

**ARTIKEL ILMIAH**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SIMPANG EMPAT  
BERSINYAL KANTOR GOLKAR NTB DENGAN METODE MKJI  
1997 DAN *SOFTWARE PTV VISSIM***



Oleh:

**LALU PANDAWA JAYA  
F1A 019 094**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM**

**2023**

**ARTIKEL ILMIAH**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SIMPANG EMPAT  
BERSINYAL KANTOR GOLKAR NTB DENGAN METODE  
MKJI 1997 DAN SOFTWARE VISSIM**

Oleh :

**Lalu Pandawa Jaya  
F1A 019 094**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

1. Pembimbing Utama



**Dr. Made Mahendra, ST., MT.**  
NIP. 19660626 199412 1 001

Tanggal : 20-07-2023

2. Pembimbing Pendamping



**Rohani, ST., MT.**  
NIP. 19671231 199512 2 001

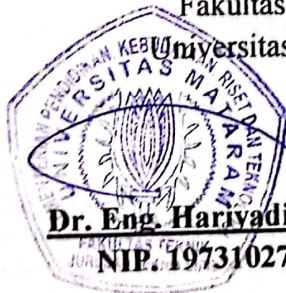
Tanggal : 20-07-2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



**Dr. Eng. Harivadi, S.T., MSc(Eng).**  
NIP. 19731027 199802 1 001

# ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL KANTOR GOLKAR NTB DENGAN METODE MKJI 1997 DAN SOFTWARE PTV VISSIM

Lalu Pandawa Jaya<sup>1)</sup>, Dr. Made Mahendra, ST., MT.<sup>2)</sup>, Rohani, ST., MT.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mataram

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mataram

---

## ABSTRAK

Persimpangan sebagai titik pertemuan beberapa ruas jalan yang berbeda dan terjadinya pertemuan kendaraan yang mengarah ke konflik lalu lintas. Konflik lalu lintas dengan kepadatan kendaraan yang tinggi dapat menyebabkan panjang antrian dan tundaan yang tinggi, hal ini terjadi pula pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB.

Lingkungan sekitar simpang yang merupakan daerah komersial mengakibatkan tingginya aktivitas pada simpang tersebut. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap kinerja simpang pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan *software VISSIM*. Akan dilakukan pula perbandingan hasil analisis terhadap panjang antrian dan tundaan.

Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai untuk panjang antrian melalui metode MKJI 1997 untuk lengan Bung Karno (utara) sebesar 253,968 m, lengan Sriwijaya (timur) sebesar 242,424 m, lengan Bung Karno (selatan) sebesar 139,706 m, dan lengan Sriwijaya (barat) sebesar 207,792 m. Sedangkan hasil analisa panjang antrian dengan *software VISSIM* didapatkan untuk lengan Bung Karno (utara) sebesar 68,402 m, lengan Sriwijaya (timur) sebesar 66,393 m, lengan Bung Karno (selatan) sebesar 87,615 m, dan lengan Sriwijaya (barat) sebesar 79,985 m. Untuk hasil tundaan rata-rata simpang yang didapatkan melalui metode MKJI 1997 sebesar 248,811 det/smp sedangkan hasil tundaan rata-rata simpang yang didapatkan melalui *software VISSIM* sebesar 51,304 det/kendaraan. Perbedaan hasil analisis melalui MKJI 1997 dan *software VISSIM* ini disebabkan karena perbedaan satuan kendaraan yang digunakan. Pada MKJI 1997 menggunakan satuan mobil penumpang sedangkan pada *software VISSIM* menggunakan kendaraan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya perbedaan proporsi atau dimensi kendaraan serta adanya perbedaan perkalian ekuivalen (emp) untuk setiap jenis kendaraannya.

Kata kunci : *kinerja, MKJI 1997, Software VISSIM, Panjang antrian, Tundaan.*

## ABSTRACT

Crossroads as a meeting point several segments area that different and meeting occurs heading vehicle past conflict traffic. Traffic conflicts with high vehicle density can cause long queues and high delays, this also happens at the signalized intersection of the Golkar Office in West Nusa Tenggara.

The environment around the intersection which is a commercial area results in high activity at the intersection. For this reason, the purpose of this study was to analyze the performance of the intersection in the existing conditions using the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) and *VISSIM software*. A comparison of the results of the analysis of queue length and delay will also be carried out.

The results of this study obtained the value for the queue length using the 1997 MKJI method for the Bung Karno arm (north) of 253.968 m, the Sriwijaya arm (east) of 242.424 m, the Bung Karno arm (south) of 139.706 m, and the Sriwijaya arm (west) of 207.792m. While the results of the long queue analysis with *VISSIM software* obtained for the Bung Karno arm (north) of 68.402 m, the Sriwijaya arm (east) of 66.393 m, the Bung Karno arm (south) of 87.615 m, and the Sriwijaya arm (west) of 79.985 m. For the average intersection delay results obtained through the 1997 MKJI method of 248,811 sec/smp

while the average intersection delay results obtained through *VISSIM software* of 51.304 sec/vehicle. Differences in the results of analysis through MKJI 1997 and *VISSIM software* is due to differences in vehicle units used. In 1997 MKJI used passenger car units while in *VISSIM software* using vehicle. This causes differences in the proportions or dimensions of vehicles and differences in equivalent multiplication (emp) for each type of vehicle.

Keywords :*performance, MKJI 1997, VISSIM Software, Queue length, Delay.*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Kota Mataram adalah ibukota Provinsi Nusa Tenggara Barat yang memiliki luas daerah sebesar 61,3 km<sup>3</sup>. Suatu kota dapat dipandang sebagai suatu tempat dimana terjadinya aktivitas-aktivitas atau sebagai suatu pola tata guna lahan (Khisty & Lall, 2005). Sebagai ibukota provinsi, Kota Mataram memiliki peranan penting terhadap daerah kabupaten disekitarnya karena menjadi pusat dari pemerintahan dan perekonomian di Pulau Lombok sehingga Kota Mataram menjadi bangkitan dan tarikan pergerakan untuk daerah-daerah di sekitarnya.

Jumlah penduduk yang tinggal di daerah perkotaan di Indonesia diperkirakan meningkat dari tahun ke tahun akibat tingginya tingkat urbanisasi (Tamin, 1997). Menurut Badan Pusat Statistik (2022) pada tahun 2021 jumlah penduduk di Kota Mataram mencapai 432.024 jiwa. Pertumbuhan penduduk di setiap tahunnya yang terus meningkat ini akan berdampak juga pada peningkatan penggunaan moda transportasi di kota tersebut. Terbukti menurut Badan Pusat Statistik (2022) pada tahun 2021 jumlah pengguna transportasi khususnya transportasi pribadi di Kota Mataram mencapai 369.740 unit yang terdiri dari sepeda motor, mobil, truk, bus, serta mobil bak terbuka dan sejenisnya. Meningkatnya pengguna transportasi ini akan berdampak pula terhadap daya tampung jalan sebagai prasarana transportasi.

Menurut AASHTO (2001), persimpangan dapat didefinisikan sebagai daerah umum di mana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan. Jenis kendaraan yang berbeda membutuhkan tingkat perjalanan yang berbeda pula, hal ini mengakibatkan antrian yang cukup panjang pada persimpangan, jika terjadinya antrian yang panjang pada simpang maka akan mengakibatkan waktu tempuh dan biaya perjalanan yang lebih besar. Ketika arus kendaraan yang berbeda ini bergabung menjadi satu, maka akan terjadi konflik antar arus kendaraan yang berbeda sehingga dapat meningkatkan risiko kecelakaan.

Simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB yang terletak pada Kecamatan Cakranegara merupakan salah satu simpang di Kota Mataram yang memiliki kesibukan yang tinggi. Simpang ini menghubungkan antara jalan Sriwijaya dengan Jalan Bung Karno. Simpang ini dikategorikan memiliki kesibukan yang tinggi diakibatkan oleh meningkatnya tata guna lahan di sekitar simpang tersebut. Seperti terdapatnya pusat perbelanjaan yaitu Lombok Epicentrum Mall, perkantoran, hotel, pertokoan dan rumah sakit umum Kota Mataram yang mengakibatkan terjadinya peningkatan bangkitan dan tarikan pergerakan pada simpang tersebut. Setiap tata guna lahan atau sistem kegiatan mempunyai jenis kegiatan tertentu yang akan membangkitkan pergerakan dan akan menarik pergerakan dalam proses pemenuhan kebutuhan (Tamin, 1997). Adanya kendaraan yang keluar masuk di *McDonald's* dan *Pizza Hut* yang berada di dekat simpang ini juga menyebabkan hambatan samping yang tinggi karena kendaraan tersebut mengganggu aktifitas persimpangan ini. Pada simpang ini juga terdapat ATCS (*Area Traffic Control System*) yang berfungsi untuk pengendalian kinerja jaringan jalan yang berbasis teknologi melalui pengoptimalan koordinasi lampu lalu lintas di persimpangan.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka konflik arus lalu lintas di simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB cukup besar dan perlu dilakukan analisis lalu lintas pada simpang tersebut. Analisis Simpang ini sendiri akan dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan metode *PTV VISSIM (Verkehr In Stadten SIMulationsmodel)*. Penggunaan metode MKJI 1997 adalah sebagai dasar atau pedoman untuk menghitung kinerja simpang yang berisi arus jenuh, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan kendaraan. Pada metode *PTV VISSIM* pula digunakan untuk memodelkan simpang dan juga melakukan analisis untuk kinerja simpang yang berisi panjang antrian dan tundaan kendaraan. Dalam penelitian ini akan dilakukan pula perbandingan hasil analisis panjang antrian dan tundaan kendaraan dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan *software PTV VISSIM*.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis kinerja simpang dengan menggunakan metode MKJI 1997?
2. Bagaimana hasil analisis kinerja simpang dengan menggunakan *software PTV VISSIM*?
3. Bagaimana hasil perbandingan kinerja simpang menggunakan metode MKJI 1997 dengan *software PTV VISSIM* ?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar tugas akhir berjalan sesuai rencana dan lebih terarah, maka penulis membuat batasan masalah sebagai berikut:

Penelitian dilakukan di simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB (Jalan Sriwijaya, dan Jalan Bung Karno) Kota Mataram.

1. Pengamatan dilakukan pada hari kerja dan Pada penelitian ini tidak dilakukan *survey* untuk hari libur.
2. Tidak membandingkan hasil kinerja lain selain panjang antrian dan tundaan.
3. Pada penelitian ini tidak dilakukan permodelan hambatan samping dengan *software VISSIM*.
4. Pada penelitian ini tidak dilakukan *survey* di lapangan untuk menentukan nilai kalibrasi pada *software PTV VISSIM*.
5. Pada penelitian ini tidak melakukan perbandingan untuk kecepatan pada *software PTV VISSIM*.
6. Penelitian ini tidak menggunakan *software PTV VISSIM full version* melainkan menggunakan *software PTV VISSIM student version 2023*.

## 1. 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian di Simpang empat Kantor Golkar NTB Kota Mataram ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB dengan metode MKJI 1997 dan *software PTV VISSIM*
2. Untuk membandingkan hasil analisis panjang antrian dan tundaan dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan *software VISSIM*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar masukan untuk dinas perhubungan dalam melakukan evaluasi dan penyusunan strategi lalu lintas untuk memberikan tingkat pelayanan yang baik pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melihat sebaik apa penggunaan *software PTV VISSIM* untuk memodelkan dan menyelesaikan permasalahan kemacetan pada simpang yang terjadi di Indonesia.

## 2. Dasar Teori

a. Analisis kinerja simpang bersinyal menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 sebagai berikut:

1. Arus jenuh dasar ( $S_0$ )

Arus jenuh dasar ( $S_0$ ) yaitu arus jenuh pada keadaan standar:

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ (smp/jam)}$$

Dimana:

$W_e$  = lebar efektif pendekat (m)

2. Arus jenuh (S)

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar ( $S_0$ ) dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Dimana:

$S_0$  = arus jenuh dasar (smp/jam)

$F_{CS}$  = faktor ukuran kota

$F_{SF}$  = faktor hambatan samping

$F_G$  = faktor kelandaian

$F_P$  = faktor parkir

$F_{RT}$  = faktor belok kanan

$F_{LT}$  = faktor belok kiri

3. Waktu siklus (c)

Waktu siklus (c) ini berdasar pada pembulatan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI)

$$c = \Sigma g + LTI$$

Dimana:

g = waktu hijau (detik)

LTI = waktu hilang (detik)

4. Kapasitas jalan (C)

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan persatuan jam dalam kondisi geometrik jalan, lingkungan, dan komposisi lalu lintas tertentu.

$$C = S \times g/c$$

Dimana:

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus (detik)

5. Derajat kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalulintas terhadap kapasitas terhadap suatu pendekat.

$$DS = Q/C$$

Dimana:

Q = arus lalulintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp;jam)

6. Panjang antrian (QL)

Jumlah antrian (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ<sub>1</sub>) dihitung berdasarkan nilai derajat kejenuhan dengan menggunakan rumus:

- Untuk DS > 0,5

$$0,25 \times C \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}}$$

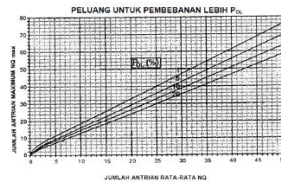
- Untuk DS ≤ 0,5

$$NQ_1 = 0$$

Kemudian dihitung jumlah kendaraan (smp) yang datang selama fase merah (NQ<sub>2</sub>), dengan rumus:

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Untuk menentukan NQ<sub>MAX</sub> dapat dicari dengan menggunakan grafik dibawah ini, dengan menggunakan nilai NQ dan probabilitas overloading P<sub>OL</sub> (%). Untuk operasional yang dapat diterima sebesar P<sub>OL</sub> 5 – 10 %.



Perhitungan panjang antrian (QL) adalah dengan cara mengalikan NQ<sub>MAX</sub> dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m<sup>2</sup>) kemudian bagilah dengan lebar masuknya (W<sub>MASUK</sub>), maka dapat dirumuskan:

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}}$$

Dimana:

W<sub>MASUK</sub> = lebar masuk (m)

7. Kendaraan terhenti

Didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian).

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Dimana:

NQ = jumlah antrian (NQ<sub>1</sub> + NQ<sub>2</sub>)

Q = arus lalulintas (smp/jam)

c = waktu siklus (detik)

Maka perhitungan jumlah kendaraan terhenti (N<sub>SV</sub>) masing-masing pendekat .

$$N_{SV} = Q \times NS$$

Dimana:

NS = angka henti (smp/jam)

Q = arus lalulintas (smp/jam)

Angka henti seluruh simpang dapat dihitung dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam smp/jam.

$$NS_{TOTAL} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOTAL}}$$

8. Tundaan (D)

Perhitungan tundaan lalulintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang dalam satuan det/smp.

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

Dimana:

c = waktu siklus (det)

NQ<sub>1</sub> = smp yang tersisa dari fase hijau

C = kapasitas (smp/jam)

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

Tundaan geometri rata-rata masing-masing *approach* (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan atau dihentikan oleh lampu lalulintas.

$$DG = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4)$$

Dimana:

P<sub>SV</sub> = rasio kendaraan terhenti

P<sub>T</sub> = rasio kendaraan berbelok

Tundaan rata-rata (det/smp) adalah penjumlahan dari tundaan lalulintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata.

$$D = DT + DG$$

Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalulintas

$$D_{TOTAL} = D \times Q$$

Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D) yaitu dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total dalam detik dengan mengalihkan tundaan rata-rata dalam satuan det/smp.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{total}}$$

## 9. Tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	5,1 – 15	Baik
C	15,1 – 25	Sedang
D	25,1 – 40	Kurang
E	40,1 – 60	Buruk
F	> 60	Buruk Sekali

(Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96, 2015)

### b. Software VISSIM

Menurut Romadhona dkk. (2019), *VISSIM* adalah perangkat lunak multimoda lalu lintas aliran mikroskopis simulasi yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas dan lain-lain, sehingga *VISSIM* menjadi perangkat yang berguna untuk evaluasi berbagai langkah alternatif berdasarkan langkah-langkah rekayasa transportasi dan perencanaan efektivitas.

*VISSIM* model simulasi telah dipilih untuk mengkalibrasi kondisi lalu lintas, Sehingga membuat *software* ini menjadi *software* yang berguna untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang paling efektif. *VISSIM* menyediakan kemampuan animasi dengan perangkat tambahan besar dalam tiga dimensi. Selain itu, klip video dapat direkam dalam program, dengan kemampuan untuk secara dinamis mengubah pandangan dan perspektif. Elemen visual lainnya, seperti pohon, bangunan, fasilitas *transit* dan rambu lalu lintas, dapat dimasukkan ke dalam animasi tiga dimensi.

