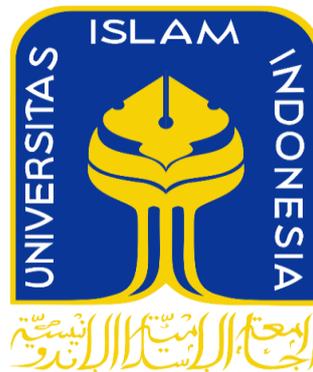


TUGAS AKHIR

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL DAN TIDAK
BERSINYAL SIMPANG CEBONGAN BERDASARKAN MKJI
1997 DAN PKJI 2023**

***PERFORMANCE ANALYSYS OF SIGNALLED AND
UNSIGNALLED INTERCEPTIONS BASED ON MKJI 1997 AND
PKJI 2023***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



Majid Hilmi Prananda

18511260

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2023

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL DAN TIDAK BERSINYAL SIMPANG CEBONGAN BERDASARKAN MKJI 1997 DAN PKJI 2023

PERFORMANCE ANALYSYS OF SIGNALLED AND UNSIGNALLED INTERCEPTIONS BASED ON MKJI 1997 AND PKJI 2023

Disusun Oleh

Majid Hilmi Prananda
18511260

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana

Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 23 Oktober 2023

Oleh Dewan Penguji



Pembimbing

Penguji I
الجنة الاستاذة الاولى

Penguji II

Hiftahul F, S.T., M.T., Ph.D.

Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc

Muh. Abdul Hadi, S.T., M.T.

NIP: 955110103

NIP: 145110101

NIP: 215111307



Mengesahkan

Dekan Ketua Program Studi-Teknik Sipil

Yunalia Muntali, S.T., M.T., Ph.D., Eng.

NIP: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dan hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumber nya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta,

Yang membuat pernyataan



Majid Hilmi Prananda (18511260)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT penulis panjatkan atas segala kekuatan, kesehatan dan kemampuan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal dan Usulan Perbaikan Pada Simpang Cebongan. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menempuh gelar Sarjana Strata Satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah membantu penulis dengan memberikan saran, kritik, arahan dan semangat kepada penulis sehingga Tugas akhir ini dapat terselesaikan seluruhnya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih atas nasihat, dorongan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir,
2. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I Sidang Tugas Akhir penulis,
3. Bapak Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji II Sidang Tugas Akhir penulis,
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Kedua Orang Tua yang sangat penulis sayangi, Alm. Bapak Sarno dan Ibu tatik Indrayani yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang dan dukungan dalam setiap langkah yang penulis ambil dalam menuntut ilmu,
6. Teman-teman surveyor yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan survei,
7. Keluarga Teknik Sipil 2018 yang banyak membantu penulis dalam menjalani perkuliahan,

8. Pak wok, Ghiffari, Sangkan, Raffi, Denny, dan teman-teman kost pawon Candi selaku rekan-rekan saya yang selalu mendukung dan membantu penulis,
 9. Nurul Fatma Ratih Arifin Putri yang selalu mendukung dan membantu penulis,
 10. Teman-teman kontrakan 2018 yang telah membantu dan mendukung penulis.
- Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 27 September 2023
Yang membuat pernyataan,

Majid Hilmi Prananda
18511260

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Penelitian Tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak bersinyal	9
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Persimpangan Jalan	13
3.2 Jenis Persimpangan	14
3.3 Simpang Tak Bersinyal Menurut PKJI 2023	17
3.3.1 Arus Lalu Lintas	17

3.3.2	Kapasitas	18
3.3.3	Derajat Kejenuhan	18
3.3.4	Tundaan	19
3.3.5	Peluang Antrean	21
3.4	Simpang APPIL Menurut PKJI 2023	22
3.4.1	Tipe Pendekat	23
3.4.2	Satuan Mobil Penumpang	23
3.4.3	Arus Jenuh	24
3.4.4	Rasio Arus	28
3.4.5	Waktu Siklus dan Waktu Hijau	28
3.4.6	Kapasitas Simpang APILL	29
3.4.7	Derajat Kejenuhan	30
3.4.8	Panjang Antrean	30
3.4.9	Rasio Kendaraan Henti	32
3.4.10	Tundaan	33
3.5	Simpang Bersinyal Menurut MKJI 1997	34
3.5.1	Arus Lalu Lintas (Q)	34
3.5.2	Arus Jenuh	35
3.5.3	Kapasitas Simpang	36
3.5.4	Derajat Kejenuhan (DS)	36
3.5.5	Panjang Antrian	37
3.5.6	Angka Henti	38
3.5.7	Tundaan	39
3.6	Simpang Tak Bersinyal Menurut MKJI 1997	39
3.6.1	Kondisi Simpang	39
3.6.2	Kapasitas (C)	40
3.7	Perbandingan MKJI 1997 dan PKJI 2023	43
3.8	Tingkat Pelayanan	44
3.9	PTV VISSIM	45
3.9.1	Kalibrasi dan Validasi <i>Software</i> PTV VISSIM	46
BAB IV METODE PENELITIAN		49

