat Jalan

Ruang manfaat jalan adalah area yang langsung terlibat dalam fungsionalitas dan penggunaan jalan oleh berbagai jenis pengguna, baik kendaraan maupun pejalan kaki. Ini terdiri dari beberapa komponen penting:

- a) Badan Jalan Bagian utama jalan yang digunakan oleh kendaraan untuk bergerak. Ini mencakup lapisan permukaan jalan, seperti aspal atau beton, yang harus dirawat dengan baik agar aman dan nyaman untuk lalu lintas.
- b) Saluran Tepi Jalan Trotoar atau area khusus bagi pejalan kaki yang berada di tepi jalan. Ini memberikan tempat aman bagi pejalan kaki untuk berjalan, berlari, atau beraktivitas lainnya tanpa mengganggu kendaraan.
- c) Ambang Pengaman Median atau pembatas fisik yang dapat berupa konstruksi beton, penghalang pengaman, atau tanaman. Fungsi utamanya adalah memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan dan mengurangi risiko tabrakan frontal.

## 2. Ruang Milik Jalan

Ruang milik jalan mencakup lebih dari area langsung yang terlibat dalam pergerakan dan aktivitas di jalan. Ini mencakup:

- a) Ruang Manfaat Jalan, ini meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman.
- b) Tanah di Luar Ruang Manfaat Jalan Ini adalah area di sekitar jalan yang bisa termasuk taman, area istirahat, tempat parkir, atau fasilitas umum lainnya. Ini tidak selalu terlibat dalam pergerakan langsung, tetapi memiliki peran dalam kenyamanan dan utilitas jalan.

## 3. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan adalah area yang berada di luar kendali langsung penyelenggara jalan tetapi masih memerlukan perhatian dan pengawasan:

- a) Pengawasan oleh Penyelenggara Jalan Ini adalah tanggung jawab dari pihak yang mengelola dan merawat jalan, seperti badan pemerintah atau lembaga

terkait. Mereka harus memantau faktor-faktor yang dapat memengaruhi keamanan dan kinerja jalan.

b) Potensi Pengaruh Eksternal Ruang pengawasan jalan mencakup properti pribadi, bisnis, atau lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi lalu lintas dan kondisi jalan secara keseluruhan. Penyelenggara jalan perlu berkoordinasi dengan faktor-faktor ini untuk menjaga fungsi dan keselamatan jalan. Dengan memahami konsep-konsep ini, kita dapat memahami lebih dalam bagaimana jalan tidak hanya sekadar area fisik untuk pergerakan, tetapi juga melibatkan banyak aspek yang berkaitan dengan keselamatan, kenyamanan, dan fungsi masyarakat.

### **2.3.1 klasifikasi Jalan**

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023) Indonesia, klasifikasi jalan berdasarkan Bina Marga terbagi dalam beberapa kategori. Klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan standar perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan jalan. Berikut adalah klasifikasi jalan menurut Bina Marga:

1. Jalan Nasional: Jalan yang dibangun dan dikelola oleh pemerintah pusat. Jalan ini menghubungkan ibu kota provinsi, kota-kota besar, dan daerah-daerah penting secara nasional. Jalan nasional sering kali merupakan jalan utama dalam sistem transportasi nasional.
2. Jalan Provinsi: Jalan yang dibangun dan dikelola oleh pemerintah provinsi. Jalan ini biasanya menghubungkan kabupaten atau kota dalam satu provinsi, serta menghubungkan jalan nasional dengan jalan kabupaten atau kota
3. Jalan Kabupaten/Kota: Jalan yang dibangun dan dikelola oleh pemerintah kabupaten atau kota. Jalan ini berfungsi untuk menghubungkan antar kecamatan,

desa, atau kawasan dalam kabupaten/kota, serta menghubungkan jalan provinsi dengan jalan lokal.

4. Jalan Lingkungan: Jalan yang berada dalam lingkungan atau area tertentu, seperti perumahan, industri, atau pusat kegiatan. Jalan ini biasanya memiliki peranan untuk memfasilitasi akses di dalam kawasan tersebut.

5. Jalan Desa: Jalan yang melayani kebutuhan transportasi di desa atau kawasan pedesaan. Jalan desa biasanya dibangun untuk mendukung kegiatan pertanian dan ekonomi lokal, serta menghubungkan desa dengan jalan kabupaten atau kota. Setiap klasifikasi jalan memiliki spesifikasi dan standar teknis yang berbeda sesuai dengan fungsinya, termasuk dalam hal kapasitas beban, lebar jalan, dan perawatan. Ini memastikan bahwa jalan dapat melayani fungsi dan kebutuhan transportasi sesuai dengan tingkatannya

### **2.3.2 Geometri Jalan**

Geometrik jalan merupakan salah satu karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan jika dibebani lalu lintas. Pedoman kapasitas jalan Indonesia (PKJI 2023), diantara yang termasuk dalam geometri jalan sebagai berikut:

Tipe jalan: Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda-beda pada pembebanan lalu lintas tertentu, misalnya jalan terbagi dan takterbagi, jalan satu arah.

Tipe jalan perkotaan yang tercantum dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia PKJI 2023 adalah sebagai berikut:

- a) Jalan dua-lajur dua-arah tanpa median (2/2 TT)
- b) Jalan empat-lajur dua arah tak terbagi (tanpa median) (4/2 TT)
- c) Terbagi (dengan median) (TT)

d) Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 T)

e) Jalan satu arah (1-3/1)

Lebar jalur lalu lintas: Kecepatan arus bebas dan kapasitas meningkat dengan pertambahan lebar jalur lalu lintas. Menurut pandangan Sukirman jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukan untuk lalu lintas kendaraan. Lebar jalur lalu lintas merupakan bagian jalan yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan.

Kereb: Sebagai batas antara jalur lalu lintas dan trotoar sangat berpengaruh terhadap dampak hambatan samping jalan pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil dari jalan dengan bahu. Selanjutnya kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur lalu lintas, tergantung apakah jalan mempunyai kreb atau bahu.

Bahu: Jalan perkotaan tanpa kereb, kecepatan dan kapasitas jalan akan meningkat bila lebar bahu semakin lebar. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan lebar bahu, terutama karena pengaruh hambatan samping yang disebabkan kejadian di sisi jalan seperti kendaraan umum berhenti, pejalan kaki dan sebagainya.

Ada atau tidaknya median, median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas.

## 2.4 Bagian Jalinan

Menurut MKJI (1997) bagian jalinan yang secara formil dikendalikan dengan aturan lalu-lintas indonesia yaitu memberi jalan pada yang kiri. Bagian jalinan dibagi dua tipe utama yaitu bagian jalinan tunggal dan bagian jalinan bundaran. Bundaran dianggap sebagai beberapa bagian jalinan bundaran yang berurutan.

Ukuran kinerja yang dicatat pada Tabel 2.2 dapat diperlukan untuk kondisi



geometrik, lingkungan dan lalu lintas tertentu dengan metode yang diuraikan.

Tabel 2 : Ukuran kinerja (MKJI,1997).

Ukuran Kinerja	Tipe Bagian Jalan	
	Tunggal	Bundaran
Kapasitas	Ya	Ya
Derajat Kejenuhan	Ya	Ya
Tundaan	Tidak	Ya
Peluang Antrian	Tidak	Ya
Kecepatan Tempuh	Ya	Tidak
Waktu Tempuh	Ya	Tidak

Metode pada dasarnya empiris dan oleh karenanya harus digunakan dengan hati-hati dan dengan pertimbangan teknik lalu lintas yang matang apabila digunakan di luar rentang variasi untuk variabel data empiris yang ditunjukkan dalam Tabel 3

Tabel 3: Rentang variasi data empiris untuk variable masukan (MKJI,1997).

