

Evaluasi Kinerja Simpang Bundaran Jalan Teuku Umar Kota Langsa

Hari Handayani¹, Nina Fahriana², Wan Alamsyah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Samudra, Fakultas Teknik, Kota Langsa, Indonesia

* Koresponden email: sigitarrafi@gmail.com

Diterima: 04 Januari 2024

Disetujui: 31 Juli 2024

Abstract

Case study of Roundabout Jl. Teuku Umar, Paya Bujuk Blang Pase is essentially motivated by the performance of the intersection, where the types of vehicles passing through the intersection consist of various types of vehicles such as pedicabs, bicycles, motorbikes, cars, buses, and others. This needs attention because of the busy traffic flow that occurs, causing congestion, especially during rush hours. The aim of this research is to determine and analyze the influence of unsignalized intersections with roundabout capacity on the degree of saturation, delays and queuing opportunities that occur at the Teuku Umar road intersection. The research method used in collecting data is research and recording directly in the field. The types of data used are primary data and secondary data. Primary data was obtained from direct observations in the field, while secondary data was obtained from related agencies. As a basis for completing or analyzing data, the formula contained in the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) is used to determine the level of intersection service. The results of the analysis show that from the survey the feasibility level of the Ir.H.Juanda-KH. Samanhudi is still quite good at serving traffic flow. This can be shown by the degree of saturation value of $0.39 \leq 0.75$ for each part of the network during peak hour traffic flow.

Keywords: *Roundabout, Intersection, MKJI*

Abstrak

Studi kasus Bundaran Jl. Teuku Umar, Paya Bujuk Blang Pase 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 jalan Teuku Umar. Metode penelitian yang digunakan dalam pengambilan data adalah penilitian dan pencatatan secara langsung di lapangan. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer deperoleh 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 Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 untuk mengetahui tingkat pelayanan simpang. Adapun hasil analisis menunjukkan bahwa dari survey tingkat kelayakan simpang jalan Ir.H.Juanda-KH. Samanhudi 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, Persimpangan, MKJI

1. Pendahuluan

Menurut Pedoman Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah), bundaran adalah persimpangan yang dilengkapi lajur melingkar dan mempunyai desain spesifikasi dan dilengkapi perlengkapan lalu lintas. Bundaran juga dapat diartikan sebagai persimpangan yang dikelilingi oleh jalan satu arah, Untuk mengurangi jumlah titik konflik yang ada, dilakukan pemisahan waktu pergerakan arus lalu lintas. Waktu pergerakan arus lalu lintas yang terpisah ini disebut fase. Pengaturan pergerakan arus lalu lintas dengan fase-fase ini dapat mengurangi titik konflik yang ada sehingga diperoleh pengaturan lalu lintas yang lebih baik untuk menghindari besarnya antrian, tundaan, kemacetan dan kecelakaan.

A. Bundaran

Bundaran (round-about) merupakan salah satu jenis pengendalian persimpangan yang umumnya dipergunakan pada daerah perkotaan dan luar kota. Lalu lintas yang didahulukan adalah lalu lintas yang sudah berada dibundaran, sehingga kendaraan yang akan masuk ke bundaran harus memberikan kesempatan terlebih dahulu kepada lalu lintas yang sudah berada di bundaran. Sebuah bundaran terdiri dari sebuah jalur lalu lintas terarah yang mengitari sebuah pulau di tengah yang mana dapat berupa pulau timbul atau rata. Jenis bundaran lalu lintas ini untuk menciptakan suatu pergerakan rotasi arus lalu lintas, menggantikan gerakan berpotongan dengan serangkaian seksi persilangan.[1]

B. Persimpangan

Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, disini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan. Setiap persimpangan mencakup pergerakan lalu lintas menerus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih dari kaki persimpangan dan mencakup juga pergerakan perputaran. Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan berbagai cara, bergantung pada jenis persimpangannya.[2]

C. Rasio Jalinan Bundaran

Nilai Rasio menjalin pada masing-masing bagian jalinan pada bundaran adalah rasio pembagian arus menjalin total dengan arus total. Perhitungan Rasio kendaraan bermotor dapat dihitung menggunakan Persamaan :

$$PW = QW / QTOT \quad (1)$$

Keterangan:

QW : Arus menjalin total (smp/jam)

QTOT : Arus total (smp/jam)

PW : Rasio jalinan

Sedangkan untuk Rasio kendaraan tak bermotor untuk bagian jalinan bundaran dihitung dengan membagi antara arus total kendaraan tak bermotor dengan arus total kendaraan bermotor dalam satuan kend/jam yang dapat dihitung menggunakan Persamaan :

$$PUM = QUM / QVEH \quad (2)$$

Keterangan:

QUM : Arus tak-bermotor total

QVEH : Arus total kendaraan bermotor (kend/jam)

PUM : Rasio kendaraan tak-bermotor

D. Prosedur Perhitungan

Adapun prosedur perhitungan yang digunakan ialah Manual Kapasitas Jalan Indonesia [3] Urutan perhitungan analisis kinerja persimpangan dengan bundaran yang digunakan adalah :

1. Data masukan
2. Perhitungan kapasitas
3. Derajat kejenuhan
4. Tundaan bagian jalinan bundaran
5. Peluang antrian bagian jalinan bundaran

E. Data Masukan

1) Kondosi Geometri

Data geometri yang dibutuhkan untuk menganalisis bundaran sesuai ketentuan [4] adalah gambar tampak atas bundaran yang meliputi nama kota, nama propinsi, nama jalan, dan panah penunjukan arah utara, Lebar pendekat, lebar jalinan, panjang jalinan dan lebar bahu.