4.1	Jenis Penelitian	49
4.2	Data Penelitian	49
4.3	Metode Pengambilan Data	49
	4.3.1 Peralatan Penelitian	49
	4.3.2 Waktu Penelitian	50
	4.3.3 Survei Data Lalu Lintas	50
4.4	Analisis Data	53
4.5	Bagan Alir Penelitian	55
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		57
5.1	Analisis simpang Tak Bersinyal Cebongan	57
	5.1.1 Kondisi Geometri Simpang	57
	5.1.2 Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan MKJI 1997	58
	5.1.3 Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan PKJI 2023	63
	5.1.4 Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Berdasarkan MKJI 1997	69
	5.1.5 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023	75
5.2	Program PTV VISSIM	80
	5.2.1 Kalibrasi dan Validasi Pemodelan dengan PTV VISSIM	80
	5.2.2 Perbandingan Analisis MKJI 1997, PKJI 2023 dan PTV VISSIM	83
5.3	Alternatif Solusi Peningkatan Kinerja Simpang	84
	5.3.1 Alternatif Solusi 1 Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 115 detik dengan 4 fase	84
	5.3.2 Alternatif Solusi 2 Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 100 detik dengan 3 fase	87
5.4	Perbandingan Alternatif Solusi	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		98
6.1	Kesimpulan	98
6.2	Saran	99
DAFTAR PUSTAKA		100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak Bersinyal	10
Tabel 2. 2 Penelitian tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak Bersinyal	11
Tabel 2. 3 Penelitian tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak Bersinyal	12
Tabel 3. 1 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Tak Bersinyal	18
Tabel 3. 2 Tipe Pendekat	23
Tabel 3. 3 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal	24
Tabel 3. 4 Faktor Koreksi Ukuran Kota	25
Tabel 3. 5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	26
Tabel 3. 6 Waktu Siklus yang Layak	29
Tabel 3. 7 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan	45
Tabel 3. 8 Ketentuan Nilai <i>Error</i> Rumus Statistik <i>Geoffery E. Havers</i>	47
Tabel 3. 9 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE	48
Tabel 4. 1 Data Primer dan Data Sekunder Penelitian	49
Tabel 5. 1 Volume Lalu Lintas Periode Pagi Simpang Cebongan	61
Tabel 5. 2 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang Simpang Cebongan	62
Tabel 5. 3 Volume Lalu Lintas Periode Sore Simpang Cebongan	63
Tabel 5. 4 Volume Lalu Lintas Periode Pagi Simpang Cebongan	66
Tabel 5. 5 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang Simpang Cebongan	67
Tabel 5. 6 Volume Lalu Lintas Periode Sore Simpang Cebongan	68
Tabel 5. 7 Lebar Pendekat (W)	70
Tabel 5. 8 Perhitungan Kapasitas (C)	72
Tabel 5. 9 Perhitungan Derajat Kejenuhan;	74
Tabel 5. 10 Lebar Pendekat (W)	76
Tabel 5. 11 Perhitungan Kapasitas (C)	78
Tabel 5. 12 Perhitungan Derajat Kejenuhan	80
Tabel 5. 13 Perubahan Konfigurasi <i>Driving Behaviour</i>	81
Tabel 5. 14 Hasil Uji GEH Setelah Kalibrasi	81

Tabel 5. 15 Uji MAPE Setelah Kalibrasi	82
Tabel 5. 16 Panjang Antrean Hasil Permodelan VISSIM	82
Tabel 5. 17 Hasil Tundaan Permodelan VISSIM	83
Tabel 5. 18 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	83
Tabel 5. 19 Perbandingan Hasil Analisis	84
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus	85
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Siklus	85
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 1	86
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Panjang Antrean	86
Tabel 5. 24 Tundaan Hasil Permodelan VISSIM	86
Tabel 5. 25 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	87
Tabel 5. 26 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus	88
Tabel 5. 27 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Siklus	88
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 2	89
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Panjang Antrean	90
Tabel 5. 30 Tundaan Hasil Permodelan VISSIM	90
Tabel 5. 31 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	90
Tabel 5. 32 Perbandingan Waktu Siklus	91
Tabel 5. 33 Perbandingan Waktu Hijau	92
Tabel 5. 34 Perbandingan Derajat Kejenuhan	93
Tabel 5. 35 Perbandingan Panjang Antrean	94
Tabel 5. 36 Perbandingan Tundaan Simpang	94
Tabel 5. 37 Perbandingan Tingkat Pelayanan Berdasarkan Analisis PKJI 2023	95
Tabel 5. 38 Perbandingan Tingkat Pelayanan Berdasarkan Permodelan VISSIM	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Simpang Cebongan Yogyakarta	2
Gambar 1. 2 Simpang Cebongan Yogyakarta	3
Gambar 1. 3 Simpang Cebongan Yogyakarta	3
Gambar 3. 1 Grafik BSH Pemilihan Jenis Simpang	14
Gambar 3. 2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang	16
Gambar 3. 3 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang	16
Gambar 3. 4 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang	17
Gambar 3. 5 Peluang Antrean pada Simpang sebagai Fungsi dari DJ	22
Gambar 3. 6 Faktor Penyesuaian Kelandaian	26
Gambar 3. 7 Faktor Penyesuaian Parkir	27
Gambar 3. 8 Faktor Pemyesuaian Belok Kanan	27
Gambar 3. 9 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata	32
Gambar 3. 10 Penentuan Rasio Kendaraan Henti	33
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 5.1 Kondisi Geometrik Simpang	43
Gambar 5.2 Grafik Volume Lalu Lintas jam Puncak Pagi	47
Gambar 5.3 Grafik Volume Lalu Lintas jam Puncak Siang	48
Gambar 5.4 Grafik Volume Lalu Lintas jam Puncak Sore	49
Gambar 5.5 Grafik Volume Lalu Lintas jam Puncak Pagi	52
Gambar 5.6 Grafik Volume Lalu Lintas jam Puncak Siang	53
Gambar 5.7 Grafik Volume Lalu Lintas jam Puncak Sore	54
Gambar 5.8 Simpang Bersinyal 4 Fase	70
Gambar 5.9 Diagram Waktu Siklus Simpang Cebongan Pada Alternatif 1	71
Gambar 5.10 Simpang Bersinyal 3 Fase	74
Gambar 5.11 Diagram Waktu siklus Simpang Cebongan Pada Alternatif 2	75
Gambar 5.12 Histogram Perbandingan Waktu Siklus	78
Gambar 5.13 Histogram Perbandingan Waktu Hijau	79
Gambar 5.14 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan	80

Gambar 5.15 Perbandingan Panjang Antrean 81

Gambar 5.16 Perbandingan Tundaan Sempang 81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kecepatan Kendaraan	89
Lampiran 2 Data Volume lalu Lintas	90
Lampiran 3 Data <i>Driving Behaviour</i>	99