Kalibrasi adalah proses pengaturan akurasi pada *software VISSIM* agar hasil yang diinginkan sesuai dengan kondisi di lingkungan. Menurut Romadhona dkk. (2019), perilaku pengemudi atau *driving behaviour* merupakan parameter dari *VISSIM* yang secara langsung mempengaruhi kondisi antar kendaraan. *Driving behaviour* harus disesuaikan dengan kondisi eksisting di lapangan agar simulasi yang dibuat pada *software VISSIM* dapat mewakili kondisi lapangan.

Validasi adalah uji coba untuk mengetahui hasil *output* yang dihasilkan pada *software VISSIM*

memiliki tingkat ketetapan yang sama dengan data di lapangan. Menurut Romadhona dkk. (2019), validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun cara validasi yang dapat digunakan adalah:

- Uji statistik GEH (*Geoffrey E. Havers*)

Menurut Romadhona dkk. (2019), validasi dengan cara ini adalah dengan cara melakukan perbandingan data volume lalu lintas atau panjang antrian.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}}$$

Dengan:

M= data hasil permodelan *software VISSIM*

C= data hasil pengamatan di lapangan

Rumus GEH memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* yang dihasilkan seperti tabel berikut:

GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	Peringatan: kemungkinan model <i>error</i> atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak

(Sumber : PTV AG)

Pada *software VISSIM* sendiri digunakan kriteria *Level Of Service (LOS)* untuk *control delay* didasarkan pada *Highway Capacity Manual (HCM) 2000* dengan kriteria sebagai berikut:

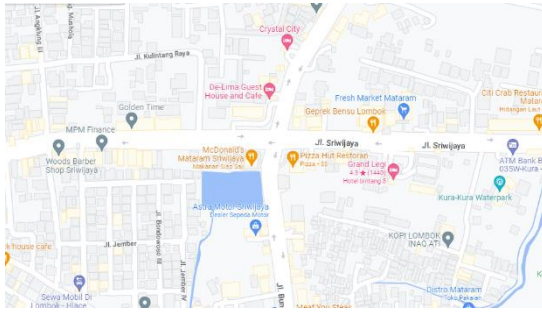
LOS	Tundaan kendaraan per detik (det/kend)	
	Simpang bersinyal	Simpang tidak bersinyal
A	≤ 10	≤ 10
B	10 - 20	10 - 15
C	20 - 35	15 - 25
D	35 - 55	25 - 35
E	55 - 80	5355 - 50
F	< 80	< 50

(Sumber : *Highway Capacity Manual 2000*)

## 3. Metodologi penelitian

### 3.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB (Jalan Sriwijaya dan Jalan Bung Karno) yang terletak pada Kecamatan Cakranegara, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat.



### 3.2 Waktu penelitian

1. *Survey* pendahuluan dilakukan pada hari Minggu, 19 februari 2023 yang dilakukan untuk mengetahui kondisi geometri simpang sebagai berikut:
  - a. Meninjau kondisi lingkungan simpang
  - b. Mengukur lebar ruas jalan, median jalan dan trotoar.
2. *Survey* lalu lintas yang berisi volume kendaraan dan panjang antrian, dilakukan pada hari Senin 20 Maret 2023 dengan waktu sebagai berikut:
  - a. Pagi : pukul 07.00 – 09.00 WITA
  - b. Siang : pukul 12.00 – 14.00 WITA
  - c. Sore : pukul 16.00 – 18.00 WITA
3. *Survey* kecepatan arus bebas (*free flow speed*) dilakukan pada hari Kamis, 4 mei 2023 untuk mendapatkan hasil kecepatan arus bebas tiap jenis kendaraan.

### 3.3 Metode pengumpulan data

Pada penelitian ini menggunakan dua data yakni data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh melalui *observasi* atau pengamatan langsung di lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui pihak terkait yang berisi tentang berbagai informasi yang dibutuhkan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian.

#### 1. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan melalui *observasi* atau pengamatan langsung di lapangan. Data primer yang dikumpulkan ini akan digunakan untuk melakukan analisis pada metode MKJI 1997 dan *software VISSIM*. Pada penelitian ini dibutuhkan data berupa:

- Geometri simpang
- Kecepatan kendaraan
- Volume kendaraan
- Panjang antrian

#### 2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui pihak terkait yang berisi tentang berbagai informasi yang dibutuhkan untuk

melengkapi kebutuhan data penelitian. Pada penelitian diperoleh data melalui Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Mataram tahun 2022 dan Dinas Perhubungan Kota Mataram. Adapun data yang dibutuhkan berupa:

- Data jumlah penduduk
- Jumlah pengguna transportasi
- Waktu siklus
- Rekaman video dari ATCS

### 3.4 Pengolahan data

Pengolahan data menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan akan dilakukan permodelan dengan *software VISSIM*.

## 4. Hasil dan pembahasan

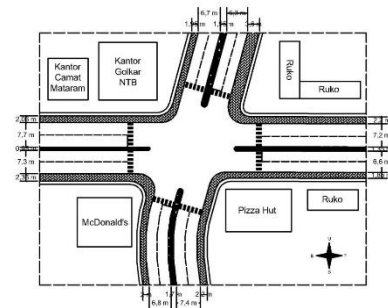
### 4.1 Analisis data

#### 4.1.1. Hasil untuk analisis data

##### 1. Data masukan

##### a. Kondisi geometri simpang

Kondisi geometri simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB dilakukan dengan *survey* pendahuluan yaitu berupa pengukuran langsung di lapangan yang meliputi pengukuran lebar jalan, lebar median jalan dan lebar trotoar. Kondisi geometri simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB dapat dilihat pada gambar



#### Bersinyal Kantor Golkar NTB

- Lengan utara = 13 meter
- Lengan timur = 13,8 meter
- Lengan selatan = 14,2 meter
- Lengan barat = 15 meter

##### b. Data lingkungan dan geometri jalan



Jalan	Kondisi lingkungan	Hambatan samping	Median	LTOR
Bung Karno (U)	Komersial	Rendah	Ya	Tidak
Sriwijaya (T)	Komersial	Tinggi	Ya	Tidak
Bung Karno (S)	Komersial	Tinggi	Ya	Tidak
Sriwijaya (B)	Komersial	Rendah	Ya	Tidak

(Sumber : Data Primer)

Jalan	Lebar (m)			
	Lebar pendekat	Lebar masuk	Lebar Keluar	Lebar Median
Bung Karno (U)	6.3	6.3	7.4	1.95
Sriwijaya (T)	6.6	6.6	7.3	1.35
Bung Karno (S)	6.8	6.8	6.7	1.7
Sriwijaya (B)	7.7	7.7	7.2	0.95

(Sumber : Data Primer)

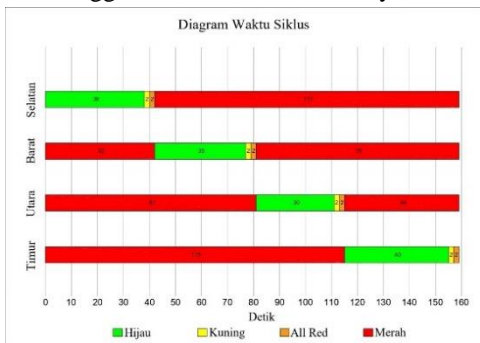
c. Pengoperasian sinyal lalu lintas (fase)

Kondisi lalu lintas pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB ini meliputi jumlah fase, waktu masing-masing fase, dan Gerakan sinyal. Gerakan sinyal meliputi waktu hijau, waktu kuning, dan waktu merah. Waktu sinyal lalu lintas pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB pada setiap fasenya disajikan dalam tabel berikut:

Sinyal	Lengan	Tipe pendekat	Waktu (detik)			
			Merah	Hijau	Kuning	All red
Fase 1	Selatan	P	117	38	2	2
Fase 2	Barat	P	120	35	2	2
Fase 3	Utara	P	125	30	2	2
Fase 4	Timur	P	115	40	2	2
Waktu Siklus (detik)			159			

(Sumber : Dishub Kota Mataram tahun 2023)