2) Arus Lalu Lintas Untuk Persimpangan

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 pendekat terlindung dan terlawan [4].

Tabel 2.4. Nilai EMP untuk Setiap tipe pendekat

Jenis kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	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

Sumber : (MKJI, 1997).

Tabel 2.5. Perhitungan arus masuk bagian jalinan bundaran untuk empat lengan termasuk putaran U

Bagian jalinan	Arus masuk bundaran (Qmasuk)	Arus masuk bagian jalinan (Qtot)	Arus menjalin (Qw)	Rasio menjalin (Pw)
AB	$A=A_{LT}+A_{ST}+A_{RT}+A_{UT}$	$A+D-D_{LT}+C_{RT}+C_{UT}+B_{UT}$	$A-A_{LT}+D_{ST}+C_{RT}+B_{UT}$	Q_{WAB}/Q_{AB}
BC	$B=B_{LT}+B_{ST}+B_{RT}+B_{UT}$	$B+A-A_{LT}+D_{RT}+D_{UT}+C_{UT}$	$B-B_{LT}+A_{ST}+D_{RT}+C_{UT}$	Q_{WBC}/Q_{BC}
CD	$C=C_{LT}+C_{ST}+C_{RT}+C_{UT}$	$C+B-B_{LT}+A_{RT}+A_{UT}+D_{UT}$	$C-C_{LT}+B_{ST}+A_{RT}+D_{UT}$	Q_{WCD}/Q_{CD}
DA	$D=D_{LT}+D_{ST}+D_{RT}+D_{UT}$	$D+C-C_{LT}+B_{RT}+B_{UT}+A_{UT}$	$D-D_{LT}+C_{ST}+B_{RT}+A_{UT}$	Q_{WDA}/Q_{DA}

Sumber : (B Tri Bawono, 2016).

3) Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Dalam menghitung nilai LHRT harus adanya data jumlah kendaraan yang dilakukan selama satu tahun penuh. Maka dengan hal tersebut memakan biaya yang cukup besar dalam membandingkan ketelitian yang dicapai dan begitupun semua tempat di Indonesia tidak mempunyai data volume lalu lintas yang dilakukan selama 1 tahun, dengan kondisi demikian maka dapat dipergunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) [5].

4) 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.[4].

Tabel 2.6: Ekvivalen mobil penumpang jalan perkotaan terbagi

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 (6/2D)	>1100	1,2	0,25

Sumber : (MKJI, 1997).

Tabel 2.7. Ekvivalen mobil penumpang jalan perkotaan tak terbagi

Tipe Jalan tak terbagi				
Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	HV	Emp		
		MC		
		Lebar jalur lalu lintas Wc (m)		
		<6	>6	

Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1,3	0,40	
	≥ 3700	1,2	0,25	

Sumber : (MKJI, 1997).

5) Kondisi Lingkungan

Kelas ukuran kota dapat ditentukan berdasarkan jumlah penduduk pada suatu daerah perkotaan dapat di hitung berdasarkan pada tabel faktor penyesuaian ukuran kota berikut :

Tabel 2.8. Faktor Penyesuaian ukuran kota

Ukuran Kota (CS)	Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
Sangat kecil	$< 0,1$	0,82
Kecil	0,1 – 0,5	0,83
Sedang	0,5-0,1	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	$> 3,0$	1,05

Sumber : (MKJI, 1997).

Tabel 2.9 Tipe lingkungan jalan

Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Pemukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Akses terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping, dsb).

Sumber : (B Tri Bawon, 2016).

6) Hambatan Samping

Hambatan samping menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang pada arus berangkat lalu lintas, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bis berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan pertimbangan teknik lalu lintas sebagai tinggi, sedang atau rendah [6].

Tabel 2.10. Efisiensi hambatan samping

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

Sumber : (MKJI, 1997).

Tabel 2.11: Kelas hambatan samping untuk jalan perkotaan

Kelas Hambatan Samping (SCF)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 meter per jam (dua sisi)	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	VL	< 100	Daerah Pemukiman dan jalan dengan jalan samping.
Rendah	L	100-299	Daerah pemukiman beberapa kendaraan umum, dsb.

Sedang	M	300-499	Daerah industri, beberapa took disisi jalan.
Tinggi	H	500-899	Daerah komersial, aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	>900	Daerah komersial dengan aktifitas pasar disamping jalan.

Sumber : (MKJI, 1997).

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 [4].

Faktor penyesuaian FCsf dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Faktor penyesuaian FCsf untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu

Tipe Jalan	Jalan hambatan samping (SFc)	Faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif rata-rata Ws (M)			
		<0,5 M	1,0 M	1,5 M	> 2M
Empat lajur terbagi (4/2 D)	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat lajur tak terbagi (4/UD)	Sangat rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua lajur tak terbagi (2/2UD)atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : (MKJI, 1997).