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>APILL</i>	= Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas
PKJI	= Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
<i>VISSIM</i>	= Verkehr in Stadteten Simulation Model
SM	= Sepeda Motor
MP	= Mobil Penumpang
KS	= Kendaraan Ringan
R_{Bki}	= Rasio Belok Kiri
R_{Bka}	= Rasio Belok Kanan
C	= Kapasitas Simpang
C_0	= Kapasitas Dasar Simpang
F_{LP}	= Faktor Koreksi Lebar Rata-rata pendekat
F_M	= Faktor Koreksi Tipe Median
F_{UK}	= Faktor Koreksi Ukuran Kota
F_{HS}	= Faktor Koreksi Hambatan Samping
F_{Bki}	= Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri
F_{Bka}	= Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan
F_{Rmi}	= Faktor Rasio Arus dari Jalan Minor
D_j	= Derajat Kejenuhan
q	= Arus Lalu Lintas
T	= Tundaan Simpang
T_{LL}	= Tundaan Lalu Lintas
T_G	= Tundaan Geometri Simpang

ABSTRAK

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang pesat dalam perkembangannya, khususnya jumlah penduduk yang bertambah dari tahun ke tahun. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi, masalah yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu kemacetan lalu lintas. Sebagai contohnya pada persimpangan Cebongan yang menjadi titik kemacetan lalu lintas. Simpang Cebongan merupakan simpang empat tak bersinyal. Pengaturan lalu lintas pada persimpangan ini belum bekerja dengan baik. Tidak adanya *traffic light* pada simpang Cebongan menyebabkan kondisi pergerakan lalu lintas tidak beraturan seperti kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan tingkat pelayanan lalu lintas simpang Cebongan pada kondisi eksisting saat ini, untuk mengetahui alternatif solusi penanganan di simpang Cebongan dengan menggunakan software vissim, serta untuk menganalisis perbandingan kinerja tingkat pelayanan eksisting, kinerja alternatif, dan memilih yang terbaik dari alternatif yang diusulkan.

Metode yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data primer seperti volume kendaraan, geometrik simpang, driving behaviour, kecepatan kendaraan, panjang antrian, dan data sekunder seperti jumlah penduduk dan peta lokasi penelitian. Selanjutnya mengolah data-data tersebut secara manual dengan panduan PKJI 2023 dan MKJI 1997 serta menginput data-data tersebut ke dalam Vissim sehingga dapat memodelkan kondisi eksisting pada simpang. Pemodelan menggunakan Vissim dapat memudahkan dalam pembuatan skenario atau alternatif solusi.

Hasil yang didapat pada kondisi eksisting, derajat kejenuhan pada Simpang Cebongan sebesar 0,76. Tundaan simpang sebesar 10,50 detik/smp dengan tingkat pelayanan B berdasarkan waktu tundaan. Terdapat 2 alternatif solusi yang dimodelkan pada penelitian ini. Pada alternatif 1 dilakukan penambahan sinyal 4 fase dengan waktu siklus ideal, alternatif 2 dilakukan penambahan sinyal 3 fase dengan waktu ideal. Alternatif solusi terbaik yang direkomendasikan yaitu alternatif 2 dengan penambahan sinyal 3 fase dengan waktu siklus 90 detik. Setelah dilakukan pemodelan pada alternatif solusi, didapatkan derajat kejenuhan pada pendekat timur sebesar 0,849 dengan nilai tundaan sebesar 153,9 det/kend, derajat kejenuhan pada pendekat barat sebesar 0,849 dengan nilai tundaan lengan 68,6 det/kend, derajat kejenuhan pendekat utara sebesar 0,849 dengan nilai tundaan lengan 35,1 det/kend, dan derajat kejenuhan pendekat selatan sebesar 0,849 dengan nilai tundaan lengan sebesar 25,6 det/kend. Panjang antrian berdasarkan pemodelan VISSIM pada pendekat barat sebesar 39,25 m, pendekat timur sebesar 227,2 m, pendekat utara sebesar 36,2 m, dan pendekat selatan sebesar 14,7 m. Tundaan simpang sebesar 78,92 det/kend dengan tingkat pelayanan E.

Kata Kunci : Evaluasi Kinerja, PKJI 2023, Simpang Tak Bersinyal, VISSIM.

ABSTRACT

The Special Region of Yogyakarta is a region that is rapidly developing, especially as the population increases from year to year. With population growth and economic growth, the problem that occurs in the Isitimewa Yogyakarta Region is traffic jams. For example, at the Cebongan intersection which is a traffic jam. Cebongan intersection is a signalless intersection. Traffic management at this intersection is not working well. The absence of traffic lights at the Cebongan intersection causes irregular traffic conditions such as congestion and traffic accidents. This research aims to determine the performance and level of traffic service at the Cebongan intersection in the current existing conditions, to find out alternative handling solutions at the Cebongan intersection using Vissim software, as well as to analyze performance comparisons, existing service levels and alternative performance, and choose the best one. of the proposed alternatives.

The method used is to collect primary data such as vehicle volume, geometric intersections, driving behavior, vehicle speed, queue length, and secondary data such as population and maps of research locations. Next, process the data manually using the PKJI 2023 guidelines and input the data into Vissim so that it can model the existing conditions at the intersection. Modeling using Vissim can make it easier to create scenarios or alternative solutions.

The results obtained in existing conditions, the degree of saturation at the Cebongan Interchange is 0.76. The intersection delay is 10.50 seconds/pcu with service level B based on delay time. There are 2 alternative solutions modeled in this research. In alternative 1, a 4-phase signal is added with an ideal cycle time, alternative 2 is an addition of a 3-phase signal with an ideal time. The best alternative solution recommended is alternative 2 with the addition of a 3 phase signal with a cycle time of 90 seconds. After modeling the alternative solutions, the degree of saturation at the eastern approach was 0.849 with a delay value of 153.9 sec/end, the degree of saturation at the western approach was 0.849 with an arm delay value of 68.6 sec/end, the degree of saturation at the northern approach was 0.849 with an arm delay value of 35.1 sec/kend, and the degree of saturation at the southern approach is 0.849 with an arm delay value of 25.6 sec\kend. The queue length based on VISSIM modeling at the western approach is 39.25 m, the eastern approach is 227.2 m, the northern approach is 36.2 m, and the southern approach is 14.7 m. The intersection delay is 78.92 sec/end with service level E.