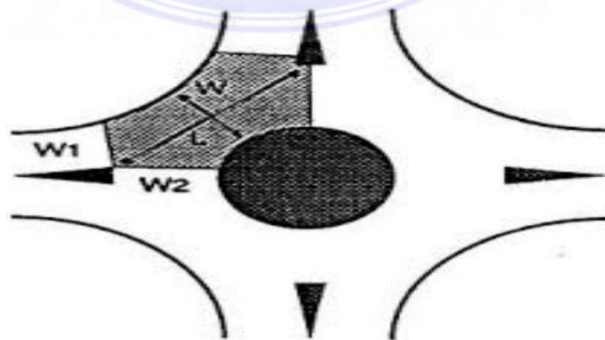
Variabel	Bundaran			Tunggal		
	Min	Rata-rata	Maks	Min	Rata-rata	Maks
Lebar Pendekat(m)	6	9	11	8	9,6	11
Lebar Jalinan(m)	9	12.6	20	8	11.5	20
Panjang Jalinan(m)	21	33.9	50	50	96	183
Lebar/Panjang(m)	0.22	0.43	0.80	0.06	0.13	0.20
Rasio Jalinan(m)	0.32	0.76	0.94	0.32	0.74	0.95
%Kendaraan Ringan	35	60	75	49	63	81
%Kendaraan Berat	0	2	3	0	3	13
%Sepeda Motor	20	33	55	16	32	45
%Rasio Kendaraan Tak Bermotor	0.01	0.05	0.18	0	0.20	0.06

Metode ini menerangkan pengaruh rata-rata dari kondisi masukan yang diasumsikan. Penerapan dalam rentang keadaan darimana metode diturunkan, kesalahan perkiraan kapasitas biasanya kurang dari 15%. Pada keadaan tertentu

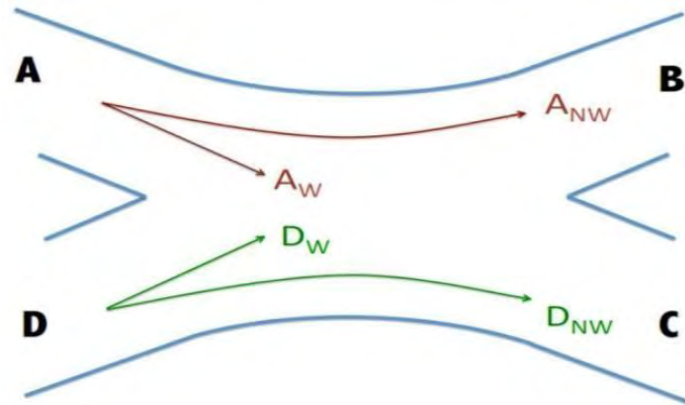
pengaruh salah satu variabel atau lebih mungkin sangat berbeda dari perkiraan model. Variabel lain juga ada yang mungkin penting bagi kapasitas.

Metode ini berlaku untuk derajat kejenuhan lebih kecil dari 0.8-0.9 pada arus lalu lintas yang lebih tinggi perilaku lalu lintas menjadi lebih agresif dan ada risiko besar bahwa bagian jalinan tersebut akan terhalang oleh para pengemudi yang berebut masuk ruang terbatas pada area konflik (PKJI,2023).

Bagian jalinan bundaran adalah suatu system arus satu arah yang melingkari suatu pulau dimana arus masuk diatur dengan prioritas tanda untuk mengalah (giveaway sign) dan prioritas diberikan pada arus yang datang dari kanan. Bundaran akan beroperasi dengan baik pada simpang dengan arus lalu lintas yang merata di setiap lengan, akan tetapi biaya konstruksi akan menjadi mahal karena bundaran membutuhkan lahan yang lebih luas dibandingkan dengan simpang lainnya. Kemampuan untuk mengatasi tingginya arus U turn adalah merupakan salah satu keuntungan dari suatu bundaran. Akan tetapi dengan meningkatnya arus masing-masing lengan akan mengakibatkan kemacetan total pada bundaran tersebut. Bagian jalinan bundaran dapat dilihat pada Gambar 2 dan bagian jalinan tunggal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian Jalinan Bundaran (PKJI)



Gambar .3: Bagian jalinan tunggal (PKJI 2023)

## 2.5 Persimpangan

Persimpangan adalah pertemuan antara dua jalan atau lebih, baik yang sebidang maupun yang tidak sebidang atau titik jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan saling berpotongan. Persimpangan merupakan faktor yang penting didalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan (Morlok, 1991).

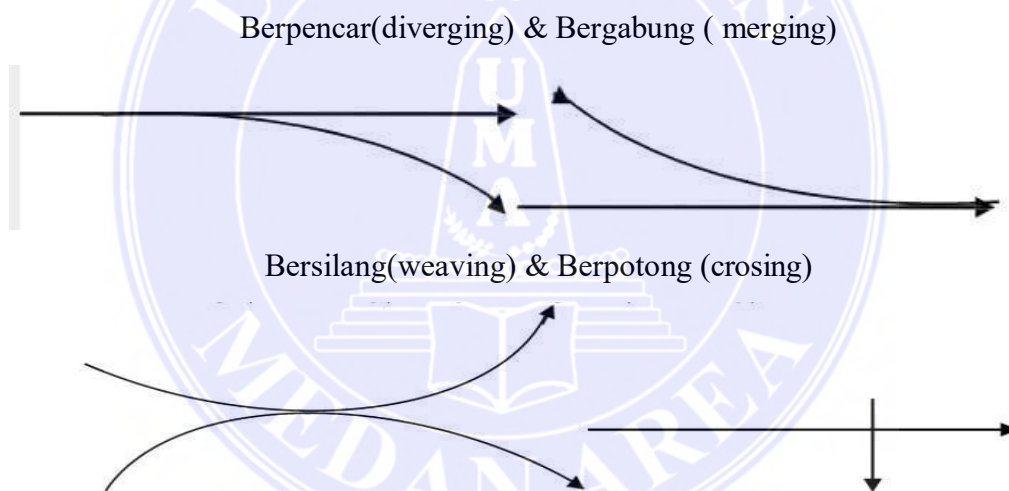
Sebab-sebab terjadinya kemacetan di persimpangan biasanya sederhana yaitu permasalahan dari konflik pergerakan-pergerakan kendaraan yang membelok dan pengendalinya. Permasalahan pada ruas jalan timbul karena adanya gangguan terhadap arus lalu lintas yang ditimbulkan dari akses jalan, dari bercampurnya berbagai jenis kendaraan dan tingkah laku pengemudi.

Untuk mengurangi jumlah titik konflik yang ada, dilakukan pemisahan waktu pergerakan lalu lintas. Waktu pergerakan lalu lintas yang terpisah ini disebut fase. Pangaturan pergerakan arus lalu lintas dengan fase-fase ini dapat mengurangi titik konflik yang ada sehingga diperoleh pengaturan lalu lintas yang lebih baik untuk menghindari, tundaan, kemacetan dan kecelakaan.

Di dalam persimpangan terdapat gerakan membelok terdiri dari dua fase yaitu terlindung dan terlawan. Fase terlindung adalah gerakan membelok yang

Berpotongan atau disebut juga crossing, yaitu dua arus dari suatu jalur ke jalur lain pada persimpangan dimana keadaan yang demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut.

- a. Bergabung atau disebut juga merging, yaitu dua arus bergabung dari satu jalur ke jalur lainnya.
- b. Berpisah atau disebut juga sebagai diverging, yaitu dua arus berpisah dari suatu arus yang sama ke jalur yang lainnya.
- c. Bersilangan atau disebut juga weaving, yaitu dua arus yang berjalan menurut arah yang sama panjang satu lintasan lalu lintas atau lebih yang saling bersilangan, terjadi pada bundaran lalu lintas.



Gambar 4:Jenis-jenis pergerakan (*Khristy dan hall 2003*).