7) 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 [4]:

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

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:

Faktor WW = $135 \times WW^{1.3}$

Faktor WE / WW = $(1 + WE / WW)^{1.5}$

Faktor PW = $(1 - PW / 3)^{0.5}$

Faktor WW / LW = $(1 + WW / LW)^{-1.8}$

Lebar Rata-rata Pendekat

We = $(W1 + W2)/2$

W1= Lebar pendekat masuk ke 1

W2= Lebar pendekat masuk ke 2

8) Kapasitas Sesungguhnya

Kapasitas (C) sesungguhnya (smp/jam) dihitung dengan menggunakan induksi faktor penyesuaian F. Besarnya kapasitas tersebut dihitung dengan menggunakan Pers. 2.9 [4] :

$$C_o = 135 \times W W^{1.3} \times (1 + W E / W W)^{1.5} \times (1 - p w / 3)^{0.5} \times (1 + W w / L W)^{-1.8} \times F C S \times F(2.9)$$

Keterangan :

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

Lw = panjang jalinan (m) Pw = rasio jalinan

FCS = Faktor Penyesuaian Kota

FRSU = Faktor Penyesuaian Lingkungan

Faktor penyesuaian FcS untuk ukuran kota dimasukan sebagai jumlah penduduk di seluruh daerah perkotaan sebagaimana Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Tabel arus bebas dasar

Ukuran Kota	Jumlah Penduduk	Faktor Penyesuaian Kota
Sangat Kecil	< 0.1	0.82
Kecil	0.1 – 0.5	0.88
Sedang	0.5 – 1	0.94
Besar	1.0 – 3.0	1.00
Sangat Besar	< 3.0	1.05

Sumber : (MKJI, 1997).

Faktor penyesuaian F tipe lingkungan jalan di klasifikasikan dalam kelas menurut guna tanah dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktifitas sekitarnya

Tabel 2.14. Tipe Lingkungan jalan

Tipe	Keterangan
Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya perkotaan, rumah makan, perkotaan dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan)
Pemukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
Akses Terbatas	Tempat jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dan sebagainya)

Sumber : (MKJI, 1997).

Tabel 2.15. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan samping (SF)	Rasio Kendaraan Bermotor (Pum)					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	>0.2
Komersial	Tinggi	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
	Sedang	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.70
	Rendah	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71
Pemukiman	Tinggi	0.96	0.91	0.87	0.81	0.77	0.72
	Sedang	0.97	0.92	0.88	0.82	0.77	0.73
	Rendah	0.98	0.93	0.89	0.83	0.78	0.74
Akses Terbatas	Tinggi	1.00	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75
	Sedang	1.00	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75
	Rendah	1.00	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75

Sumber : (MKJI, 1997).

Derajat kejenuhan yaitu rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan (DS) bagian jalinan dihitung berdasarkan Pers. 2.13 berikut [4]:

Tingkatan Pelayanan	Derajat kejenuhan	Keterangan
A	0,00 – 0,20	Arus Bebas
B	0,20 – 0,44	Arus Stabil , Kecepatan Mulai Terbatas
C	0,45 – 0,74	Arus Stabil, Tetapi Kecepatan Dan Gerak Kendaraan dikendalikan arus Tidak Stabil, Kecepatan Menurun
D	0,75 – 0,84	Arus Stabil, Kendaraan Terdekat
E	0,85 – 1,00	Arus Terhambat, Kecepatan Rendah
F	$\leq 1,00$	

$$DS = \frac{Q_{smp}}{C}$$

$$Q_{smp} = Q_{kendaraan} \times F_{smp}$$

$$F_{smp} = Lv \% + (Hv \% \times emp_{HV}) + (MC \% \times emp_{MC}) / 100$$

Keterangan :

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

$$F_{smp} = \text{Faktor satuan mobil penumpang}$$

$$C = \text{Kapasitas (smp/jam)}$$

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

- Tundaan lalu lintas (DT) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam persimpangan.
- Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan lalu lintas.

Tundaan rata-rata bagian jalinan dihitung dengan penyesuaian seperti pada

Pers. 2.16 [4]:

$$D = DT + DG$$

Keterangan:

$$D = \text{tundaan rata-rata bagian jalinan (det/smp)}$$

$$DT = \text{tundaan lalu lintas rata-rata bagian jalinan (det/smp)}$$

$$DG = \text{tundaan geometrik rata-rata bagian jalinan (det/smp)}$$

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

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

Tundaan rata-rata bundaran dihitung menggunakan Pers. 2.18:

$$DTR = \sum (Q_i \times DT) / Q_{masuk} ; i = 1 \dots n$$

Keterangan:

$$DTR = \text{Tundaan Lalu lintas bundaran (det/smp)}$$

$$I = \text{Bagian jalinan i dalam bundaran}$$

$$N = \text{Jumlah bagian jalinan dalam bundaran}$$

$$Q_i = \text{Arus total lapangan pada bagian jalinan i (det/smp)}$$

$$DT_i = \text{Tundaan lalu lintas rata-rata pada bagian jalinan i (det/smp)}$$

$$Q_{masuk} = \text{Jumlah arus total yang masuk bundaran (smp/jam)}$$

Tundaan bundaran (DR) adalah tundaan lalu lintas rata-rata per kendaraan masuk bundaran dapat dihitung menggunakan Pers 2.19 (MKJI, 1997) : $DR = DTR + 4$ (det/smp) Untuk ukuran batasnya 10 det/smp