Keywords : *Evaluation, PKJI 2023, Unsignalized T-Intersection, VISSIM*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

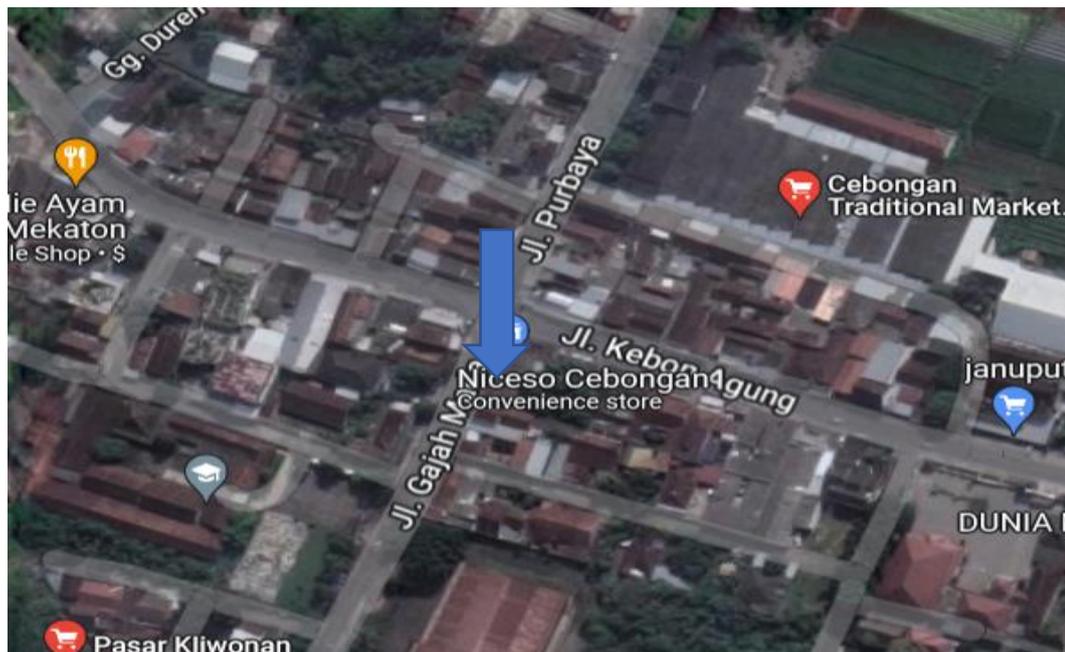
Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang pesat dalam perkembangannya, khususnya jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun. Mengingat juga banyak predikat Daerah Istimewa Yogyakarta yang disebut sebagai kota pelajar, kota wisata, dan kota budaya. Faktor - faktor tersebut yang memberikan dampak peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya. Pada tahun 2020, penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta berjumlah 3.882.288 jiwa, dengan peningkatan penduduk sebesar 79.416 jiwa dalam 2 tahun terakhir yaitu tahun 2018 dengan jumlah penduduk sebesar 3.802.872 jiwa (Badan Pusat Statistika, 2021).

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi, masalah yang sering terjadi di Daerah istimewa Yogyakarta yaitu kemacetan lalu lintas. Masalah ini terjadi akibat sebagian besar penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta yang menggunakan kendaraan lebih pesat melebihi pertumbuhan infrastruktur. Menurut Bina Marga (1997) kemacetan merupakan kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan mendekati 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Sebagai contohnya pada persimpangan Cebongan yang menjadi titik kemacetan lalu lintas.

Simpang Cebongan merupakan simpang empat tak bersinyal. Pengaturan lalu lintas pada persimpangan ini belum bekerja dengan baik. Belum adanya *traffic light* pada persimpangan Cebongan menyebabkan kondisi pergerakan lalu lintas tidak beraturan. Kinerja persimpangan ini juga semakin menurun seiring semakin padatnya arus kendaraan yang lewat pada simpang tersebut.

Kondisi lingkungan pada simpang empat Cebongan tersebut merupakan yang termasuk padat penduduk, karena didaerah tersebut terdapat pertokoan, pasar, rumah makan, dan pedagang kaki lima yang berpengaruh terhadap tingginya volume lalu lintas. Dengan memperlihatkan kondisi geometri jalan, volume arus lalu lintas, dan kondisi lingkungan simpang yang merupakan daerah komersil yang terdapat pasar dan pusat pertokoan, simpang Cebongan sudah dikatakan tidak efisien, maka dari itu sangat dibutuhkan pengaturan pada simpang Cebongan untuk menghindari dan meminimalisir terjadinya permasalahan-permasalahan seperti kemacetan lalu lintas dan keselamatan lalu lintas.

Dalam tugas Akhir ini penulis akan melakukan analisa kinerja lalu lintas pada simpang Cebongan dengan menggunakan pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. Sedangkan untuk permodelan baru dilakukan dengan *software Vissim*.



Gambar 1. 1 Lokasi Simpang Cebongan Yogyakarta

Sumber: Google Maps (2022)



Gambar 1. 2 Simpang Cebongan Yogyakarta
Sumber: Google Maps, 2022



Gambar 1. 3 Simpang Cebongan Yogyakarta
Sumber: Google Maps, 2022

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja dan tingkat pelayanan simpang Cebongan pada kondisi eksisting saat ini?
2. Bagaimana alternatif solusi penanganan di simpang Cebongan dengan menggunakan *software vissim*?
3. Bagaimana perbandingan kinerja dan tingkat pelayanan dengan usulan alternatif perbaikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan di lakukannya tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui kinerja dan tingkat pelayanan lalu lintas simpang Cebongan pada kondisi eksisting saat ini.
2. Untuk mengetahui alternatif solusi penanganan di simpang Cebongan dengan menggunakan *software vissim*.
3. Untuk menganalisis perbandingan kinerja, tingkat pelayanan eksisting dan kinerja alternatif, serta memilih yang terbaik dari alternatif yang diusulkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini dapat menjadi masukan untuk pihak terkait seperti Dinas PUPR dan Dinas Perhubungan dalam usaha peningkatan pelayanan lalu lintas.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023) dan menggunakan *software vissim*.
2. Pengamatan dilakukan di simpang tak bersinyal Cebongan .
3. Penelitian dilakukan dengan cara pengambilan data di lapangan secara langsung. Pencatatan melalui pengamatan visual terhadap kendaraan bermotor yang di klasifikasian ke dalam sepeda motor (*motorcycle*), kendaraan ringan

yang meliputi mobil penumpang, bus mini, serta *pick up (light vehicle)* dan kendaraan berat yang meliputi bus, truk ringan dan truk berat (*heavy vehicle*)