Pendekatan dalam pengendalian persimpangan, bentuk pengendalian tergantung kepada besarnya arus lalu lintas, semakin besar arus semakin besar konflik yang terjadi semakin kompleks pengendaliannya atau di jalan bebas hambatan memerlukan penanganan khusus.

### 2.5.1 Jenis Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari semua sistem jalan. Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, dimana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan pindah jalan.

Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (Khisty dan Lall, 2003).

Secara garis besarnya Persimpangan dapat dibagi atas dua jenis yaitu (Morlok, 1991):

1. Persimpangan sebidang.
2. Persimpangan tak sebidang

Persimpangan sebidang (*At Grade Intersection*). Yaitu pertemuan antara dua atau lebih jalan dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan sebidang ini berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak.

Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian:

1. Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.
2. Simpang tak bersinyal (*unsignalised intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.



Persimpangan tak sebidang (*Interchange*) yaitu suatu persimpangan dimana jalan yang satu dengan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya. (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi.

### 2.5.2 Arus Lalu Lintas Untuk Persimpangan

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik, pendekatan satuan waktu dinyatakan dalam kend/jam;smp/jam. Perhitungan arus lalu lintas dilakukan persatuan jam untuk satu atau lebih priode, misalnya didasarkan pada kondisi arus puncak yaitu puncak pagi, siang, dan sore hari.

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri LT, lurus ST, dan belok kanan RT) dalam kendaraan per jam dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan (MKJI, 1997).

Nilai EMP untuk Setiap tipe pendekatan terdapat pada Tabel 2.5.

Tabel 4: Nilai EMP untuk Setiap tipe pendekatan (MKJI, 2007).

Jenis kendaraan	EMP untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4
Kendaraan Tak Bermotor	0.5	1.0

### 2.5.3 Arus Jenuh Persimpangan

Metode perhitungan arus jenuh yang diberikan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) ditentukan bahwa arus lalu lintas yang mengalir pada saat waktu hijau dapat disalurkan oleh suatu pendekatan. Penentuan arus jenuh dasar (So) untuk setiap pendekatan yang diuraikan di bawah ini:

Untuk pendekatan tipe p (*Protected*), yaitu arus terlindung seperti pada Pers. 2.1 (MKJI, 1997).

$$S_o = 600 \times W_e \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$S_o$  = arus jenuh dasar (smp/jam).

$W_e$  = Lebar jalan efektif (m).

Berdasarkan pada nilai jenuh dasar  $S_o$  yang menggunakan lebar pendekatan, maka besar jenuh dipengaruhi oleh komposisi kendaraan yakni dengan membagi kendaraan yang lewat atas jenis kendaraan penumpang. Kendaraan berat dan sepeda motor yang merupakan bagian dari arus lalu lintas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar arus jenuh adalah lajur dalam kelompok lajur yang bersangkutan, lebar lajur, presentase kendaraan yang lewat, kemiringan memanjang jalan, adanya lajur parkir dan jumlah manufer parkir perjam, pengaruh penyesuaian kota dan penduduk, hambatan samping sebagai dari jenis lingkungan jalan dan pengaruh membelok ke kanan dan ke kiri.

Persamaan sisematis untuk menyatakan hal di atas digunakan dalam perhitungan arus jenuh pada Pers. 2.2 (MKJI, 1997).

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \text{ smp/jam} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

S = Arus jenuh untuk kelompok lajur yang dianalisis, dalam kendaraan waktu hijau (smp/jam).

S<sub>0</sub> = Arus jenuh dasar untuk setiap pendekatan (smp/jam).

FCS = Faktor penyesuaian hambatan samping sebagai fungsi dari jenis lingkungan.

FSF = Faktor penyesuaian ukuran kota dengan jumlah penduduk.

FG = Faktor penyesuaian kelandaian jalan.

FP = Faktor penyesuaian terhadap parkir.

Tabel 5: Faktor Penyesuaian ukuran kota (MKJI, 1997).

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian Untuk Ukuran Kota
< 0.1	0.82
0.1 – 0.5	0.83
0.5 – 1.0	0.94
1.0 – 3.0	1.00
> 3.0	1.05

#### 2.5.4 Pengaturan Persimpangan

Masalah-masalah yang ada di simpang dapat dipecahkan dengan cara meningkatkan kapasitas simpang dan mengurangi volume lalu lintas. Untuk meningkatkan kapasitas simpang dapat dilakukan dengan melakukan perubahan rancangan simpang, seperti pelebaran cabang simpang serta pengurangan arus lalu lintas dengan mengalihkan ke rute-rute lain. Tetapi kedua cara tersebut kurang efektif, karena akan mengarah kepada meningkatnya jarak perjalanan.

Pemecahan masalah, terbatasnya kapasitas simpang maupun ruas jalan secara sederhana dapat dilakukan dengan pelebaran jalan, biasanya terbentur pada masalah biaya yang perlu disediakan serta tidak selamanya mampu memecahkan

permasalahan yang terjadi. Pemecahan manajemen lalu lintas semacam ini sering kali justru menyebabkan permasalahan lalu lintas bertambah buruk. Alternatif pemecahan lain adalah dengan metode sistem pengendalian simpang yang tergantung kepada besarnya volume lalu lintas (Munawar, 1995).

Faktor-faktor yang harus diperhitungkan dalam memilih suatu sistem simpang yang akan digunakan yaitu:

- a) Volume lalu lintas dan jumlah kendaraan yang belok
- b) Tipe kendaraan yang menggunakan simpang
- c) Tata guna lahan yang ada disekitar simpang
- d) Tipe simpang
- e) Hirarki jalan
- f) Lebar jalan yang tersedia
- g) Kecepatan kendaraan
- h) Akses kendaraan pada ruas jalan
- i) Pertumbuhan lalu lintas dan distribusinya
- j) Strategi manajemen lalu lintas
- k) Keselamatan lalu lintas
- l) Biaya pemasangan dan pemeliharaan

### **2.5.5 Tujuan Pengaturan Simpang**

Tujuan utama dari pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk menjaga keselamatan arus lalu lintas dengan memberikan petunjuk-petunjuk yang jelas dan terarah, tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan sinyal lalu lintas, marka dan rambu-rambu yang

mengatur, mengarahkan dan memperingati serta pulau-pulau lalu lintas (Munawar, 1995).

1. Selanjutnya dari pengaturan simpang dapat ditentukan tujuan yang ingin dicapai, antara lain:
2. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik.
3. Menjaga kapasitas dari simpang agar dalam operasinya dapat dicapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana.
4. Dalam operasinya dari pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai.
5. Untuk mengurangi konflik antara kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor, serta menyediakan fasilitas yang memberikan kemudahan, kenyamanan, dan keamanan terhadap pemakai jalan yang melalui pesimpangan.

## **2.6 Volume Lalu Lintas**

Menurut MKJI (1997) volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang lewat pada suatu jalan dalam satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar. Satuan volume lalu lintas yang digunakan sehubungan dengan analisis panjang antrian dan volume jam perencanaan (VJP) dan kapasitas. Pertumbuhan lalu lintas dapat dibagi dalam tiga bagian menurut penyebab pertumbuhannya, yaitu:

- a. Pertumbuhan Lalu Lintas normal (normal traffic growth).



- b. Pertumbuhan normal adalah pertumbuhan volume lalu lintas akibat bertambahnya kepemilikan kendaraan yang terjadi di daerah tersebut. Kepemilikan kendaraan biasa dilihat dari jumlah BPKB baru di wilayah yang dimaksud.
- c. Pertumbuhan lalu lintas yang dibangkitkan (generated traffic growth) Pertumbuhan ini merupakan pertumbuhan volume lalu lintas yang ditimbulkan oleh adanya pembangunan peningkatan mutu dari jalan raya, lalu lintas ini sebelumnya belum ada dan tidak akan ada tanpa pembangunan dan peningkatan jalan raya.
- d. Pertumbuhan lalu lintas tertarik (development traffic growth)
- e. Pertumbuhan lalu lintas ini disebabkan bertambahnya lalu lintas akibat adanya pembangunan yang belum ada sebelumnya seperti daerah pemukiman dan rumah.
- f. Di dalam istilah perlalu lintasan dikenal lalu lintas harian rata-rata (LHR), atau toko yang mengakibatkan bertambahnya arus lalu lintas.