10) Peluang Antrian Bagian Jalinan (QP%)

Peluang antrian $QP\%$ pada bagian jalinan ditentukan berdasarkan kurva antrian empiris, dengan derajat kejenuhan sebagai variabel masukan (MKJI,1997). Peluang antrian dihitung dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan yang dapat dihitung menggunakan Pers. 2.20 [4]:

$$\text{Batas atas } QP = 26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2 + 108,7 \times DS^3$$

$$\text{Batas bawah } QP = 9,41 \times DS + 29,967 \times DS^{4,619}$$

Keterangan:

$QP\%$ = Peluang antrian bagian jalinan i.

n = Jumlah bagian jalinan dalam bundaran

11) Peluang Antrian bundaran ($QPR\%$)

Peluang Antrian Bundaran ditentukan dengan nilai sesuai pada Pers. 2.21 (MKJI,1997):

$$QPR\% = \text{Maks dari } QPi\%$$

2. Metodologi

Metode survei yang dilakukan dengan mengadakan pengamatan secara langsung kondisi pada lapangan. Hal ini mutlak dilakukan untuk dapat diketahui kondisi aktual, diharapkan sehingga tidak terjadi kesalahan dalam melakukan evaluasi dan perencanaan. Tujuan survei yang dilakukan dalam penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan data primer yang diperlukan berdasarkan fakta-fakta yang tampak dan sebagaimana pada lokasi penelitian, sehingga akan mendapatkan gambaran yang jelas mengenai geometris di sekitar bundaran, arus lalu lintas dan kondisi hambatan samping pada lokasi penelitian. Adapun data – data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi :

A. Data Primer

1) Data Geometri Bundaran

Tabel 3.1: Geometri bundaran.

No	Keterangan	Jalinan			
		AB	BC	CD	DA
1	LebarPendekat (W_1)	9 m	9 m	9 m	9 m
2	LebarPendekat (W_2)	12,2 m	12,2 m	12,2 m	12,2 m
3	Lebar Masuk Rata-rata (W_e)	10,6 m	10,6 m	10,6 m	10,6 m
4	LebarJalinan (W_w)	8,2 m	8,2 m	8,2 m	8,2 m
5	PanjangJalinan (L_w)	22,7 m	22,7 m	22,7 m	22,7 m

2) Data Geometri Jalan

Diameter Bundaran : 2 meter

Tipe jalan Teuku Umar untuk setiap simpang 1 Jalur 2 lajur 2 arah terbagi dan tak terbagi

Lebar badan jalan Teuku Umar : 18,5 meter

Lebar per lajur : 9 meter

Kondisi medan : medan datar

Lebar bahu jalan Kiri : 1.25 meter

Lebar bahu jalan Kanan : 1.25 meter

Marka Jalan : Tidak ada

Rambu lalu lintas : ada (tidak aktif)

3) Data Volume Lalu Lintas

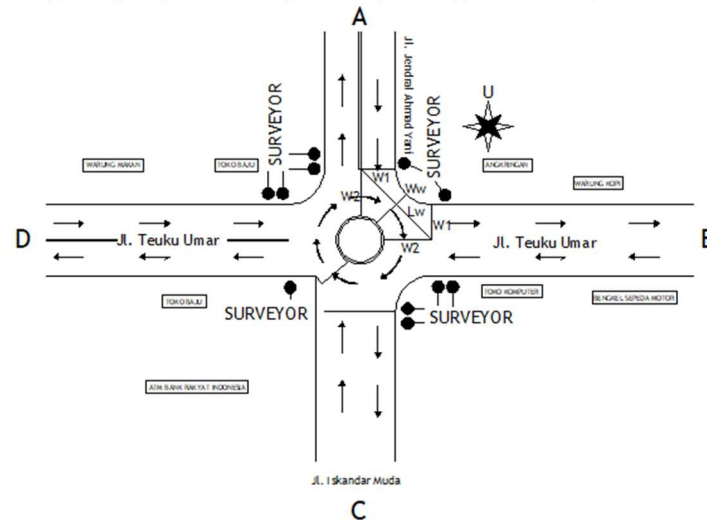
4) Data Lingkungan Hambatan samping

B. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang didapatkan dari beberapa referensi, Untuk metode pengumpulan data sekunder dengan cara metode literature yaitu dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, yang dapat digunakan pada penelitian ini.

C. Pelaksanaan Survei

Dalam pelaksanaan survey lalu lintas dilaksanakan di 4 titik simpang bundaran jalan Teuku Umar Kota Langsa. Disetiap simpang akan diteliti oleh 3 orang surveyor, setiap surveyor menghitung arus lalu lintas dan hambatan samping pada setiap simpang. Berikut gambar penempatan surveyor dalam melakukan penelitian.



Keterangan :

Pada setiap simpang titik surveyor ada 2 orang surveyor yang mengambil data kendaraan lalu lintas yang akan keluar dari arah Jl. Ahmad Yani

D. Pengolahan Data

Setelah survey dan pengumpulan data-data lengkap, maka tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah memproses data berdasarkan bagan alir yang terdapat dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 pada bundaran tak bersnyal. Data yang diperoleh dari penelitian di lapangan kemudian dianalisa berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI, 1997) 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 Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (Dirjen Bina Marga, 1997).