Sehingga diketahui bahwa lamanya waktu merah



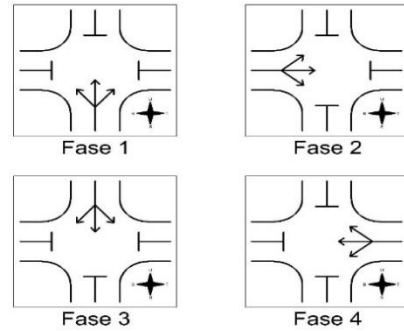
semua (*all red*) masing-masing fase adalah sebagai berikut:

$$All\ red = \text{Waktu siklus total} - \Sigma(\text{hijau} + \text{kuning})$$

$$= 159 - 151$$

$$= 8 \text{ detik}$$

2. Data lalu lintas

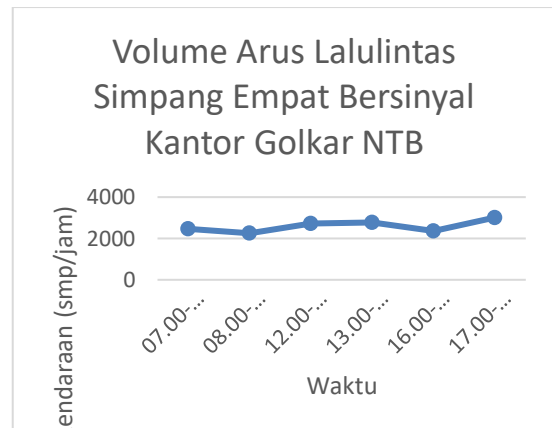


a. Volume lalu lintas jam puncak

Volume lalu lintas jam puncak pada hari Senin 20 Maret 2023 di simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB disajikan dalam tabel berikut:

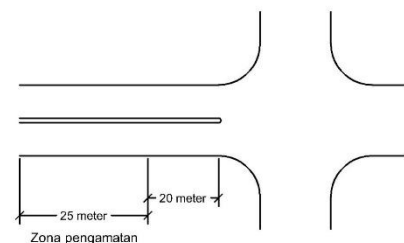
Waktu	Volume tiap lengan (smp)				Total kendaraan (smp/jam)
	Utara	Timur	Selatan	Barat	
07.00-08.00	429	657	778	613	2476
08.00-09.00	429	596	645	581	2251
12.00-13.00	599	744	659	713	2714
13.00-14.00	595	758	689	727	2769
16.00-17.00	556	578	551	673	2358
<b>17.00-18.00</b>	<b>715</b>	<b>792</b>	<b>697</b>	<b>810</b>	<b>3014</b>

(Sumber : Analisis data)

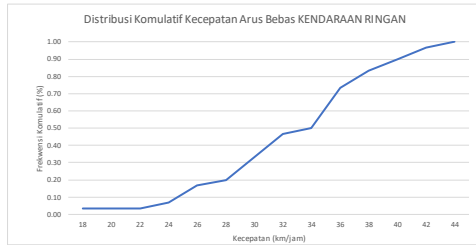


3. Kecepatan Kendaraan

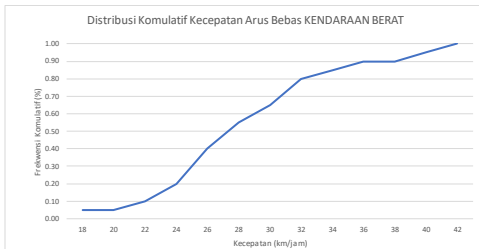
Pengambilan data kecepatan kendaraan ini menggunakan kecepatan arus bebas (*free flow speed*) dengan cara menghitung waktu tempuh kendaraan dengan jarak 25 m. Pengamatan dilakukan pada ruas jalan dan



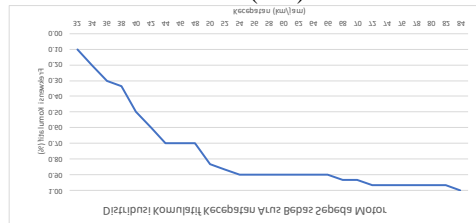
diluar dari jam puncak dengan tujuan agar mendapatkan kecepatan kendaraan saat bebas bergerak dan tidak dipengaruhi oleh hambatan di sekitarnya. Maka melalui pengamatan yang telah dilakukan didapatkan hasil distribusi kecepatan untuk setiap jenis kendaraan yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



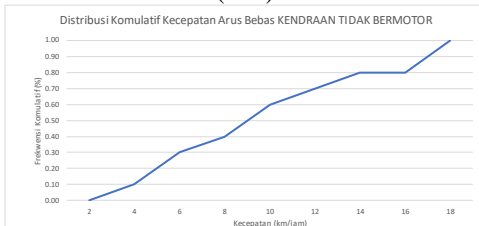
Gambar Distribusi Kecepatan Kendaraan Ringan (LV)



Gambar Distribusi Kecepatan Kendaraan Berat (HV)



Gambar Distribusi Kecepatan Sepeda Motor (MC)



Gambar Distribusi Kecepatan Kendaraan Tak Bermotor (UM)

#### 4.1.2 Metode MKJI 1997

Data primer dan data sekunder yang telah diperoleh sebelumnya kemudian dilakukan analisis yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI

1997). Analisis data yang dilakukan yakni data dalam kondisi eksisting.

#### 1. Arus jenuh

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar ( $S_0$ ) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, arus jenuh (S) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (\text{smp/jam})$$

#### a. Arus jenuh dasar ( $S_0$ )

Untuk pendekat terlindung (tipe P) maka digunakan rumus dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_0 = 600 \times W_{\text{efektif}} \quad (\text{smp/jam})$$

Maka dari pengamatan di lapangan diperoleh lebar efektif ( $W_{\text{efektif}}$ ) pada lengan timur adalah sebesar 6,6 meter, sehingga arus jenuh dasar ( $S_0$ ) dapat dihitung dengan rumus yang ada diatas yaitu sebagai berikut:

$$S_0 = 600 \times 6,6 = 3960 \text{ smp/jam}$$

Dimana:

$W_{\text{efektif}}$  = Lebar masuk lengan pendekat (tabel 4.2)

#### b. Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )

Faktor ukuran kota ( $F_{CS}$ ) dapat dilihat berdasarkan tabel 2.2 dengan menyesuaikan jumlah penduduk (juta jiwa) pada kota Mataram yaitu sebesar 432.024 jiwa berdasarkan data BPS tahun 2022. Sehingga didapatkan faktor ukuran kota ( $F_{CS}$ ) sebesar 0,83.

#### c. Faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{SF}$ )

Kondisi lingkungan di simpang Kantor Golkar NTB yaitu daerah komersial (COM). Hal ini ditandai dengan adanya pertokoan di sekitar simpang. Adapun hambatan samping yang terjadi pada simpang ini adalah adanya pintu keluar masuk pada lengan selatan akibat adanya *McDonald's* dan juga *Pizza Hut* pada lengan timur. Hambatan samping lain yang akan digunakan juga adalah adanya kendaraan tidak bermotor yang melalui simpang tersebut. Maka

didapatkan faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{SF}$ ) pada lengan timur simpang empat Kantor Golkar NTB berdasarkan pada tabel sebagai berikut:

Pendekat	Tipe	rasio UM	FSF
Utara	Rendah	0.0042	0.948
Timur	Tinggi	0.0051	0.928
Selatan	Tinggi	0.0043	0.928
Barat	Rendah	0.0037	0.949

(Sumber : Analisis data)

Rasio UM ( $X$ ) = 0,0051

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi} &= Y1 + (X - X1) \times \frac{(Y2 - Y1)}{(X2 - X1)} \\ &= 0,93 + (0,0051 - 0) \times \frac{(0,91 - 0,93)}{(0,05 - 0)} \\ &= 0,928 \end{aligned}$$

Dengan:

$X1 = 0,00$  (Tabel 2.3)

$X = 0,0051$  (rasio UM = UM/MV)

$X2 = 0,05$  (Tabel 2.3)

$Y1 = 0,93$  (Tabel 2.3 dengan jenis lingkungan komersial, hambatan samping tinggi, dan tipe pendekat terlindung)

$Y2 = 0,91$  (Tabel 2.3 dengan jenis lingkungan komersial, hambatan samping tinggi, dan tipe pendekat terlindung)

d. Faktor penyesuaian kelandaian ( $F_G$ )

Dikarenakan simpang empat Kantor Golkar NTB merupakan simpang yang terletak di tengah kota maka simpang tersebut memiliki kelandaian yang normal dan tidak *ekstrim*. Maka melalui gambar 2.11 didapatkan bahwa tingkat kelandaian simpang sebesar 0% sehingga faktor yang didapatkan sebesar 1,0.

e. Faktor penyesuaian parkir ( $F_P$ )

Faktor penyesuaian parkir pada penelitian ini didasarkan pada pengamatan di lapangan didapatkan pada lengan timur terdapat kendaraan parkir pertama dengan jarak lebih dari 80 meter dari titik henti kendaraan (*stop line*) sehingga disesuaikan dengan gambar 2.12 maka didapatkan faktor penyesuaian parkir ( $F_P$ ) sebesar 1,0. Untuk lengan pendekat barat didapatkan kendaraan

parkir pertama dengan jarak sebesar 35 meter didapatkan nilai sebesar 0,827 berdasarkan rumus persamaan (2-4).

f. Faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ )

Faktor penyesuaian belok kanan diketahui melalui rasio kendaraan belok kanan ( $P_{RT}$ ). Perhitungan untuk  $F_{RT}$  tersebut sebagai berikut:

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$$

Namun dalam MKJI 1997 dijelaskan rumus diatas berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Dikarenakan pada simpang empat Kantor Golkar NTB ini semua pendekat memiliki median maka faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ ) yang digunakan sebesar 1,0 di setiap lengan pendekatnya.

g. Faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ )

Faktor penyesuaian belok kiri diketahui melalui rasio kendaraan belok kiri ( $P_{LT}$ ). Perhitungan untuk  $F_{LT}$  tersebut sebagai berikut:

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16$$

Namun dalam MKJI 1997 dijelaskan rumus diatas berlaku untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Dikarenakan pada simpang empat Kantor Golkar NTB ini semua pendekat sesuai dengan syarat pada MKJI maka faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ ) akan dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebelumnya.