### **2.6.1 Lalu Lintas Harian Rata Rata ( LHR )**

Untuk dapat menghitung LHRT haruslah tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR).

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan. Data LHR ini cukup teliti jika pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi lalu lintas

selama 1 tahun dan hasil LHR yang dipergunakan adalah harga rata-rata dari perhitungan LHR beberapa kali.

### 2.6.2 Karakteristik Volume Lalu Lintas

Di dalam istilah per lalu lintasan dikenal lalu lintas harian rata-rata (LHR), atau ADT (Average Daily Traffic) yaitu jumlah kendaraan yang lewat secara rata-rata sehari (24 jam) pada ruas tertentu, besarnya LHR akan menentukan dimensi penampang jalan yang akan dibangun. Volume lalu lintas ini bervariasi besarnya tidak tetap tergantung waktu variasi dalam sehari, seminggu, sebulan, maupun setahun. Di dalam satu hari biasanya terdapat dua waktu jam sibuk, yaitu pagi dan sore hari. Tetapi ada juga jalan-jalan yang mempunyai variasi volume lalu lintas yang merata. Volume lalu lintas selama jam sibuk dapat digunakan untuk merencanakan dimensi jalan untuk menampung lalu lintas (MKJI, 1997).

Semakin tinggi volumenya, semakin besar dimensi yang diperlukan. Perlu pengamatan yang cermat tentang kondisi dilapangan sebelum menetapkan volume lalu lintas untuk kepentingan perencanaan. Suatu ciri lalu lintas pada suatu lokasi belum tentu sama dengan lokasi lain di dalam sebuah kota, apalagi kalau kotanya berlainan. Oleh karena itu untuk merencanakan suatu fasilitas per lalu lintasan pada suatu lokasi, sebaiknya harus diadakan penelitian. Untuk menghitung volume lalu lintas perjam pada jam-jam puncak arus sibuk, agar dapat menentukan kapasitas jalan maka data volume kendaraan arus lalu lintas (per arah 2 total) harus diubah menjadi satuan mobil penumpang (SMP) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang yang terlihat pada Tabel 2.7 untuk jalan perkotaan terbagi.

Tabel 6: Ekvivalen mobil penumpang jalan perkotaan terbagi (MKJI 1997).

Tipe jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas (kend/jam)	EMP	
		HV	MC
Dua lajur satu arah (2/1)	0	1,3	0,40
Empat lajur terbagi (4/2D)	>1050	1,2	0,25
Tiga lajur satu arah (3/1)	0	1,3	0,40
Enam lajur terbagi (	>1100	1,2	0,25

## 2.7 Jalan Perkotaan

Menurut PKJI 2023, jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Termasuk jalan di dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.00, maupun jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 tetapi mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus dapat digolongkan kedalam jalan perkotaan juga.

### 2.7.1 Karakteristik Geometrik Jalan Perkotaan

Karakteristik geometrik jalan perkotaan sangat mempengaruhi kinerja dari ruas jalan tersebut.

Berikut adalah beberapa karakteristik geometrik jalan perkotaan.

#### 1. Tipe Jalan

Tipe jalan perkotaan dapat dibagi menjadi:

- Jalan dua lajur-dua arah (2/2 UD)
- Jalan empat lajur-dua arah:
- Tak terbagi (tanpa median) (4/2 UD)
- Terbagi (dengan median) (4/2 D)
- Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)
- Jalan satu arah (1-3/1)

## 2. Lebar jalur lalu-lintas

Kecepatan arus bebas dan kapasitas meningkat dengan penambahan lebar jalur lalu-lintas.

## 3. Kereb

Kereb berfungsi sebagai batas antara jalur lalu-lintas dan trotoar berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil dari jalan dengan bahu. Selanjutnya kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur lalu-lintas, tergantung apakah jalan mempunyai kereb atau bahu.

## 4. Bahu

Jalan perkotaan tanpa kereb pada umumnya mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu-lintasnya. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan kapasitas, dan kecepatan pada arus tertentu, akibat penambahan lebar bahu, terutama karena pengurangan hambatan samping yang disebabkan kejadian di sisi jalan seperti kendaraan angkutan umum berhenti, pejalan kaki dan sebagainya.

## 5. Median

Median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas.

## 6. Alinyemen Jalan

Lengkung horizontal dengan jari jari kecil mengurangi kecepatan arus bebas. Tanjakan yang curam juga mengurangi kecepatan arus bebas. Karena secara umum kecepatan arus bebas di daerah perkotaan adalah rendah maka pengaruh ini diabaikan.

## 2.8 Hambatan Samping

Hambatan samping menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang pada arus berangkat lalu lintas. (MKJI,1997)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan samping ialah sebagai berikut:

1. Faktor pejalan kaki.

Aktivitas pejalan kaki merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kelas hambatan samping, terutama pada daerah-daerah yang merupakan kegiatan masyarakat seperti pusat-pusat perbelanjaan.

2. Faktor kendaraan parkir dan berhenti.

Kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan akan mempengaruhi kapasitas lebar jalan, dimana kapasitas jalan akan semakin sempit karena pada samping jalan tersebut telah diisi kendaraan parkir dan berhenti.

3. Faktor kendaraan masuk/keluar pada samping jalan.

Pada daerah-daerah yang lalu lintasnya sangat padat disertai dengan aktivitas masyarakat cukup tinggi, kondisi ini sering menimbulkan masalah dalam kelancaran arus lalu lintas.

4. Faktor kendaraan lambat.

Laju kendaraan yang berjalan lambat pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktivitas kendaraan yang melewati suatu ruas jalan, juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya kelas hambatan samping.

Adapun penentuan frekwensi kejadian hambatan samping seperti pada Tabel 2.7



Tabel 7: Efisiensi hambatan samping (MKJI, 1997).

Hambatan samping	Simbol	Faktor bobot
Pejalan kaki	PED	0.5
Kendaraan umum dan kendaraan berhenti	PSV	1.0
Kendaraan masuk dan keluar dari sisi jalan	EEV	0.7
Kendaraan lambat	SMV	0.4

- Jumlah pejalan kaki yang berjalan pada sisi jalan maupun yang menyeberang jalan (per jam/200m)
- Jumlah kendaraan berhenti/parkir di jalan (per jam/200 m)
- Jumlah kendaraan lambat misal becak, sepeda, dan gerobak (per jam/200 m)
- Jumlah kendaraan keluar/masuk sisi jalan (per jam/200m)

Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk hambatan samping merupakan faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar sebagai akibat adanya aktivitas samping segmen jalan, yang pada sampel ini akibat adanya jarak antara kereb dan penghalang pada trotoar, mobil parkir, penyeberang jalan, dan simpang (MKJI 1997).

## 2.9 Rasio Jalinan Bundaran

Nilai rasio jalinan diperoleh dari pembagian arus jalinan total dan arus total berdasarkan rumus seperti pada Pers. 2.4 (MKJI, 1997):

$$P_w = Q_w/Q_{TOT} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$Q_w$  = Arus menjalin (smp/jam)

$Q_{TOT}$  = Arus total (smp/jam)

$P_w$  = Rasio jalinan

Rasio kendaraan tak bermotor (P UM)

$$PUM = QUM / QVEH \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

QUM = Arus kendaraan non motor (kendaraan non motor/jam)

QVEH = Arus kendaraan (smp/jam)

## 2.10 Kapasitas Bundaran

Kapasitas dapat didefinisikan sebagai arus lalu lintas yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu, dalam kendaraan/jam atau smp/jam (MKJI, 1997).