3. Hasil dan Pembahasan

A. Perhitungan Volume Lalu lintas Simpang Teuku Umar pada jam puncak dapat dilihat pada Tabel

Tabel 4.4: Perhitungan arus lalu lintas (Minggu, 18 Juni 2023).

Pendekat	Jam	Arah Kendaraan			Jumlah Kendaraan Smp/jam
		LT Smp/jam	ST Smp/jam	RT Smp/jam	
A (Utara)	09.00 - 11.00	27,4	28,4	33,6	89,4
	13.00 - 15.00	31,2	35	37,2	103,4
	16.00 - 18.00	50,8	46	46,8	143,6
B (Timur)	09.00 - 11.00	42	38	25,5	105,5
	13.00 - 15.00	33	29,5	35	97,5
	16.00 - 18.00	60,5	54	54,5	169
C (Selatan)	09.00 - 11.00	27,2	31,8	26,6	85,6
	13.00 - 15.00	33,4	38,2	29,8	101,4
	16.00 - 18.00	53,8	53,8	47,2	154,8
D (Barat)	09.00 - 11.00	35	37,5	43	115,5
	13.00 - 15.00	37,5	30	32,5	100
	16.00 - 18.00	61	56,5	62	179,5

Dari table diatas Jam puncak hari Minggu, 18 Juni 2023 adalah :

$$\text{Pagi} = 89,4 + 105,5 + 85,6 + 115,5 = 396,0 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Siang} = 103,4 + 97,5 + 101,4 + 100 = 402,3 \text{ smp/jam}$$

Sore = $143,6 + 169 + 154,8 + 179,5 = 646,9$ smp/jam

Jam puncak terjadi pada Sore hari = 646,9 smp/jam

Dari tiga hari pada jam puncak diperoleh jumlah arus lalu lintas yang paling besar yaitu pada hari Minggu 18 Juni 2023 pada Sore hari sebanyak 646,9 smp/jam. Volume lalu lintas jam puncak Simpang Teuku Umar (kend/jam) dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Volume lalu lintas jam puncak simpang Tengku Umar (smp/jam) diperoleh volume lalu lintas jam puncak pada Tengku Umar (smp/jam) dapat dilihat pada Tabel. 4.6.

Tabel 4.6: Volume lalu lintas jam puncak (Smp/Jam).

Pendekat (Smp/Jam)	Waktu kend/30 menit	ARAH KENDERAAN								
		LT (Belok Kiri)			ST (Lurus)			RT (Belok Kanan)		
		LV	MC	UM	LV	MC	UM	LV	MC	UM
A (Utara)	16:00 - 16:30	4	7,2	2	5	6,8	0	3	7,2	0
	16:30 - 17:00	4	8	0	4	7,2	0	4	7,6	0
	17:00 - 17:30	5	8	1	4	8	0	5	8	0
	17:30 - 18:00	4	7,6	0	3	8	0	4	8	0
B (Timur)	16:00 - 16:30	5	10	3	4	9,5	0	2	8,5	1
	16:30 - 17:00	4	9	0	4	10	1	2	8	0
	17:00 - 17:30	5	9	0	4	10	0	7	10	0
	17:30 - 18:00	5	9,5	1	2	8,5	1	4	11	1
C (Seletan)	16:00 - 16:30	4	8	1	4	7,2	1	3	8	0
	16:30 - 17:00	5	7,6	0	5	8	0	5	6,8	2
	17:00 - 17:30	5	9,2	1	4	8,8	3	6	4,8	0
	17:30 - 18:00	5	8	0	4	8,8	0	3	7,6	1
D (Barat)	16:00 - 16:30	4	9,5	0	3	8,5	1	3	8,5	2
	16:30 - 17:00	3	8,5	3	4	10	0	4	10	0
	17:00 - 17:30	5	10	0	4	10	0	4	9,5	0
	17:30 - 18:00	6	11	1	4	11	1	7	11	3

B. Hambatan Samping

Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan sesuai MKJI, 1997 adalah:

- Pejalan kaki (bobot = 0.5)
- Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti (bobot = 1.0)
- Kendaraan lambat misal becak, kereta kuda (bobot = 0,4)
- Kendaraan masuk dan keluar disamping jalan (bobot = 0.7)

Tabel 4.7: Frekuensi hambatan samping pada hari Minggu tanggal 18 Juni 2023

Jam	PED		PSV		SMV		EEV	
	Faktor bobot= 0,5		Faktor bobot= 1		Faktor bobot= 0,4		Faktor bobot= 0.7	
	Jumlah orang	Jumlah Terbobot	Jumlah orang	Jumlah Terbobot	Jumlah orang	Jumlah Terbobot	Jumlah orang	Jumlah Terbobot
09.00-11.00	36	18,0	68	68	35	14,0	34	23,8
13.00-15.00	42	21,0	48	48	47	18,8	56	39,2
16.00-18.00	57	28,5	48	48	56	22,4	26	18,2