Perhitungan untuk faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ ) pada lengan pendekat selatan sebagai berikut:

$$P_{LT} = 0,686 \text{ (Rasio belok kiri) ( } P_{LT}/(P_{RT}+P_{ST}) \text{)}$$

Maka

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16$$

$$F_{LT} = 1,0 - 0,686 \times 0,16$$

$$F_{LT} = 0,890$$

Perhitungan arus jenuh ( $S$ ) pada pendekat selatan adalah sebagai berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$S = 3960 \times 0,83 \times 0,928 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,890$$

$$S = 2715,394 \text{ smp/jam}$$

Maka, nilai arus jenuh (S) pada simpang empat Kantor Golkar NTB pada kondisi eksisting ditabelkan pada tabel berikut ini:

Periode waktu	Pendekat	Faktor penyesuaian							S smp/jam
		S0	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	
17.00-18.00	Bung Karno (U)	3780	0.83	0.948	1.00	1.00	1.00	0.973	2895.905
	Sriwijaya (T)	3960	0.83	0.928	1.00	1.00	1.00	0.890	2715.394
	Bung Karno (S)	4080	0.83	0.928	1.00	1.00	1.00	0.949	2982.259
	Sriwijaya (B)	4620	0.83	0.949	1.00	0.827	1.00	0.948	2851.394

(Sumber : Analisis data)

## 2. Waktu siklus

### a. Waktu siklus yang disesuaikan (c)

Waktu siklus yang disesuaikan ini berdasar pada pembulatan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung waktu siklus yang disesuaikan:

$$c = \Sigma g + LTI$$

$$c = 143 + 16$$

$$c = 159 \text{ detik}$$

Dengan:

g = waktu hijau (detik) (data sekunder)

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik) (data sekunder)

LTI = ( $\Sigma$ waktu kuning +  $\Sigma$ waktu merah semua)

$$= (8 + 8) \text{ detik}$$

$$= 16 \text{ detik}$$

## 3. Kapasitas jalan (C)

Besarnya nilai kapasitas jalan (C) tergantung pada arus jenuh (S) dan rasio waktu hijau pada masing-masing pendekat. Perhitungan kapasitas jalan (C) untuk kondisi eksisting pada lengan timur dengan persamaan:

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$C = 2715,394 \times \frac{40}{159}$$

$$C = 683,118 \text{ smp/jam}$$

Kapasitas jalan pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB dirangkum dalam tabel dibawah ini.

Periode waktu	Pendekat	Tipe pendekat	Arus jenuh (S) smp/jam	Waktu hijau (g) detik	Waktu siklus disesuaikan (c) detik	Kapasitas (C) smp/jam
17.00-18.00	Bung Karno (U)	P	2895.905	30	159	546.397
	Sriwijaya (T)	P	2715.394	40		683.118
	Bung Karno (S)	P	2982.259	38		712.741
	Sriwijaya (B)	P	2851.394	35		627.665

(Sumber : Analisis data)

## 4. Derajat kejenuhan (DS)

Perhitungan nilai derajat kejenuhan pada simpang empat bersinyal kantor Golkar NTB untuk kondisi eksisting pada lengan selatan dengan persamaan:

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$DS = \frac{792}{683,118}$$

$$DS = 1,159$$

Derajat kejenuhan pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB dirangkum dalam tabel dibawah ini.

Periode waktu	Pendekat	Tipe pendekat	Arus lalu lintas (Q) Smp/jam	Kapasitas (C) Smp/jam	Derajat kejenuhan (DS)
17.00-18.00	Bung Karno (U)	P	715	546.397	1.309
	Sriwijaya (T)	P	792	683.118	1.159
	Bung Karno (S)	P	697	712.741	0.978
	Sriwijaya (B)	P	810	627.665	1.290

(Sumber : Analisis data)

## 5. Panjang antrian (QL)

Hasil dari derajat kejenuhan (DS) digunakan untuk menghitung jumlah antrian ( $NQ_1$ ) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Persamaan yang akan digunakan adalah:

Untuk  $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Untuk  $DS \leq 0,5$

$$NQ_1 = 0$$

Perhitungan  $NQ_1$  untuk kondisi eksisting pada lengan timur dengan persamaan:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

$$NQ_1 = 0,25 \times 683,118 \times \left[ (1,159 - 1) + \sqrt{(1,159 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,159 - 0,5)}{683,118}} \right]$$

$$NQ_1 = 27,352 \text{ smp}$$

Kemudian jumlah kendaraan yang datang selama fase merah ( $NQ_2$ ) pada lengan timur simpang dihitung dengan persamaan:

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ_2 = 159 \times \frac{1 - 0,252}{1 - 0,252 \times 1,159} \times \frac{792}{3600}$$

$$NQ_2 = 36,947 \text{ smp}$$

Maka diperoleh  $NQ_{TOTAL}$  untuk lengan timur simpang pada kondisi eksisting dengan persamaan:

$$NQ_{TOTAL} = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ_{TOTAL} = 27,352 + 36,947$$

$$NQ_{TOTAL} = 64,299 \text{ smp}$$

Perhitungan  $NQ_{MAX}$  diperoleh melalui gambar 2.17 dengan menghubungkan  $NQ_{TOTAL}$  dan *probabilitas overloading* ( $P_{ol}$ ) sebesar 5 %, sehingga diperoleh nilai  $NQ_{MAX}$  untuk lengan timur simpang pada kondisi eksisting sebesar 80 smp

Panjang antrian (QL) pada pendekat timur diperoleh melalui perkalian  $NQ_{MAX}$  dengan luas rata-rata yang digunakan per smp yaitu sebesar 20 m<sup>2</sup> kemudian dibagi dengan lebar masuk ( $W_{MASUK}$ ), maka dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{masuk}}$$

$$QL = 80 \times \frac{20}{6,6}$$

$$QL = 242,424 \text{ m}$$

Hasil perhitungan panjang antrian (QL) simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB pada kondisi eksisting dirangkum pada tabel dibawah ini:

Pendekat	Tipe pendekat	Jumlah smp yang tersedia dari fase hijau (NQ1)	Jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ2)	NQtotal (NQ1+NQ2)	NQmax (Grdfk)	Panjang antrian (QL) (m)
Bung Karno (U)	P	42,579	34,046	76,624	80	253,968
Sriwijaya (T)	P	27,352	36,947	64,299	80	242,424
Bung Karno (S)	P	3,912	30,595	34,507	48	139,706
Sriwijaya (B)	P	45,816	38,950	84,766	80	207,792

(Sumber : Analisis data)

#### 6. Kendaraan terhenti

Perhitungan angka henti (NS) pada kondisi eksisting di lengan timur simpang dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$NS = 0,9 \times \frac{64,299}{792 \times 1,59} \times 3600$$

$$NS = 1,655 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti ( $N_{SV}$ ) untuk pendekat timur

pada kondisi eksisting dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$N_{SV} = Q \times NS$$

$$N_{SV} = 792 \times 1,655$$

$$N_{SV} = 1310,249 \text{ smp/jam}$$

Maka jumlah kendaraan terhenti rata-rata untuk seluruh pendekat simpang didapat dengan menggunakan persamaan:

$$NS_{RATA-RATA} = \frac{\sum NS}{\sum Q}$$

$$NS_{RATA-RATA} = \frac{5302,110}{3014}$$

$$NS_{RATA-RATA} = 1,759 \text{ smp/jam}$$

Hasil perhitungan kendaraan terhenti (NS) simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB pada kondisi eksisting dirangkum pada tabel dibawah ini:

Periode waktu	Pendekat	Tipe pendekat	Angka henti (NS) Smp/jam	Jumlah kendaraan henti (NSV) Smp/jam
17.00-18.00	Bung Karno (U)	P	2.183	1561.402
	Sriwijaya (T)	P	1.655	1310.249
	Bung Karno (S)	P	1.008	703.156
	Sriwijaya (B)	P	2.133	1727.302
	Kendaraan terhenti rata-rata (smp/jam)			

(Sumber : Analisis data)

#### 7. Tundaan (D)

Perhitungan tundaan lalulintas rata-rata (DT) untuk kondisi eksisting pada lengan timur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,252)^2}{(1 - 0,252 \times 1,159)}$$

$$A = 0,395$$

Maka

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

$$DT = 159 \times 0,395 + \frac{27,352 \times 3600}{683,118}$$

$$DT = 207,007 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan geometri rata-rata (DG) untuk kondisi eksisting pada lengan timur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$DG = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4)$$

$$DG = (1 - 1,655) \times 0,798 \times 6 + (1,655 \times 4)$$

$$DG = 3,486 \text{ det/smp}$$

Dimana:

$P_{SV}$  = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

$P_T$  = Rasio kendaraan berbelok dari pendekat

Perhitungan tundaan rata-rata (D) dan tundaan total untuk kondisi eksisting pada

lengan timur dihitung menggunakan persamaan:

$$D = DT + DG$$

$$D = 369,618 + 2,862$$

$$D = 372,480 \text{ det/smp}$$

Tundaan Total

$$= D \times Q$$

$$= 372,480 \times 792$$

$$= 294929,866 \text{ det.smp}$$

Hasil perhitungan tundaan (D) simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB pada kondisi eksisting dirangkum pada tabel dibawah ini:

Periode waktu	Pendekat	Tipe pendekat	Tundaan					Tingkat pelayanan Simpang
			Tundaan lahintas rate-rata (DT) (det/smp)	Tundaan geometri rate-rata (DG) (det/smp)	Tundaan rate-rata (D) (det/smp)	Tundaan total (D) (smp.det)	Tundaan rate-rata simpang (det/smp)	
17.00-18.00	Bang Karmo (L)	P	350.033	4.168	354.201	253395.678	248.811	F
	Simpang (T)	P	207.007	3.486	210.493	166668.141		
	Bang Karmo (S)	P	79.851	3.991	83.842	58471.568		
	Simpang (B)	P	330.305	4.952	335.256	271457.003		

(Sumber : Analisis data)

Dari hasil perhitungan tundaan kondisi eksisting maka melalui tabel 2.5 didapatkan tingkat pelayanan simpang adalah F atau kondisi buruk sekali karena nilai tundaanya lebih dari 60 det/smp.

#### 4.1.3 Software VISSIM

Permodelan kondisi eksisting pada simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB menggunakan software PTV VISSIM 2023 student version. Analisis permodelan dengan software VISSIM 2023 terdiri dari proses *input*, *running*, dan *output* yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Proses *input*
  - a. Melakukan pengaturan awal pada *menu base data* untuk mengganti regulasi lalu lintas menjadi kendaraan pada jalur kiri dan juga satuan menjadi satuan internasional karena menyesuaikan dengan regulasi Indonesia.
  - b. Membuat *background* pada *menu network object* menggunakan *toggle background maps* atau dalam bentuk *screenshot maps* (jika menggunakan *screenshot maps* harus mengatur skala terlebih dahulu) yang digunakan untuk menampilkan simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB agar dapat memodelkan geometri sesuai di lapangan.
  - c. Membuat jaringan jalan dengan *tool link* pada *menu network object* dengan cara klik *ctrl* + klik kanan pada *mouse* dan ditarik sesuai arah

jalan dengan lebar jalan sesuai dengan data di lapangan.

- d. Membuat penghubung (*connector*) antar lengan pada persimpangan dengan *tool link* kemudian klik *ctrl* + klik kanan pada *mouse* dengan menghubungkan dua lengan yang berbeda.
- e. Membuat rute perjalanan dengan menggunakan *vehicle routes* untuk membuat arah arus lalu lintas sesuai seperti di lapangan. Dengan cara klik *ctrl* + klik kanan pada *mouse* hingga muncul garis yang menunjukkan arah pergerakan kendaraan.
- f. Membuat komposisi kendaraan pada *menu traffic* dengan menggunakan *vehicle composition* sesuai dengan jenis kendaraan yang melewati daerah penelitian.
- g. Memasukkan jenis kendaraan dengan menggunakan *vehicle inputs* sesuai dengan volume kendaraan yang melewati daerah penelitian dengan cara klik *ctrl* + klik kanan pada *mouse* di masing-masing ruas jalan pada data primer yang sudah didapatkan.
- h. Mengatur kecepatan kendaraan dengan cara menginput data distribusi kecepatan tiap jenis kendaraan hasil survey di lapangan. Langkah untuk melakukan input data distribusi kecepatan adalah dengan klik *menu bar – base data – distributions – desired speeds*.
- i. Melakukan pengaturan sinyal lalu lintas dengan menggunakan *menu signal controllers* dan disesuaikan dengan data sekunder yang telah didapatkan. Kemudian membuat permodelan lampu untuk tiap lengan simpang dengan menggunakan *menu signal heads*.
- j. Mengatur parameter simulasi dengan mengganti waktu permodelan dikarenakan waktu *running* dari software VISSIM student version hanya diberikan selama 600 detik.
- k. Mengatur konfigurasi dengan tujuan untuk menampilkan hasil analisis yang akan ditampilkan setelah *running* model yang telah dibuat.
  1. Membuat *nodes area* pada persimpangan dengan tujuan agar hasil analisis pada area yang telah dipilih dapat menghasilkan output dari software ini.
  - m. Membuat *queue counters* untuk mengetahui panjang antrian dari setiap lengan simpang hasil permodelan yang telah dilakukan.
2. Proses *output*

Proses output yaitu dengan menjalankan simulasi permodelan yang telah dibuat sebelumnya. Ketika *simulasi* sedang

dijalankan, nodes akan mencatat hasil evaluasi hingga *simulasi* selesai.

Hasil dari analisis melalui *software VISSIM* pada kondisi eksisting dengan menggunakan *driving behaviors* bawaan/default yaitu *urban (motorized)* berdasarkan *car following model Wiedemann 74* didapatkan volume kendaraan dalam satuan kendaraan/jam pada hari senin 20 Maret 2023 pukul 17.00-18.00 seperti pada tabel berikut ini.

Periode waktu	Pendekat	Volume (Kendaraan/jam)		Panjang antrian (m)	
		Eksisting	VISSIM	QLen	QLenMax
17.00-18.00	Bung Karno (U)	1801	982	126.270	163.145
	Sriwijaya (T)	2071	1287	198.362	320.643
	Bung Karno (S)	1899	1084	124.807	181.077
	Sriwijaya (B)	2216	1194	162.682	241.409

(Sumber : Analisis data dan *software VISSIM* 2023)

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan volume lalu lintas yang jauh dari kondisi lapangan dengan hasil permodelan dengan *software VISSIM*. Selisih untuk ruas utara sebesar 675 kendaraan/jam, ruas timur sebesar 326 kendaraan/jam, ruas selatan sebesar 546 kendaraan/jam, dan ruas barat sebesar 825 kendaraan/jam. Maka dari hasil tersebut perlu dilakukan penyesuaian untuk proses kalibrasi melalui *driving behaviors* agar hasil permodelan dapat mendekati kondisi di lapangan.