### 2.10.1 Kapasitas Dasar

Kapasitas Dasar adalah kapasitas pada geometri dan presentase jalinan tertentu tanpa induksi faktor penyesuaian dan dihitung dengan penyesuaian seperti pada Pers. 2.6 (MKJI, 1997):

$$Co = 135 \times WW^{1.3} \times (1 + WE / WW)^{1.5} \times (1 - pw/3)^{0.5} \times (1 + Ww / LW)^{-1.8} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

WE = lebar masuk rata-rata =  $\frac{1}{2} (W1+W2)$

Ww = lebar jalinan (m)

Lw = panjang jalinan (m)

Pw = rasio jalinan

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adalah:

$$\text{Faktor } WW = 135 \times WW^{1.3} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Faktor } WE / WW = (1 + WE / WW)^{1.5} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{Faktor PW} = (1 - \text{PW} / 3) \cdot 0.5 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Faktor WW / LW} = (1 + \text{WW} / \text{LW}) \cdot 1.8 \dots\dots\dots (2.10)$$

Lebar Rata-rata Pendekat

$$W_e = (W_1 + W_2) / 2 \dots\dots\dots (2.11)$$

$W_1$  = Lebar pendekat masuk ke 1

$W_2$  = Lebar pendekat masuk ke 2

## 2.11 Derajat Kejenuhan

Nilai DJ (PKJI 2023) digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan kinerja lalu lintas suatu segmen JBH. Nilai DJ menunjukkan apakah suatu segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan umum derajat kejenuhan adalah:

$$DJ = q / C$$

Keterangan:

DJ dinyatakan tanpa satuan, dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam SMP/jam. DJ digunakan sebagai dasar untuk menetapkan kinerja lalu lintas dan sebagai masukan untuk menetapkan kecepatan tempuh.

$q$  adalah volume lalu lintas jam desain atau jam puncak, dalam SMP/jam.

$C$  adalah kapasitas JBH, dalam SPM/jam.

## 2.12 Tundaan

Tundaan adalah waktu yang hilang akibat adanya gangguan lalu lintas yang berada diluar kemampuan pengemudi untuk mengontrolnya. Tundaan terbagi atas dua jenis, yaitu tundaan tetap (fixed delay) dan tundaan operasional (operational delay).

### 2.12.1 Tundaan Tetap

Tundaan tetap adalah tundaan yang disebabkan oleh peralatan kontrol lalu lintas dan terutama terjadi pada persimpangan. Persimpangan tugu timbangan lubuk pakam Sumatera Utara Penyebabnya adalah lampu lalu lintas, rambu-rambu perintah berhenti, simpangan prioritas (berhenti dan berjalan), penyeberangan jalan sebidang bagi pejalan kaki.

### 2.12.2 Tundaan Operasional

Tundaan operasional adalah tundaan yang disebabkan oleh adanya gangguan di antara unsur-unsur lalu lintas itu sendiri. Tundaan ini berkaitan dengan pengaruh dari lalu lintas (kendaraan) lainnya. Tundaan operasional itu sendiri terbagi atas dua jenis, yaitu:

- a. Tundaan akibat gangguan samping (side friction), disebabkan oleh pergerakan lalu lintas lainnya, yang mengganggu aliran lalu lintas, seperti kendaraan parkir, pejalan kaki, kendaraan yang berjalan lambat, dan kendaraan keluar masuk halaman karena suatu kegiatan.
- b. Tundaan akibat gangguan didalam aliran lalu lintas itu sendiri (internal friction), seperti volume lalu lintas yang besar dan kendaraan yang menyalip ditinjau dari tingkat pelayanan.

Tundaan pada bagian jalan dapat terjadi karena dua sebab berikut ini.

1. Tundaan lalu lintas (DT) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam persimpangan.
2. Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan lalu lintas. Tundaan rata-rata bagian jalinan dihitung dengan penyesuaian seperti pada Pers. 2.16 (MKJI,1997):

$$D = DT + DG \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

D = tundaan rata-rata bagian jalinan (det/smp)

DT = tundaan lalu lintas rata-rata bagian jalinan (det/smp) DG = tundaan geometrik rata-rata bagian jalinan (det/smp)

Tundaan lalu lintas pada bagian jalan ditentukan berdasarkan kurva tundaan empiris dengan derajat kejenuhan sebagai variabel masukan. Tundaan geometrik pada bagian jalinan dihitung menggunakan Pers. 2.17 (MKJI, 1997):

$$DG = (1-DS) \times 4 + DS \times 4 = 4 \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

DTR = Tundaan Lalu lintas bundaran (det/smp) I = Bagian jalinan i dalam bundaran

N = Jumlah bagian jalinan dalam bundaran

Qi = Arus total lapangan pada bagian jalinan i (det/smp)

DTi = Tundaan lalu lintas rata-rata pada bagian jalinan i (det/smp) Qmasuk = Jumlah arus total yang masuk bundaran (smp/jam)

Tundaan bundaran (DR) adalah tundaan lalu lintas rata-rata per kendaraan masuk bundaran dapat dihitung menggunakan Pers 2.19 (MKJI, 1997):

$$DR = DTR + 4 \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots (2.19)$$



### 2.13 Peluang Antrian

Pa dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat ditentukan menggunakan Persamaan 6-19 dan 6-20. Pa tergantung dari DJ dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas Simpang (PKJI 2023)

- a. Batas atas peluang :  $Pa = 47,71 DJ - 24,68 DJ^2 + 56,47 DJ^3$
- b. Batas bawah peluang :  $Pa = 9,02 DJ + 20,66 DJ^2 + 10,49 DJ^3$



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Persiapan**

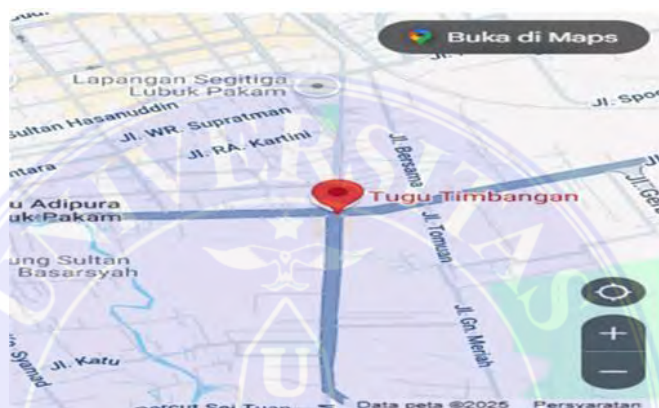
Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Tahapan ini menyangkut pengumpulan data dan analisa awal untuk menentukan lokasi studi, jenis-jenis data yang akan disurvei dan metode yang digunakan untuk survei lapangan serta persiapan formulir isian survei sesuai dengan jenis survei yang akan dilakukan. Sebelum dilakukan survei lapangan, diperlukan data sekunder awal yang digunakan sebagai pendukung dalam analisa awal. Pada tahap ini juga dilakukan penyusunan rencana yang kiranya perlu dilakukan agar diperoleh efisiensi dan efektifitas waktu dan pekerjaan dan dilakukan pengamatan pendahuluan agar didapat gambaran umum dalam mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang ada di lapangan.

1. Studi pustaka terhadap materi untuk proses evaluasi dan perencanaan
2. Menentukan kebutuhan data

#### **3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Sesuai dengan tujuan dari tugas akhir ini, yaitu mengetahui kondisi kondisi dan bagian jalinan budaran dengan operasional simpang tak bersinyal, maka untuk pemeliharaan lokasi jalan dipilih adalah bundaran yang mengalami kendala antrian panjang pada saat jam sibuk. Jam sibuk dimaksudkan adalah pada periode dimana arus lalu lintas tersendat (*congestio*). Sesuai dengan kriteria di atas maka pemilihan lokasi lengan jalan yang di ambil adalah simpang tugu timbangan lubuk pakam.