4. Pengambilan data dilakukan pada hari senin dan sabtu.
5. Pengambilan data dilakukan pada jam-jam sibuk dengan durasi selama 6 jam, yaitu pukul 06.00-09.00, pukul 11.00-13.00, dan pukul 15.00-18.00.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka merupakan hasil ringkasan mengenai pendapat maupun pandangan penelitian-penelitian terdahulu mengenai topik yang sejenis dengan penelitian sekarang. Tinjauan pustaka dapat dijadikan acuan untuk menentukan teknik penilaian mendasar yang dapat digunakan untuk data yang sudah di kumpulkan serta memberikan dasar pemikiran agar dapat menyimpulkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian. Sehingga dapat disimpulkan tinjauan pustaka merupakan salah satu indikator kualitas penelitian yang sekarang karena tinjauan mengenai penelitian terdahulu dapat meningkatkan kualitas penelitian yang sekarang.

Bab ini berisi mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang sejenis dengan penelitian yang sekarang mengenai evaluasi kinerja simpang. Bab ini juga berisi mengenai perbedaan penelitian yang sekarang dengan penelitian terdahulu.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam penulisan Tugas Akhir mengenai analisis kinerja simpang tak bersinyal dengan menggunakan perangkat lunak *Vissim* ini mengacu pada penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian sekarang. Maka dari itu, beberapa penelitian tersebut dapat dijadikan referensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

Rofida (2018) melakukan penelitian yang memiliki beberapa tujuan yaitu untuk mengetahui kondisi kinerja ruas jalan Prawirokuat sebelum dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah serta mengetahui dampak yang dihasilkan dari penerapan lalu lintas satu arah di Jalan Prawirokuat terhadap tingkat pelayanan ruas jalan sekitarnya (Jalan Ringin Raya, Jalan Candi Gebang, dan Jalan Ring Road utara jalur lambat). Hasil yang didapatkan adalah nilai derajat kejenuhan pada ruas

Jalan pada kondisi eksisting Jalan Prawirokuat adalah sebesar 0,71 dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah adalah sebesar 0,43 sedangkan kecepatan kendaraan yang semula 24,14 km/jam menjadi 35,04 km/jam. Dampak perancangan sistem satu arah pada jalan Prawirokuat cukup berpengaruh terhadap derajat kejenuhan dan kecepatan tiap ruas jalan. Pada ruas jalan Ringin raya nilai derajat kejenuhan dari 0,79 menjadi 0,47 dan kecepatan kendaraan yang semula 25,89 km/jam menjadi 27,82 km/jam. Ruas jalan Candi Gebang nilai derajat kejenuhan dari 0,99 naik menjadi 1,21 dan kecepatan kendaraan semula 26,88 km/jam turun menjadi 19,52 km/jam.

Penelitian tentang kinerja persimpangan juga dilakukan oleh Haryadi (2018) yang memiliki tujuan untuk menganalisis kinerja, kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian simpang tak bersinyal di Selokan Mataram dan memilih alternatif-alternatif untuk memberikan solusi permasalahan yang ada pada simpang tak bersinyal Selokan Mataram. Berdasarkan hasil analisis simpang tak bersinyal pada Simpang Selokan Mataram didapatkan hasil analisis kinerja simpang tak bersinyal Selokan Mataram pada kondisi eksisting menunjukkan hasil kurang baik. Kapasitas yang didapatkan sebesar 3055,46 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 1,03, tundaan simpang sebesar 20,34 det/smp, dan peluang antrian sebesar 83,80% (batas atas) dan 42,25% (batas bawah). Faktor – faktor yang mempengaruhi kapasitas simpang merupakan geometrik jalan, jenis fase, waktu antar hijau dan waktu siklus. Penulis juga memberikan beberapa alternatif perbaikan yang dilakukan yaitu perencanaan jalan satu arah, pemasangan lampu APRL untuk 2 fase, 3 fase dan 4 fase serta perencanaan bagian jalinan tunggal yang berpedoman pada MKJI 1997.

Wardani, dkk. (2018) Dalam jurnal berjudul Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Kediri Kabupaten Tabanan) menyimpulkan bahwa berdasarkan analisis MKJI 1997, kinerja pelayanan simpang bersinyal memiliki derajat kejenuhan sebesar 2,46. Tundaan simpang rata-rata sebesar 1096,31 detik/smp dan memiliki tingkat pelayanan F. Alternatif penanganan yang paling efektif yaitu melakukan perubahan waktu siklus menjadi 100 detik dengan waktu hilang (LTI) selama 12 detik. Alternatif tersebut dapat

menurunkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tingkat pelayanan sehingga diperoleh tingkat pelayanan D

Annisa (2019) penelitian tentang simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal menggunakan metode MKJI 1997, penerapan untuk mengurangi konflik yang terjadi pada persimpangan Duren, Ciputat seperti kecelakaan lalu lintas maka diperlukan adanya pemasangan lampu lalu lintas (*traffic light*). Annisa (2019) dalam penelitiannya menjelaskan kinerja persimpangan diukur dengan tingkat pelayanan berdasarkan parameter derajat kejenuhan dan tundaan simpang. Dalam penelitiannya terjadi kenaikan nilai tundaan simpang dan mengalami penurunan derajat kejenuhan. Amtoro (2016) melakukan penelitian tentang simpang tak bersinyal Jalan Wates, Gamping. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *software Vissim* dan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997). Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui kinerja simpang empat tak bersinyal Jalan Wates Km 5 Gamping pada kondisi eksisting serta mengetahui alternatif pemecahan masalah yang tepat. Hasil yang didapatkan pada kondisi eksisting menggunakan MKJI dan *software Vissim* menunjukkan hasil kinerja simpang kurang baik. Penulis juga memberikan alternatif solusi yaitu pemasangan median pada jalan utama, pemberlakuan sistem jalan searah untuk arah minor pada jam sibuk, sehingga tidak ada arus kendaraan dari jalan minor menuju simpang. Dan didapatkan kapasitas sebesar 6949 smp/jam, derajat kejenuhan 0.78, tundaan simpang sebesar 12,64 detik/smp, dan peluang antrian sebesar 24,789 dengan tingkat pelayanan B.