### 3. Kalibrasi model

Proses Kalibrasi bisa dijalankan melalui parameter *driving behaviors* dan akan berpengaruh terhadap hasil yang akan dikeluarkan oleh *software VISSIM*. Parameter *driving behaviors* yang digunakan pada kalibrasi permodelan ini berdasarkan *car following model Wiedemann 74*. Pergantian pengaturan pada *driving behaviors* yang diganti dapat dilihat pada tabel berikut

Menu	Parameter yang diganti	Nilai	
		Default	Sesudah
Following	Look ahead distance		
	Minimal	0 m	0 m
	Maximal	250 m	100 m
	Look back distance		
	Minimal	0 m	0 m
	Maximal	150 m	50 m
Car following model	Model parameters		
	Average standstill distance	2 m	0,5 m
	Additive part of safety distance	2	0,3
	Multiple part of safety distance	3	0,3
Lane change	Vehicle routing decisions look ahead	No	Yes
	Cooperative lane change	No	Yes
	Maximum speed difference	10,8 km/h	5 km/h
	Min clearance	0,5 m	0,3 m
Lateral	Desired position at free flow	Middle of lane	Any
	Consider next turn	No	Yes
	Collision time gain	2 s	0,5 s
	Minimum longitudinal speed	1 km/h	0 km/h
	Overtake on same line	No	Yes
	Minimum lateral distance		
	Distance standing	0,2 m	0,5 m
	distance driving	1m	0,5 m

(Sumber : Analisis data)

### 4. Validasi *software VISSIM*

Validasi ini dilakukan untuk menguji kebenaran dari kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun kalibrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji statik GEH (Geoffrey E. Havers). Dalam validasi GEH ini adalah dengan cara melakukan perbandingan antara data volume kondisi eksisting dengan volume kendaraan hasil permodelan *software VISSIM* setelah kalibrasi. Adapun rumus dan ketentuan dari uji statik GEH ini sebagai berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}}$$

Dengan:

M = data volume hasil permodelan *software VISSIM*

C = data volume hasil pengamatan di lapangan

Rumus GEH memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* yang dihasilkan seperti tabel berikut:

GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	Peringatan: kemungkinan model <i>error</i> atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak

(Sumber: PTV AG)

#### a. Validasi dengan volume kendaraan

Didapatkan hasil volume kendaraan pada hari Senin 20 Maret 2023 pukul 17.00-18.00 dari permodelan *software VISSIM* setelah dilakukan kalibrasi yaitu sebagai berikut:

Periode waktu	Pendekat	Volume (Kendaraan/jam)		GEH	Keterangan
		Eksisting	VISSIM		
17.00-18.00	Bung Karno (U)	1801	1691	2.638	Diterima
	Sriwijaya (T)	2071	1979	2.052	Diterima
	Bung Karno (S)	1899	1783	2.708	Diterima
	Sriwijaya (B)	2216	2154	1.332	Diterima

(Sumber : Analisis data)

Berikut contoh perhitungan uji statik GEH dengan volume kendaraan pada lengan timur sebagai berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}}$$

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (1979 - 2071)^2}{1979 + 2071}}$$

$$GEH = 2,052$$

Jadi, karena  $GEH < 5,0$  hasil permodelan dapat diterima berdasarkan ketentuan dari PTV AG.

b. Validasi dengan panjang antrian

Didapatkan hasil panjang antrian maksimal pada hari Senin 20 Maret 2023 pukul 17.00-18.00 dari permodelan software VISSIM setelah dilakukan kalibrasi yaitu sebagai berikut:

Periode waktu	Pendekat	Panjang antrian tertinggi (m)		GEH	Keterangan
		Eksisting	VISSIM		
17.00-18.00	Bung Karno (U)	75.000	68.402	0.779	Diterima
	Sriwijaya (T)	75.000	66.393	1.024	Diterima
	Bung Karno (S)	95.000	87.615	0.773	Diterima
	Sriwijaya (B)	95.000	79.985	1.605	Diterima

(Sumber : Analisis data)

Berikut contoh perhitungan uji statik GEH dengan panjang antrian rata-rata pada lengan timur sebagai berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}}$$

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (66,393 - 75)^2}{66,393 + 75}}$$

$$GEH = 1,024$$

Jadi, karena  $GEH < 5,0$  hasil permodelan dapat diterima berdasarkan ketentuan dari PTV AG..

4. Hasil analisis kinerja software VISSIM

Setelah validasi dari model yang dilakukan pada software VISSIM dapat diterima sesuai ketentuannya, maka

didapatkan hasil analisis kinerja simpang pada hari Senin 20 Maret 2023 pukul 17.00-18.00 melalui software VISSIM ini

Periode waktu	Pendekat	Volume (kend/jam)	Panjang antrian (m)		Tundaan rata-rata (det/kend)	Tundaan rata-rata simpang (denik)
			QLen	QLenMax		
17.00-18.00	Bung Karno (U)	1691	21.865	68.402	54.993	51.304
	Sriwijaya (T)	1979	21.485	66.393	52.104	
	Bung Karno (S)	1783	30.142	87.615	52.146	
	Sriwijaya (B)	2154	31.340	79.985	48.826	

(Sumber : Analisis data)

## 4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan analisis kinerja simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB dengan menggunakan metode MKJI 1997 didapatkan hasil berupa:

1. Nilai arus jenuh (S) pada lengan pendekat utara sebesar 2895,905 smp/jam, lengan pendekat timur sebesar 2715,394 smp/jam, lengan pendekat selatan sebesar 2982,259 smp/jam, dan lengan pendekat barat sebesar 2851,394 smp/jam.
2. Nilai kapasitas (C) pada lengan pendekat utara sebesar 546,397 smp/jam, lengan pendekat timur sebesar 683,118 smp/jam, lengan pendekat selatan sebesar 712,741 smp/jam, dan lengan pendekat barat sebesar 627,665 smp/jam.
3. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada lengan pendekat utara sebesar 1,309, lengan pendekat timur sebesar 1,159, lengan pendekat selatan sebesar 0,978, dan lengan pendekat barat sebesar 1,290. Nilai derajat kejenuhan (DS) yang tinggi ( $DS \geq 0,85$ ) menunjukkan bahwa adanya perbandingan volume kendaraan dengan kapasitas yang tidak seimbang sehingga diperlukan adanya peningkatan.
4. Nilai panjang antrian (QL) pada lengan pendekat utara sebesar 253,968 m, lengan pendekat timur sebesar 242,424 m, lengan pendekat selatan sebesar 139,706 m, dan lengan pendekat barat sebesar 207,792 m. Sehingga didapatkan panjang antrian rata-rata simpang sebesar 210,973 m.
5. Nilai kendaraan terhenti ( $N_{SV}$ ) pada lengan pendekat utara sebesar 1561,402 smp/jam, lengan pendekat timur sebesar 1310,249 smp/jam, lengan pendekat selatan sebesar 703,156 smp/jam, dan lengan pendekat barat sebesar 1727,302 smp/jam. Sedangkan untuk kendaraan



terhenti rata-rata dari simpang sebesar 1,759 smp/jam.

6. Nilai tundaan rata-rata (D) pada lengan pendekat utara sebesar 354,201 det/smp, lengan pendekat timur sebesar 210,493 det/smp, lengan pendekat selatan sebesar 83,842 det/smp, dan lengan pendekat barat sebesar 335,256 det/smp. Tundaan rata-rata simpang diperoleh sebesar 248,811 det/smp

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan tingkat pelayanan simpang menunjukkan hasil yang buruk sekali (F) sesuai dengan peraturan Menteri Perhubungan nomor 96 tahun 2015 dikarenakan hasil dari tundaan simpang pada jam puncak lebih dari 60 det/smp. Tundaan yang besar pada simpang dapat disebabkan oleh kapasitas jalan yang terlalu kecil sedangkan volume lalu lintas pada simpang sangat besar. Kondisi itulah yang menyebabkan derajat kejenuhan pada simpang tersebut menjadi besar ( $DS \geq 0,85$ ) yang kemudian akan berdampak pada tingginya panjang antrian dan tundaan yang terjadi pada simpang tersebut.

Hasil analisis kinerja simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB pada kondisi eksisting dengan menggunakan *software VISSIM* didapatkan hasil berupa:

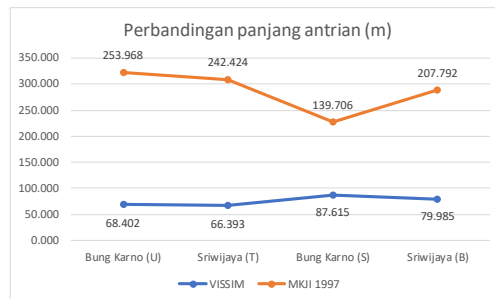
1. Volume kendaraan hasil permodelan pada lengan pendekat utara sebesar 1794 kend/jam, lengan pendekat timur sebesar 2106 kend/jam, lengan pendekat selatan sebesar 1908 kend/jam, dan lengan pendekat barat sebesar 2242 kend/jam.
2. Panjang antrian maksimal hasil permodelan pada lengan pendekat utara sebesar 68,402 m, lengan pendekat timur sebesar 66,393 m, lengan pendekat selatan sebesar 87,615 m, dan lengan pendekat barat sebesar 79,985 m. Sehingga didapatkan panjang antrian rata-rata simpang sebesar 75,599 m.
3. Nilai tundaan rata-rata pada lengan pendekat utara sebesar 54,993 det/kend, lengan pendekat timur sebesar 52,104 det/kend, lengan pendekat selatan sebesar 52,146 det/kend, dan lengan pendekat barat sebesar 48,826 det/kend. Tundaan rata-rata simpang diperoleh sebesar 51,304 det/kend maka *level of service*

(LOS) dari simpang tersebut adalah D berdasarkan pada HCM 2000.