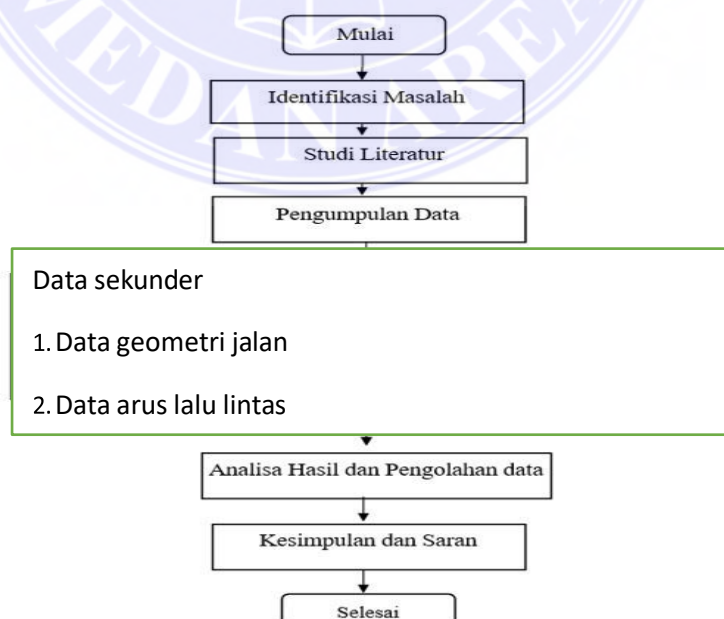
Untuk melihat jalinan pada bundaran tersebut. Pengamatan arus lalu lintas didasarkan pada pengamatan arus rata-rata suatu periode jam puncak (peak hour). didapat jam puncak selama periode pagi (jam 07.00-09.00), siang (jam 12.00 - 14.00), sore (16.00- 18.00), periode pengamatan adalah 2 jam dengan interval waktu selama 15 menit Lokasi survei pada simpang tugu timbangan. Berikut adalah lokasi survei yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 5 Lokasi penelitian

### 3.3 Rancangan Penelitian

Adapun bagan alir penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 6 Bagan alir penelitian

### 3.4. Metode Survey

Metode survei yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung keadaan lapangan sesungguhnya. Hal ini mutlak dilakukan agar dapat diketahui kondisi aktual pada saat ini, sehingga diharapkan tidak terjadi kesalahan dalam evaluasi dan perencanaan.

### 3.5 Pengumpulan Data

Metode Pengumpulan data Bundaran dilakukan dengan pengamatan langsung. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mengetahui gambaran terbaru dan teraktual dari kondisi persimpangan. data yang diperoleh dengan melakukan pengamatan dilapangan secara langsung. Pengumpulan data di lapangan harus dilakukan dengan cara seteliti mungkin agar diperoleh data akurat dan memenuhi.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

a. Data Geometri Bundaran

Data geometri bundaran yang dibutuhkan adalah:

1. Lebar pendekat  $W_1$  dan  $W_2$
2. Lebar jalinan  $W_w$
3. Panjang jalinan  $L_w$
4. Lebar Masuk Rata-rata  $W_e$

b. Data volume lalu-lintas

Data volumue lalu-lintas yang dibutuhkan adalah data dari semua kendaraan (kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor) yang melewati

bundaran yang dapat mengidentifikasi kapasitas bagian jalinan kondisi sekarang dilapangan.

Jenis kendaraan yang diamati adalah:

1. Kelompok kendaraan sepeda motor (MC), Semua jenis kendaraan bermotor roda 2 atau 3.
2. Kelompok kendaraan ringan (LV) kendaraan bermotor ber-as 2 dengan 4 roda dan dengan jarak as 2-3 (meliputi mobil penumpang, mobil pribadi, pick up dan truk kecil).
3. Dan kelompok kendaraan berat (HV), kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi bus besar , truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi).

c. Data geometrik

Untuk pengambilan data geometrik jalan dilakukan dengan pengukuran langsung dilapangan yang bertujuan untuk mendapatkan tipe lokasi, jumlah lajur, lebar lajur, Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran gulung, adapun data yang diambil adalah:

Desain kondisi geometrik meliputi:

1. Lebar badan jalan : 9m
2. Lebar per lajur : 4,5m
3. Kondisi medan: medan datar
4. Lebar bahu jalan
  - a. Kiri : 1.25 meter
  - b. Kanan : 1.40 meter
5. Marka Jalan : ada
6. Rambu lalu lintas : ada



d. Data lingkungan hambatan samping.

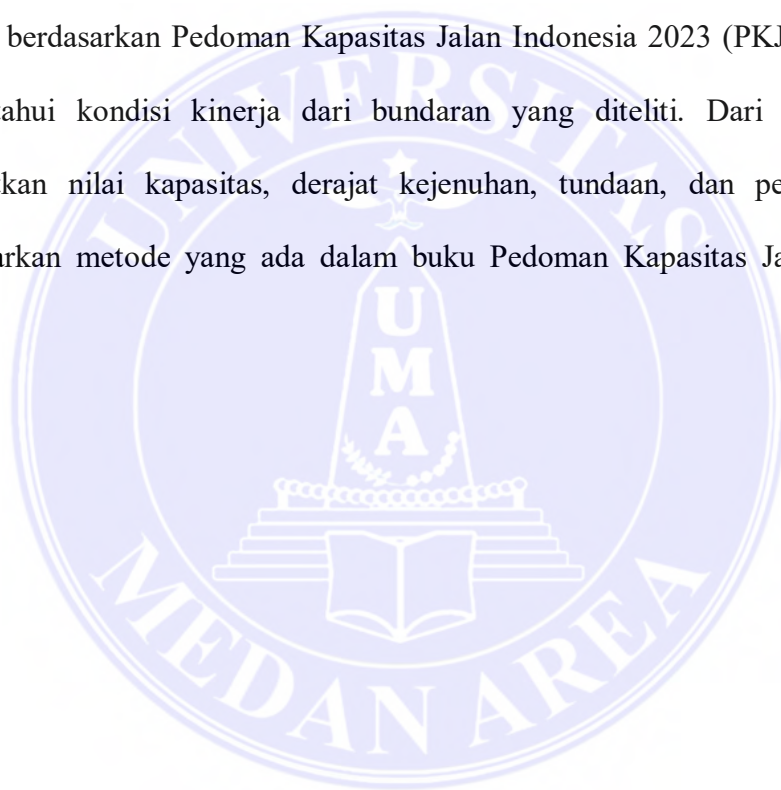
Beberapa faktor hambatan samping yang berpengaruh terhadap tingkat pelayanan jalan yang menonjol diantaranya seperti berikut ini.