Penelitian terkait menggunakan *software vissim* juga dilakukakn oleh Hidayati, dkk (2018). Tujuan penelitian ini merupakan untuk mengetahui keandalan *software vissim* untuk diterapkan dalam analisis masalah transportasi di Indonesia. Setelah mengetahui keandalan *software vissim*, penulis membandingkan dengan hitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) untuk perhitungan panjang antrian dan tundaan. Hasil penelitian dalam jurnalnya mendapatkan hasil bahwa kondisi eksisting simpang menunjukkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan jika disesuaikan dengan peraturan MKJI. Kapasitasn Jalan terlalu kecil yang tidak sebanding dengan volume kendaraan, sehinggann menyebabkan meningkatnya

derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Hasil yang didapatkan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi ($DS \leq 0,85$), dan hasil panjang antrian hasilnya berbeda dengan lapangan, untuk itu dilakukan analisa selanjutnya dengan *software vissim* untuk mendapatkan panjang antrian dan tundaan dengan kondisi eksisting.

Sarwanta (2022) dalam jurnal berjudul Pemodelan Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Perangkat VISSIM menyimpulkan kinerja simpang pada kondisi eksisting didapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 1,7. Berdasarkan hasil penelitian kinerja lalu lintas didapatkan beberapa skenario penanganan pertama dengan penggunaan APPIL dengan siklus pendekat barat waktu hijau 15 detik, pendekat timur waktu hijau 41 detik, pendekat selatan waktu hijau 22 detik. Skenario kedua pelebaran pendekat, skenario ketiga pelebaran pendekat dan penggunaan APPIL, dan skenario keempat dengan membuat bundaran. Parameter panjang antrean dan waktu tundaan pada kondisi eksisting sebesar 33,0 m dan 3,65 det/smp dan untuk proyeksi 5 tahun yang akan datang adalah 87 m dan waktu tundaan 189 detik/smp.

2.3 Penelitian Tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak bersinyal

Dari tinjauan pustaka di atas, maka diperoleh rincian seperti Tabel 2.1 dibawah ini mengenai perbedaan penelitian tentang simpang tak bersinyal

Tabel 2. 1 Penelitian Tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak Bersinyal

Peneliti	Judul	Lokasi	Jenis Simpang	Metode Penelitian	Penggunaan Perangkat Lunak
Rofida (2018)	Perbandingan Kinerja Ruas Jalan Sebelum dan Sesudah Penerapan Sistem Satu Arah Di Jalan Prawirokuat	Jalan Prawirokuat, Condong Catur, Sleman Yogyakarta	Simpang 4 Lengan	Permodelan dengan <i>Software Vissim</i>	<i>Software Vissim</i>
Hidayati, dkk (2018)	Penggunaan Software Vissim Untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jl. Sultan Hamid – Jl. Tanjung Raya I – Jl. Perintis Kemerdekaan – Jl. Tanjung Raya II Pontianak	Jl. Sultan Hamid – Jl. Tanjung Raya I – Jl. Perintis Kemerdekaan – Jl. Tanjung Raya II Pontianak	Simpang Bersinyal 4 Lengan	Menggunakan pedoman MKJI 1997	Software Vissim

Sumber : Rofida (2018), Hidayati, dkk (2018), Haryadi (2018), Annisa (2019), Wardani, dkk (2019), Sarwanta (2022)

Lanjutan Tabel 2. 1 Penelitian tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak Bersinyal

Peneliti	Judul	Lokasi	Jenis Simpang	Metode Penelitian	Penggunaan Perangkat Lunak
Haryadi (2018)	Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Selokan Mataram Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997	Simpang Selokan Mataram, Yogyakarta	Simpang 4 Tak Bersinyal	Menggunakan Pedoman MKJI 1997	Tidak Menggunakan Perangkat Lunak
Sarwanta (2022)	Pemodelan Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Perangkat VISSIM.	Simpang Pasar Butun, Kota Balikpapan	Simpang 4 Tak Bersinyal	Menggunakan Pedoman MKJI 1997	<i>Software Vissim</i>

Sumber : Rofida (2018), Hidayati, dkk (2018), Haryadi (2018), Annisa (2019), Wardani, dkk (2019), Sarwanta (2022)

Lanjutan Tabel 2. 1 Penelitian tentang Simpang Bersinyal dan Simpang Tak Bersinyal

Peneliti	Judul	Lokasi	Jenis Simpang	Metode Penelitian	Penggunaan Perangkat Lunak
Wardani,dkk. (2019)	Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Kediri Kabupaten Tabanan)	Simpang Kediri Kabupaten Tabanan	Simpang 4 Tak Bersinyal	Menggunakan Pedoman MKJI 1997	Tidak Menggunakan Perangkat Lunak
Annisa (2019)	Analisis Simpang Tak Bersinyal Menjadi simpang Bersinyal	Simpang Duren, Ciputat	Simpang 4 Tak Bersinyal	Menggunakan pedoman MKJI 1997	Tidak Menggunakan Perangkat Lunak

Sumber : Rofida (2018), Hidayati, dkk (2018), Haryadi (2018), Annisa (2019), Wardani, dkk (2019), Sarwanta (2022)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Jalan

Persimpangan adalah elemen yang tak terpisahkan dalam setiap sistem jalan. Saat berada di dalam kota, orang dapat melihat bahwa sebagian besar jalan perkotaan umumnya dilengkapi dengan persimpangan. Pengemudi dapat memilih untuk melanjutkan perjalanan atau berbelok dan mengubah jalur di persimpangan.