Hasil dari permodelan lalu lintas dengan menggunakan *software VISSIM* sangat bergantung pada kalibrasi yang dilakukan. Parameter *driving behaviors* yang digunakan pada kalibrasi permodelan ini berdasarkan *car following model Wiedemann 74* karena cocok digunakan untuk karakteristik daerah perkotaan dan area penggabungan. Parameter yang harus diperhatikan adalah *average standstill distance*, *additive part of safety distance* dan *multiplicative part of safety distance* karena parameter ini akan berpengaruh pada jarak berhenti antar kendaraan saat di persimpangan yang kemudian nantinya akan berpengaruh kepada besarnya panjang antrian pada lengan tersebut. Sedangkan untuk mendukung pergerakan motor, perlu dilakukan perubahan parameter perilaku berkendara untuk gerakan lateral yaitu nilai *collision time* dan nilai *minimum longitudinal speed*. *Collision time* adalah nilai minimum waktu yang harus dicapai untuk membuat perubahan lateral pada lajur yang lebih baik dapat dilakukan. Nilai *minimum longitudinal speed* adalah kecepatan longitudinal minimum yang memungkinkan gerakan lateral untuk sepeda motor sehingga dapat bergerak ke samping jika mereka berhenti. Hal ini memungkinkan sepeda motor bergerak sangat lambat di antara kendaraan yang tidak bergerak untuk lebih dekat dengan garis henti kendaraan sebagaimana karakteristik pengendara sepeda motor di Indonesia yang menginginkan antrian di depan jika terdapat ruang kosong.

Pada saat dilakukan perbandingan hasil analisis kinerja simpang berupa panjang antrian dan tundaan dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dengan *software VISSIM* didapatkan nilai yang berbeda cukup jauh satu sama lain. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan satuan kendaraan yang digunakan dalam analisis. Pada metode dengan MKJI 1997 satuan kendaraan yang digunakan adalah Satuan Mobil Penumpang (SMP), sedangkan pada *software VISSIM* satuan kendaraan yang digunakan adalah kendaraan. Karena adanya perbedaan proporsi/dimensi kendaraan menyebabkan hasil analisis yang jauh diantara metode MKJI 1997 dan *software VISSIM*.

Pada MKJI 1997 tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Sedangkan pada *software VISSIM* tundaan adalah waktu yang dialami kendaraan sesuai dengan rute yang telah ditentukan. Akibat adanya perbedaan pengertian tersebut pula menjadikan adanya perbedaan hasil dari metode MKJI 1997 dan *software VISSIM*. Perbandingan hasil Analisa kinerja simpang ini dapat dilihat pada gambar berikut ini berikut ini:



Grafik Panjang Antrian Metode MKJI 1997 dan *Software VISSIM*

Dari hasil perbandingan panjang antrian yang telah dilakukan didapatkan presentase perbedaan antara metode MKJI 1997 dan *software VISSIM* yaitu pada lengan pendekat utara sebesar 58%, lengan pendekat timur 57%, lengan pendekat selatan sebesar 23 %, dan lengan pendekat barat sebesar 44%.

## 5. Kesimpulan dan saran

### 5.1 Kesimpulan

- Hasil analisis kinerja simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan *software VISSIM* pada hari Senin 20 Maret 2023 pukul 17.00-18.00 WITA sebagai berikut:
  - Metode MKJI 1997
    - Nilai panjang antrian (QL) rata-rata simpang sebesar 210,973 m.
    - Nilai tundaan rata-rata (D) simpang diperoleh nilai sebesar 248,811 det/smp sehingga didapatkan tingkat pelayanan simpang berupa F (buruk sekali) berdasarkan peraturan Menteri Perhubungan nomor 96 tahun 2015 .
  - Software VISSIM*

- Panjang antrian (maksimal) rata-rata simpang hasil permodelan diperoleh nilai sebesar 75,599 m.
  - Nilai tundaan rata-rata simpang diperoleh nilai sebesar 51,304 det/kend maka *level of service* (LOS) dari simpang tersebut adalah D berdasarkan pada HCM 2000.
- Hasil perbandingan kinerja simpang menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dengan *software VISSIM* pada hari Senin 20 Maret 2023 pukul 17.00-18.00 WITA sebagai berikut:
    - Hasil analisis panjang antrian rata-rata simpang dengan MKJI 1997 sebesar 217,233 m sedangkan hasil *software VISSIM* sebesar 75,599 m, sehingga didapatkan perbedaan sebesar 141,634 m.
    - Hasil analisis tundaan rata-rata simpang dengan MKJI 1997 sebesar 248,811 det/smp sedangkan hasil *software VISSIM* sebesar 51,304 det/kend. Hasil tundaan rata-rata tersebut tidak bisa dibandingkan secara langsung karena memiliki satuan kendaraan yang berbeda dan memiliki pengertian yang berbeda pada MKJI 1997 dan *software VISSIM*.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian pada simpang empat Kantor Golkar NTB yang telah dilakukan maka dapat disarankan:

- Untuk penelitian selanjutnya disarankan tidak melakukan perbandingan hasil analisis kinerja simpang menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dengan *software PTV VISSIM* dikarenakan adanya perbedaan pedoman antara MKJI 1997 dan *software PTV VISSIM*.
- Untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan *software PTV VISSIM* disarankan melakukan *survey* di lapangan untuk mendapatkan nilai kalibrasi pada *software PTV VISSIM* tersebut.
- Untuk penelitian selanjutnya disarankan memberikan alternatif untuk meningkatkan kinerja simpang empat bersinyal Kantor Golkar NTB.

## Daftar pustaka

AASHTO. 2001. *Policy on Geometric Design of Highways and Street*, Washington DC.

Alamsyah, Alik Ansyori. 2008. *Rekayasa Lalu Lintas*, UMM Press, Malang.

Badan Pusat Statistik. 2022. *Kota Mataram Dalam Angka 2022*. Badan Pusat Statistik Kota Mataram. Mataram.

Budiman, Intari, Mulyawati. 2016. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Boru Kota Serang, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Daily Fun Developer. 2022. *Traffic Counter (Version 0.4) [Mobile App]*. *Google Play Store*, dalam <https://play.google.com/store/apps/details?id=at.development.clickcounter>

Depositphotos, 2023. Alat dan bahan penelitian, dari <https://id.depositphotos.com>

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Fabianova, Jana et. all. 2020. *Design and Evaluation of A New Intersection Model To Minimize Congestions Using VISSIM Software*, Tugas Akhir, Fakultas Pertambangan, Ekologi, Kontrol Proses dan Geoteknologi, Universitas Teknik Kosice, Slovakia.

Google. 2022. *Google Earth Pro (Version 7.3.6.9345) [Computer Software]*, Peta Simpang Empat Kantor Golkar NTB.

Hutabarat, Frans. 2013. Teori Persimpangan, dalam <https://geotranspot.wordpress.com> .

Khisty, C. Jotin. & Lall, B. Kent. 2005. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi jilid 1 Edisi ketiga*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Lubis dan Surbakti, 2017. Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian Pada Simpang Bersinyal dan Mikrosimulasi Menggunakan *Software VISSIM* (Studi Kasus: Simpang Hotel Danau Toba Internasional dan Simpang Karya Wisata di Kota Medan), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Menteri Perhubungan, 2015. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*, Kementerian Perhubungan, Jakarta.

Nindita, Fransisca Aria, 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan *Software VISSIM* (Studi Kasus: Simpang Ngabean Yogyakarta), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.

Pebriyetti, Widodo, Akhmadali. 2018. Penggunaan *Software VISSIM* untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi Kasus; Simpang jalan Veteran, Gajahmada, Pahlawan, dan Budi Karya Pontianak, Kalimantan Barat), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak

PTV VISSIM. 2023. *Software PTV VISSIM (Student) 2023 (SP 03) [Computer software]*.

Romadhona, Ikhsan, Prasetyo. 2019. Aplikasi Permodelan Lalu Lintas *PTV VISSIM 9.0 (Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation)*, Penerbit UII Press, Yogyakarta.

Salsabila, F. F., Widianty, D., Karyawan, I. D. M. A., & Hasyim. (2023). Traffic Management Simulation to Improve Tanah Aji Intersection Road Network Performance. *In Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Civil and Architecture)* (pp. 30–40). Atlantis Press International BV. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-088-6\\_5](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-088-6_5)

Saputra, Afdhol, 2016. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Demangan), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Tamin, Ofyar Z. 1997. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi Edisi Kedua*, Penerbit ITB, Bandung.