1. Pejalan kaki, pada ruas jalan di perkotaan pejalan kaki merupakan faktor hambatan samping yang dominan, hal tersebut dikarenakan adanya aktivitas didaerah bundaran tersebut yaitu jual beli, masjid, pemukiman di Jalan tugu timbangan.
2. Kendaraan lambat, arus kendaraan di jalur lalu lintas apabila ada kendaraan lambat atau kendaraan berkecepatan rendah maka kendaraan dibelakangnya akan melakukan perlambatan, inilah ciri dari perlambatan yang sering kita jumpai. Ditinjau dari segi karakteristik dimensi ruang dan tenaga yang ia miliki jenis kendaraan lambat memungkinkan berpeluang menghambat laju kendaraan lainnya. Kendaraan lambat yang terdapat pada wilayah studi sering beroperasi. Kendaraan Parkir disini adalah parkir yang dilakukan di sisi jalan. Adanya kendaraan yang parkir bisa merubah lebar efektif jalan, yang selanjutnya berdampak pada tingkat pelayanan jalan berupa menurunnya kapasitas operasional dan mempengaruhi kendaraan lain dalam hal pengurangan kecepatan.
3. Kendaraan keluar masuk di akses jalan dan akses lahan. Kendaraan yang keluar masuk akan mengakibatkan konflik karena memotong lajur lalu lintas kendaraan lain. Hal ini juga berdampak pada perlambatan kendaraan di belakangnya.
4. Adanya kegiatan perdagangan yaitu pedagang kaki lima dan ruko-ruko yang mengakibatkan tingginya tarikan kawasan ini, sehingga memicu

perlambatan kendaraan yang berujung pada kemacetan. Hal tersebut juga didukung tingginya kendaraan yang keluar masuk dari kawasan tersebut

### **3.5.1 Pengolahan Dan Analisis Data**

Setelah survei dan pengumpulan data-data lengkap, maka tahapan atau langkah selanjutnya yang dilakukan adalah memproses data berdasarkan bagan alir yang terdapat dalam Pedomann Kapasitas Jalan Indonesia 2023 untuk bundaran bersinyal. Data yang diperoleh dari penelitian di lapangan kemudian dilakukan analisa berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 (PKJI 2023) untuk mengetahui kondisi kinerja dari bundaran yang diteliti. Dari hasil tersebut didapatkan nilai kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian berdasarkan metode yang ada dalam buku Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Kondisi pola arus lalu lintas atau kinerja yang terjadi pada bundaran simpang tugu timbangan lubuk pakam pada kondisi existing ini masih terbilang memenuhi kapasitas yang tersedia, yaitu  $DS = 0.39 \leq 0,75$  untuk setiap bagian jalinannya pada arus lalu lintas jam puncak dan tingkat kelayakan bundaran simpang tugu timbangan lubuk pakam baru ini juga masih layak dalam melayani arus lalu lintas. Hal ini dapat menunjukkan dengan nilai Derajat kejenuhan  $\leq 0,75$  untuk setiap bagian jalinannya pada arus lalu lintas jam puncak.

#### 5.2 Saran

Mengharapkan disiplinnya pada pengguna jalan terutama kendaraan umum seperti angkutan dalam menaik dan menurunkan penumpang tidak disekitar bundaran. Karena hal ini akan menyebabkan kemacetan di dekitar bundaran dan perawatan Dan pengadaan rambu-rambu lalu lintas hendaknya perlu diperhatikan oleh pihak terkait. Seperti untuk lengan pendekat selatan Diperlukan lampu lalu lintas kuning (tanda hati-hati). Hal ini karena sering pengendara kendaraan dari arah lain terlambat mengurangi kecepatannya sehingga berbahaya ketika akan masuk jalinan, baik bagi pengendara itu sendiri ataupun pengendara lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

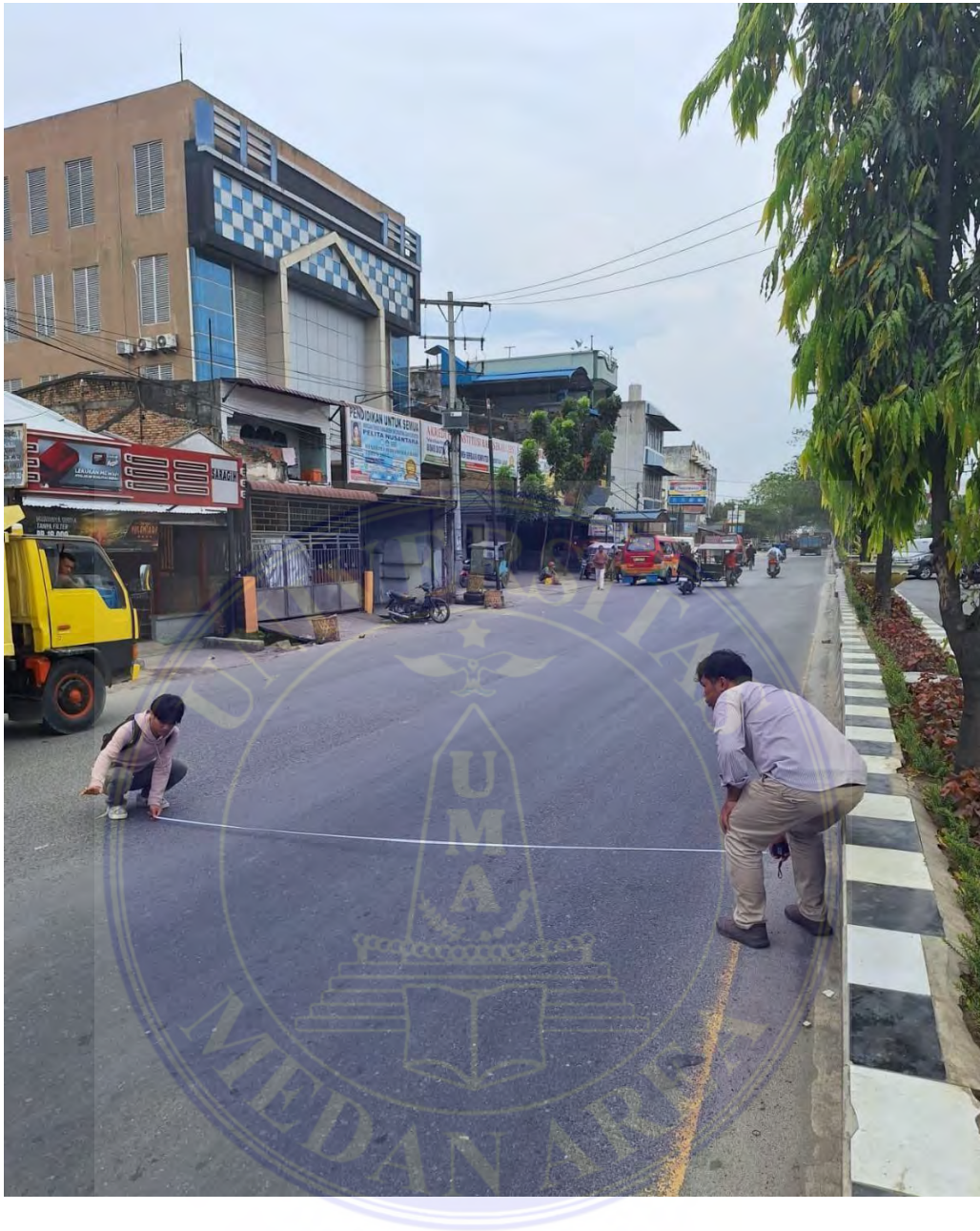
- Dirjen Bina Marga (2009) Prosedur Operasional Standar Survey Lalu Lintas  
Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Dirjen Bina Marga (1990) Petunjuk Tertib Pemanfaatan Jalan, Departemen  
Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (DJB M). 1992. Panduan Survei Perhitungan Lalu  
lintas (cara manual). Jakarta.
- Indonesia. 2006. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan.  
Jakarta.
- Khisty, J. C. dan Lall, B. K. (2003). Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi.  
Diterjemahkan oleh Fidel Miro, Jakarta: Erlangga.
- MKJI (1997) *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jendral Bina  
Marga Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Morlok, E. K. (1991) *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Jakarta:  
Erlangga.
- Sukirman, S (1999) *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung: Nova.