Persimpangan merupakan titik di mana terjadi pertemuan atau percabangan antara banyak jalan, baik sejajar maupun tidak sejajar, yang menjadi bagian dari suatu sistem jaringan jalan. Persimpangan memiliki peran yang penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan dalam jaringan jalan. Persimpangan perlu diatur dan dikelola dengan baik untuk mencegah masalah seperti kemacetan. Selain itu, tujuan pembuatan persimpangan adalah untuk mengendalikan konflik antara pejalan kaki dan kendaraan. Beberapa masalah yang terkait dengan persimpangan meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Volume dan kapasitas, yang mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometri jalan dan kebebasan pandang.
3. Kecelakaan dan keselamatan.
4. Parkir, akses, dan pembangunan umum.
5. Pejalan kaki.
6. Jarak antar simpang.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), menjelaskan bahwa persimpangan adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan, yang dapat berupa simpang, simpang APILL, bundaran, atau simpang tidak sebidang. Lalu lintas pada setiap bagian persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas yang lain. Oleh karena itu, persimpangan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan dalam suatu jaringan jalan.

Persimpangan juga merupakan bagian dari sistem lalu lintas darat yang sangat vital, maka dari itu harus didesain berdasarkan peraturan yang berlaku dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasional, dan kapasitas. Pergerakan lalu lintas dan urutannya dapat diatur dengan berbagai metode, tergantung pada jenis persimpangan yang diperlukan. Tujuan utama dari pembuatan persimpangan adalah untuk mengurangi potensi konflik antar pengguna jalan yang melewati simpang, di sisi lain juga menyediakan kenyamanan dan kemudahan pergerakan maksimal bagi kendaraan.

3.2 Jenis Persimpangan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) pemilihan jenis persimpangan baru (simpang, simpang APILL, bundaran, atau simpang tak sebidang) harus didasarkan pada analisis biaya siklus hidup (BSH, *life cycle costs*). Grafik BSH pemilihan jenis simpang dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Grafik BSH Pemilihan Jenis Simpang
 Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Tujuan dari pemilihan jenis simpang baru berdasarkan pada analisis biaya siklus hidup (BSH, *life cycle costs*) adalah sebagai berikut.

1. Mengurangi atau menghindari terjadinya kecelakaan dan masalah lain yang disebabkan oleh titik-titik konflik pada simpang.
2. Mengontrol agar kapasitas di persimpangan dapat berjalan secara maksimal.
3. Meminimalkan tundaan.

Secara garis besar persimpangan terbagi menjadi 2 bagian yaitu persimpangan sebidang dan persimpangan tak sebidang.

1. Persimpangan sebidang

Persimpangan sebidang adalah di mana ruas jalan bertemu dengan suatu bidang yang sama. Terdapat beberapa jenis persimpangan yang umum digunakan dalam mendesain persimpangan sebidang pada ruas jalan. Persimpangan tersebut mencakup beberapa jenis, antara lain persimpangan berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, dan persimpangan berkaki banyak. Menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintas pada persimpangan sebidang dibagi menjadi 2 bagian, sebagai berikut.

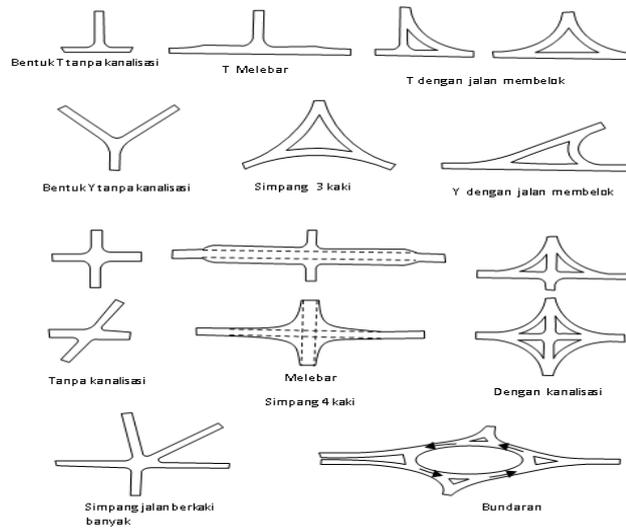
- a. Simpang tak bersinyal

Simpang tak bersinyal atau sekarang hanya disebut sebagai simpang yaitu pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang dan tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).

- b. Simpang APILL

Simpang APILL yaitu pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya.

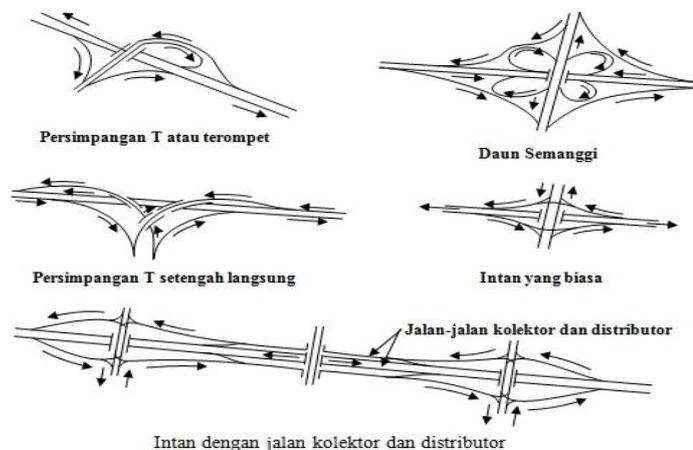
Gambaran jenis persimpangan sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.2 pada halaman selanjutnya.