Jumlah (PED x F.bobot) = 57×0.5 = 28,5

Jumlah (PSV x F.bobot) = 48×1 = 48

Jumlah (SMV x F.bobot) = 56×0.4 = 22,4

Jumlah (EEV x F.bobot) = 26×0.7 = 18,2

Jadi, total bobot frekuensi hambatan samping yaitu:

=

Total frekuensi

$$(PED \times F. \text{ bobot}) + (PSV \times F. \text{ bobot}) + (SMV \times F. \text{ bobot}) + (EEV \times F. \text{ bobot}) \\ = (28,5) + (48) + (22,4) + (28,7) = 127,6 \text{ bobot kejadian}$$

Dalam survey selama 3 hari yang diwakili pada hari-hari sibuk didapat jam puncak untuk perhitungan hambatan samping yaitu pada hari Minggu jam 16:00-18:00 sebesar 127,6 bobot kejadian didapat kelas hambatan sampingnya adalah Rendah (L).

4.3. Perhitungan Arus Masuk Bagian Jalinan (Qtot)

Arus masuk bagian jalinan ialah arus lalu lintas, dari lengan pendekat yang masuk pada bagian jalinan. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Arus masuk jalinan (Qtot).

Bagian Jalinan	Arus Masuk Jalinan (Smp/Jam)	Q (Smp/Jam)
AB	$Q_A - Q_{A.LT} + Q_{D.LT} + Q_{C.RT} + Q_{B.UT}$	717,60
BC	$Q_B - Q_{B.LT} + Q_{A.ST} + Q_{D.RT} + Q_{D.UT}$	719,60
CD	$Q_C - Q_{C.LT} + Q_{B.ST} + Q_{A.RT} + Q_{D.UT}$	700,10
DA	$Q_D - Q_{D.LT} + Q_{C.ST} + Q_{B.RT} + Q_{A.UT}$	737,50

$$\text{Arus masuk bundaran} = 717,60 + 719,60 + 700,10 + 737,50 = 2874,800 \text{ smp/jam}$$

4.3.1. Perhitungan Arus Menjalin (Ow)

Arus menjalin bagian jalinan. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada

Tabel 4.9: Perhitungan arus menjalin (Qw)

Bagian Jalinan	Arus Masuk Jalinan (Smp/Jam)	Q (Smp/Jam)
AB	$Q_A + Q_D - Q_{D.LT} + Q_{C.RT} + Q_{C.UT} + Q_{B.UT}$	393,80
BC	$Q_B + Q_A - Q_{A.LT} + Q_{D.RT} + Q_{D.UT} + Q_{C.UT}$	419,50
CD	$Q_C + Q_B - Q_{B.LT} + Q_{A.RT} + Q_{A.UT} + Q_{D.UT}$	388,80
DA	$Q_D + Q_C + Q_{C.LT} + Q_{B.RT} + Q_{B.UT} + Q_{A.UT}$	442,30

$$\text{Arus masuk bundaran} = 393,80 + 419,50 + 388,80 + 442,30 = 1644,40 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan Rasio Menjalin (Pw)

Rasio menjalin adalah perbandingan antara arus yang menjalin (Qw) dengan arus bagian jalinan perhitungan sebagai berikut :

$$-Pw \text{ AB } = \frac{419,507}{19,60} = 0,549$$

$$-Pw \text{ BC } = \frac{393,80}{717,60} = 0,583$$

$$-Pw \text{ CD } = \frac{388,807}{00,10} = 0,555$$

$$-Pw \text{ DA } = \frac{442,307}{37,50} = 0,600$$

Kondisi Lingkungan

a. Faktor penyesuaian ukuran kota (F)

Penduduk Kota Langsa 2022 berjumlah 176 811 ribu jiwa. Berdasarkan Tabel 2.13 (kondisi lingkungan) dapat diketahui $F_{CS} = 0,88$

b. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (PUM), berdasarkan Tabel 2.15, hasil survey hambatan samping adalah sebagai berikut:

- ✓ Jenis lingkungan dikategorikan komersil
- ✓ Hambatan samping dikategorikan rendah
- ✓ Rasio kendaraan tak bermotor

$$\begin{aligned}
 \text{-Pum A} & \frac{3}{140,6} = 0,021 \\
 \text{-Pum B} & \frac{8}{161} = 0,049 \\
 \text{-Pum C} & \frac{9}{145,8} = 0,061 \\
 \text{-Pum D} & \frac{11}{168,5} = 0,065
 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas dasar (C_0) dipengaruhi oleh kondisi geometri dari bundaran. Berdasarkan Pers. 2.6 nilai kapasitas dasar dapat diketahui sebagai berikut :

$$C_0 = 135 \times WW^{1.3} \times (1 + W_E / WW)^{1.5} \times (1 - p_w/3)^{0.5} \times (1 + W_w / LW)^{1.8}$$

a. Jalinan AB

$$\begin{aligned}
 \text{- Nilai Faktor } W_w & = 135 \times 8,20^{1.3} = 2081,094 \\
 \text{- Nilai faktor } W_E / WW & = (10,60 + 8,20)^{1.5} = 3,471 \\
 \text{- Nilai Faktor } P_w & = (1 - 0,549/3)^{0.5} = 0,904 \\
 \text{- Nilai Faktor } W_w / LW & = (8,20 + 22.70)^{1.8} = 0,574 \\
 \text{- } C_0 & = 2081,094 \times 3,471 \times 0,904 \times 0,574 = 3748,523 \text{ Smp/jam}
 \end{aligned}$$

b. Jalinan BC

$$\text{- } C_0 = 3978 \times 2.22 \times 0.99 \times 0.76 = 3722,289 \text{ Smp/jam}$$

c. Jalinan CD

$$\text{- } C_0 = 3978 \times 2.22 \times 0.99 \times 0.76 = 3743,491 \text{ Smp/jam}$$

d. Jalinan DA

$$\text{- } C_0 = 3978 \times 2.22 \times 0.99 \times 0.76 = 3709,356 \text{ Smp/jam}$$