## LAMPIRAN







siantar										
pukul	lurus	Lurus	lurus	kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
07.00 WIB	0	57	252	1	63	245	0	1	57	
07.15 WIB	0	50	223	1	53	221	0	5	45	
07.30 WIB	1	56	239	2	55	180	0	2	62	
07.45 WIB	0	48	224	1	52	243	0	2	34	
08.00 WIB	0	53	274	0	56	211	0	3	43	
08.15 WIB	3	64	241	1	61	199	0	1	33	
07.30 WIB	1	71	231	1	62	187	0	1	56	
08.45 WIB	0	60	220	2	60	214	0	2	76	
Total	5	459	1904	9	462	1700	0	17	406	4962

medan										
pukul	Lurus			Kanan			Kiri			
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
07.00 WIB	2	68	289	0	5	29	0	22	150	
07.15 WIB	2	74	372	0	9	32	0	8	189	
07.30 WIB	2	47	239	0	11	29	0	13	194	
07.45 WIB	0	71	300	0	8	32	0	20	182	
08.00 WIB	0	53	280	0	15	20	0	26	192	
08.15 WIB	2	50	250	0	19	31	0	11	179	
07.30 WIB	0	70	350	0	23	29	0	14	183	
08.45 WIB	0	65	280	0	15	43	0	18	150	
Total	8	498	506	0	105	245	0	132	1419	2913

Galang										
pukul	Lurus			Kanan			Kiri			
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
07.00 WIB	0	13	231	0	4	198	0	3	78	
07.15 WIB	0	14	190	0	6	211	0	7	91	
07.30 WIB	0	16	227	0	2	231	0	8	100	
07.45 WIB	0	7	231	0	3	213	0	10	66	
08.00 WIB	0	8	220	0	2	199	0	7	38	
08.15 WIB	0	23	285	0	4	211	0	13	40	
07.30 WIB	0	20	266	0	5	195	0	15	50	
08.45 WIB	0	21	250	0	4	194	0	10	50	
Total	0	122	1900	0	30	1652	0	73	513	4290

kota L.p										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
07.00 WIB	0	3	89	0	27	167	3	38	46	
07.15 WIB	0	9	120	0	16	153	3	40	49	
07.30 WIB	0	7	98	0	27	148	0	28	44	
07.45 WIB	0	40	164	1	16	153	3	42	62	
08.00 WIB	0	45	198	0	100	267	1	78	65	
08.15 WIB	0	40	186	0	17	87	0	44	64	
07.30 WIB	1	50	216	0	76	326	3	40	50	
08.45 WIB	0	45	198	0	66	338	1	30	50	
Total	1	239	1269	1	345	1639	14	340	430	4278

siantar										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
11.00 WIB	1	51	155	3	64	100	0	9	68	
11.15 WIB	0	64	181	1	37	124	0	7	89	
01.30 WIB	1	83	191	1	46	98	0	6	67	
11.45 WIB	0	75	182	1	42	112	0	10	83	
12.00 WIB	0	83	222	0	57	117	0	4	58	
012.15 WI	0	69	218	1	45	97	0	5	65	
12.30 WIB	0	55	174	1	56	113	0	20	77	
12.45 WIB	3	64	213	2	67	97	0	17	53	
Total	5	544	1536	10	414	858	0	78	560	4005

medan										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
11.00 WIB	2	68	178	0	9	67	0	29	112	
11.15 WIB	0	115	218	0	20	88	0	18	87	
01.30 WIB	1	82	210	0	16	97	0	21	74	
11.45 WIB	0	88	166	0	15	58	0	28	98	
12.00 WIB	0	117	267	0	17	87	0	26	118	
012.15 WI	0	106	233	0	14	118	0	10	108	
12.30 WIB	0	62	83	0	18	98	0	18	96	
12.45 WIB	0	53	101	0	20	67	0	24	87	
Total	3	691	1456	0	129	680	0	174	780	3913

siantar										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
17.00 WIB	0	97	123	0	65	89	0	5	34	
17.15 WIB	0	101	154	0	55	56	0	9	45	
17.30 WIB	1	111	134	1	62	56	0	11	51	
17.45 WIB	0	79	132	0	49	76	0	7	43	
18.00 WIB	0	83	109	0	52	65	0	10	56	
18.15 WIB	1	103	112	2	58	75	0	8	45	
18.30 WIB	1	92	114	1	47	66	0	20	38	
18.45 WIB	1	100	117	1	50	80	0	15	53	
Total	4	766	995	5	438	563	0	85	365	3221

kota Lp										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
11.00 WIB	0	28	152	0	33	148	1	47	124	
11.15 WIB	0	33	70	0	29	104	1	52	98	
01.30 WIB	0	29	73	0	33	153	1	41	112	
11.45 WIB	0	27	50	0	38	177	1	44	102	
12.00 WIB	0	19	85	0	32	152	2	41	87	
012.15 WI	0	34	133	0	26	147	1	43	95	
12.30 WIB	0	29	109	0	29	123	0	51	81	
12.45 WIB	3	25	80	0	29	145	0	41	100	
Total	3	224	752	0	249	1149	7	360	799	3543

Galang										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
11.00 WIB	0	32	98	0	1	78	0	4	77	
11.15 WIB	1	23	112	0	4	98	0	3	65	
01.30 WIB	0	33	99	0	11	67	0	5	81	
11.45 WIB	0	26	102	1	12	56	0	5	67	
12.00 WIB	0	28	90	0	4	78	0	8	75	
12.15 WIB	1	35	87	0	8	89	0	4	65	
12.30 WIB	0	19	99	0	9	87	0	7	78	
12.45 WIB	0	44	102	0	6	69	0	6	91	
Total	2	240	789	1	55	622	0	42	599	2350



siantar										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
17.00 WIB	0	97	123	0	65	89	0	5	34	
17.15 WIB	0	101	154	0	55	56	0	9	45	
17.30 WIB	1	111	134	1	62	56	0	11	51	
17.45 WIB	0	79	132	0	49	76	0	7	43	
18.00 WIB	0	83	109	0	52	65	0	10	56	
18.15 WIB	1	103	112	2	58	75	0	8	45	
18.30 WIB	1	92	114	1	47	66	0	20	38	
18.45 WIB	1	100	117	1	50	80	0	15	53	
Total	4	766	995	5	438	563	0	85	365	3221

medan										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
17.00 WIB	2	96	332	0	16	73	0	15	89	
17.15 WIB	0	74	260	2	14	81	1	17	109	
17.30 WIB	0	88	276	0	24	67	0	20	92	
17.45 WIB	1	81	260	1	26	88	0	19	89	
18.00 WIB	2	76	221	1	21	92	0	20	68	
18.15 WIB	1	91	239	0	17	82	0	11	79	
18.30 WIB	0	102	200	1	10	76	0	24	87	
18.45 WIB	1	110	220	0	11	59	0	25	76	
Total	7	718	2008	5	139	618	1	151	689	4336

kota L.P										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
17.00 WIB	0	48	170	0	46	187	0	28	34	
17.15 WIB	0	28	206	0	41	161	1	35	35	
17.30 WIB	0	53	161	1	27	117	1	35	37	
17.45 WIB	0	50	159	2	23	125	0	39	33	
18.00 WIB	0	29	125	0	41	97	3	41	36	
18.15 WIB	0	40	99	0	33	89	1	21	46	
18.30 WIB	1	47	174	1	40	115	1	35	53	
18.45 WIB	1	50	190	1	50	126	1	56	60	
Total	2	345	1284	5	301	1017	8	290	334	3586



Galang										
pukul	Lurus	Lurus	Lurus	Kanan	Kanan	Kanan	Kiri	Kiri	Kiri	
	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	
17.00 WIB	0	76	141	0	10	25	2	26	56	
17.15 WIB	0	31	102	0	20	28	0	13	28	
17.30 WIB	0	23	84	0	22	35	1	9	31	
17.45 WIB	0	30	63	0	15	30	0	28	34	
18.00 WIB	0	38	28	0	30	29	0	13	29	
18.15 WIB	0	36	51	0	25	25	1	15	21	
18.30 WIB	0	34	43	0	21	30	0	15	15	
18.45 WIB	0	30	40	0	33	25	0	10	26	
Total	0	298	552	0	176	227	4	129	240	1626