4.4.2. Kapasitas Sesungguhnya

Untuk menghitung besarnya kapasitas sesungguhnya digunakan Pers 2.12

$$C = 135 \times WW^{1.3} \times (1 + W_E / WW)^{1.5} \times (1 - p_w/3)^{0.5} \times (1 + W_w / LW)^{1.8} \times FCS \times FR_{SU}$$

$$C = 3748,523 \times 0,88 \times 0,90 = 2969 \text{ Smp/jam}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10: Kapasitas sesungguhnya masing-masing jalinan.

Bagian Jalinan	C_0 (Smp/jam)	Fcs	Frsu	C (Smp/jam)
AB	3748,523	0,88	0,90	2969
BC	3722,289	0,88	0,90	2948
CD	3743,491	0,88	0,90	2965
DA	3709,357	0,88	0,90	2938

Pada tabel nilai kapasitas sesungguhnya menggunakan parameter factor dalam perhitungannya yaitu faktor penyesuaian ukuran kota menggunakan Fcs = 0,88 karena data penduduk Kota Langsa pada tahun 2022 berjumlah 176 811 ribu jiwa. Berdasarkan Tabel 2.13, dan factor Frsu = 0,90 dilihat pada tabel 2.15 dilihat dari Rasio Kendaraan Bermotor (Pum) dan kelas hambatan samping.

4.5. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah nilai perbandingan antara arus lalu lintas jam puncak atau arus lalu lintas sesungguhnya dengan kapasitas sesungguhnya, seperti dalam Pers 2.13.

$$DS = \frac{Q_{tot}}{C} = \frac{717,60}{2969} = 0,242$$

Tabel 4.11: Perhitungan volume dan derajat kejenuhan.

Bagian Jalinan	Q tot (Smp/jam)	C (Smp/jam)	DS = Q_{tot}/C	KETERANGAN
AB	717,60	2969	0,242	Arus Stabil , Kecepatan Mulai Terbatas

BC	719,60	2948	0,244	Arus Stabil , Kecepatan Mulai Terbatas
CD	700,10	2965	0,236	Arus Stabil , Kecepatan Mulai Terbatas
DA	737,50	2938	0,251	Arus Stabil , Kecepatan Mulai Terbatas

4.6. Tundaan

Berdasarkan pada Pers 2.18 dapat dianalisis perhitungan Tundaan Bagian Jalinan sebagai berikut:
 $DT = 2 + 2,68982 \times DS - (1 - DS) \times 2$

- Jalinan AB
 $DT = 2 + 2,68982 \times DS - (1 - DS) \times 2$
 $DT = 2 + 2,68982 \times 0,242 - (1 - 0,242) \times 2 = 1,134 \text{ det/smp}$
- Jalinan BC
 $DT = 2 + 2,68982 \times DS - (1 - DS) \times 2 = 1,145 \text{ det/smp}$
- Jalinan CD
 $DT = 2 + 2,68982 \times DS - (1 - DS) \times 2 = 1,107 \text{ det/smp}$
- Jalinan CD
 $DT = 2 + 2,68982 \times DS - (1 - DS) \times 2 = 1,177 \text{ det/smp}$

4.6.1. Tundaan lalu lintas bundaran (DTr)

Perhitungan arus masuk bagian jalinan yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 Selanjutnya diketahui arus masuk bundaran = 2874,800 smp/jam, maka dapat diketahui perhitungan nilai tundaan lalu lintas bundaran sebagai berikut:

- Jalinan AB = $Q \text{ tot} \times DT = 717,600 \times 1.83 = 813,459 \text{ detik}$
- Jalinan BC = $Q \text{ tot} \times DT = 719,600 \times 1.76 = 823,765 \text{ detik}$
- Jalinan CD = $Q \text{ tot} \times DT = 700,100 \times 1.25 = 775,308 \text{ detik}$
- Jalinan DA = $Q \text{ tot} \times DT = 737,500 \times 1.25 = 868,273 \text{ detik}$

$$\frac{\sum(Q \cdot DT)}{Q_{masuk}} = \sum(Q1 \cdot DT1) = 3280,805 \text{ detik}$$

$$DTR \frac{3280,805}{2874,800} = 1,141 \text{ det/smp}$$

4.6.2. Tundaan Bundaran

Berdasarkan pada Pers 2.19 dapat dianalisis perhitungan tundaan bundaran sebagai berikut:

$$DR = DTR + 4 \text{ det/smp}$$

$$DR = 1,141 + 4 = 5.34 \text{ det/smp}$$

4.6.3. Peluang Antrian

- Peluang antrian bagian jalinan ($Qp\%$)
 Jalinan AB, dengan $DS = 0,242$
 Batas atas $QP = 26.65 \times 0,242 - 5.555 \times 0,242^2 + 108.7 \times 0,242^2 = 4,73 \%$
 Batas bawah $QP = 9.41 \times 0,242 + 29.967 \times 0,242^{4,619} = 2,32 \%$
 Jalinan BC, dengan $DS = 0,244$
 Batas atas $QP = 26.65 \times 0,244 - 5.555 \times 0,244^2 + 108.7 \times 0,244^2 = 4,77 \%$
 Batas bawah $QP = 9.41 \times 0,244 + 29.967 \times 0,244^{4,619} = 2,34 \%$
 Jalinan CD, dengan $DS = 0,236$
 Batas atas $QP = 26.65 \times 0,236 - 5.555 \times 0,236^2 + 108.7 \times 0,236^2 = 4,63 \%$
 Batas bawah $QP = 9.41 \times 0,236 + 29.967 \times 0,236^{4,619} = 2,26 \%$
 Jalinan DA, dengan $DS = 0,251$
 Batas atas $QP = 26.65 \times 0,251 - 5.555 \times 0,251^2 + 108.7 \times 0,251^2 = 4,91\%$
 Batas bawah $QP = 9.41 \times 0,251 + 29.967 \times 0,251^{4,619} = 2,41\%$
- Peluang antrian bundaran ($QPR\%$) = Maks dari $QP_i\%$
 $QPR = 7 \%$

C. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode MKJI 1997 dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Kondisi pola arus lalu lintas dan kinerja yang terjadi pada bundaran simpang jalan Teuku Umar pada kondisi existing disapatkan nilai $DS = 0,25 \leq 0,75$ hal ini mengindikasikan bahwa bundaran memenuhi kapasitas yang tersedia sesuai dengan ketentuan MKJI 1997, yaitu $DS \leq 0,75$ yang terdapat pada jam puncak hari minggu waktu sore hari.
- 2) Tingkat kelayakan bundaran simpang Teuku Umar ini juga masih layak dalam melayani arus lalu lintas. Hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai derajat kejenuhan $< 0,75$ untuk setiap bagian jalinan simpang pada arus lalu lintas jam puncak hari minggu waktu sore hari.

D. Referensi

- [1] “Dapertemen Pekerjaan Umum Dan Direktorat Jendral Bina Marga,” 2009.
- [2] N. Royan, “Analisa Perencanaan Traffic Light Di Persimpangan Bandara Smb Ii Palembang,” 2015.
- [3] J. Pattimura, K. Baru, And J. Selatan, “Depart Emen Pekerja An Umum,” 1996.
- [4] Direktorat Jendral Bina Marga, “Mkji,” *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Vol. 1, Oct. 1997.
- [5] A. Muchsin, “Evaluasi Kinerja Bundaran Pada Persimpangan Jalan Ir. H. Juanda Kh. Samanhudi Di Kota Medan (Studi Kasus),” Vol. 1, 2018.
- [6] Putro Bayu Tri Bawono, “Analisis Kinerja Bundaran Jombor, Yogyakarta (The Analysis Of Roundabout Performance In Jombor, Yogyakarta),” Yogyakarta.
- [7] Prasetyanto, “Perkiraan Zona Dilema Mobil Penumpang Pada Persimpangan Berlampu Lalilintas,” *Estpt International Symposium, Unila, Bandar Lampung*, 2015.
- [8] D. Prasetyanto And E. Akmalah, “Model Hubungan Antara Volume Lalulintas Dengan Tarif Jalan Tol,” 2013.
- [9] K. C. Iimur Jotin Khisty B Kent Lall, “Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi.”
- [10] “Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya.”
- [11] L. Penelitian, P. Hasil, P. Ensiklopedia, M. A. Praja, S. E. Priana, And D. Kurniawan, “Tinjauan Efektivitas Penerapan Simpang Bersinyal Di Simpang Bypass Manggis Kota Bukittinggi,” *Ensiklopedia Research And Community Service Review*, Vol. 1, No. 2, 2022, [Online]. Available: [Http://Jurnal.Ensiklopediaku.Org](http://Jurnal.Ensiklopediaku.Org)
- [12] J. Karya And T. Sipil, “Evaluasi Kinerja Simpang Bundaran Soedarto Dan Usulan Alternatif Pemecahannya,” Halaman, 2014. [Online]. Available: [Http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jkts](http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jkts)
- [13] H. Syahroni, “Analisa Kinerja Bundaran Menggunakan Metode Mkji (Weka-Hanif) Analisa Kinerja Bundaran Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Mkji) (Sudi Kasus : Bundaran Radin Inten Bandar Lampung).”
- [14] V. H. Wuwung, J. E. Waani, And F. Jansen, “Tinjauan Kinerja Bundaran Tiga Lengan Dengan Simulasi Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon,” *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol. 8, No. 2, P. 1108, 2018.
- [15] A. Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan Raya Dengan Rel Kereta Api Terhadap *Et Al.*, “Analisa Kinerja Bundaran Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Mkji) (Sudi Kasus : Bundaran Radin Inten Bandar Lampung).”