Gambar 3. 2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang
 Sumber: Morlok, 1991

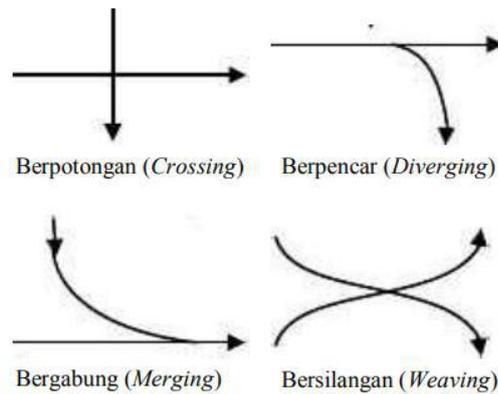
2. Persimpangan tak sebidang

Persimpangan tak sebidang yaitu persimpangan pada suatu ruas jalan dengan ruas jalan yang lainnya tidak saling bertemu pada satu bidang dan memiliki beda tinggi antara keduanya. Contoh dari simpang tak sebidang, yaitu pada jalan layang. Gambaran jenis persimpangan tidak sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang
 Sumber: Morlok, 1991

Perilaku kendaraan yang menghasilkan pergerakan arus lalu lintas di suatu persimpangan jalan seringkali menyebabkan terjadinya konflik antar pengemudi kendaraan dan berisiko tabrakan. Manuver dari kendaraan dapat dibagi menjadi 4 jenis, yang bisa dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3. 4 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang
Sumber: Morlok, 1991

3.3 Simpang Tak Bersinyal Menurut PKJI 2023

Simpang adalah pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang dan tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Oleh karena itu, jenis persimpangan ini tidak sesuai untuk diletakkan pada jalan yang mengalami tingkat kepadatan yang sangat tinggi.

3.3.1 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (q) adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui suatu segmen jalan per jam, dengan satuan kendaraan per jam (kend/jam) atau satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam). Arus lalu lintas untuk setiap arus gerakan pada setiap jenis kendaraan berupa mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS), dan sepeda motor (SM) perlu dikonversi dari kendaraan per jam (kend/jam) menjadi satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam) dengan menggunakan angka ekuivalensi mobil penumpang. Angka ekuivalensi mobil penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Tak Bersinyal

Jenis Kendaraan	EMP	
	$Q_{TOTAL} \geq 1000$ kend/jam	$Q_{TOTAL} < 1000$ kend/jam
Mobil Penumpang (MP)	1,0	1,0
Kendaraan Sedang (KS)	1,8	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,2	0,5

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.3.2 Kapasitas

Kapasitas (C) simpang adalah volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan suatu persimpangan selama 1 (satu) jam dalam kondisi tertentu yang melingkupi geometri, lingkungan, dan lalu lintas (SMP/jam). Kapasitas simpang tidak bersinyal menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 pada halaman selanjutnya.

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKl} \times F_{BKk} \times F_{Rmi} \quad (3.1)$$

dengan:

- C = kapasitas simpang (SMP/jam),
- C_0 = kapasitas dasar simpang (SMP/jam),
- F_{LP} = faktor koreksi lebar rata-rata pendekat,
- F_M = faktor koreksi tipe median,
- F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota,
- F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping,
- F_{BKl} = faktor koreksi rasio arus belok kiri,
- F_{BKk} = faktor koreksi rasio arus belok kanan, dan
- F_{Rmi} = faktor koreksi rasio arus dari jalan minor.

3.3.3 Derajat Kejenuhan

Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa derajat kejenuhan (D_j) adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Nilai

derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.2)$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

C = kapasitas segmen jalan (SMP/jam), dan

q = semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang (SMP/jam).

3.3.4 Tundaan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), tundaan adalah waktu tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu persimpangan dibandingkan dengan situasi tanpa persimpangan. Persamaan-persamaan untuk menghitung tundaan dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

1. Tundaan Lalu Lintas (T_{LL})

Tundaan lalu lintas adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh interaksi antara gerakan arus lalu lintas yang berlawanan di persimpangan. Tundaan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 atau Persamaan 3.4 sebagai berikut.

a. Untuk $D_J \leq 0,6$

$$T_{LL} = 2 + 8,2078 \times D_J - (1 - D_J)^2 \quad (3.3)$$

b. Untuk $D_J > 0,6$

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times D_J)} - (1 - D_J)^2 \quad (3.4)$$

2. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (T_{LLma})

Tundaan lalu lintas jalan utama merupakan tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor. Tundaan lalu lintas jalan utama dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 atau Persamaan 3.6 sebagai berikut.

a. Untuk $D_J \leq 0,6$

$$T_{LLma} = 1,8 + 5,8234 \times D_J - (1 - D_J)^{1,8} \quad (3.5)$$

b. Untuk $D_J > 0,6$

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,346 - 0,246 \times D_J)} - (1 - D_J)^{1,8} \quad (3.6)$$

3. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (T_{LLmi})

Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor adalah waktu tambahan yang dialami oleh semua kendaraan bermotor yang memasuki persimpangan dari jalan minor. Tundaan lalu lintas jalan minor dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \quad (3.7)$$

dengan:

q_{KB} = arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang (SMP/jam), dan

q_{ma} = arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor (SMP/jam).

4. Tundaan Geometri Simpang (T_G)

Tundaan geometri simpang adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh perlambatan dan atau percepatan arus lalu lintas yang membelok di persimpangan. Tundaan geometri simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 atau Persamaan 3.9 sebagai berikut.

a. Untuk $D_J < 1$

$$T_G = (1 - D_J) \times \{6 \times R_B + 3 \times (1 - R_B)\} + 4 \times D_J \quad (3.8)$$

b. Untuk $D_J \geq 1,0$

$$T_G = 4 \quad (3.9)$$

dengan:

T_G = tundaan geometri simpang (detik/SMP), dan

R_B = rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total jujusimpang.

5. Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$T = T_{LL} + T_G \quad (3.10)$$

dengan:

T = tundaan simpang (detik/SMP),

T_{LL} = tundaan lalu lintas (detik/SMP), dan

T_G = tundaan geometri (detik/SMP).

3.3.5 Peluang Antrean

Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa peluang antrean merupakan peluang terjadinya antrean kendaraan yang mengantre di sepanjang pendekat. Peluang Antrean (P_a) tergantung dari D_J dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas Simpang. P_a dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%). Peluang antrean dengan batas atas dan batas bawah dapat dihitung dengan menggunakan metode yang spesifik sebagaimana Persamaan 3.11 dan Persamaan 3.12 sebagai berikut.

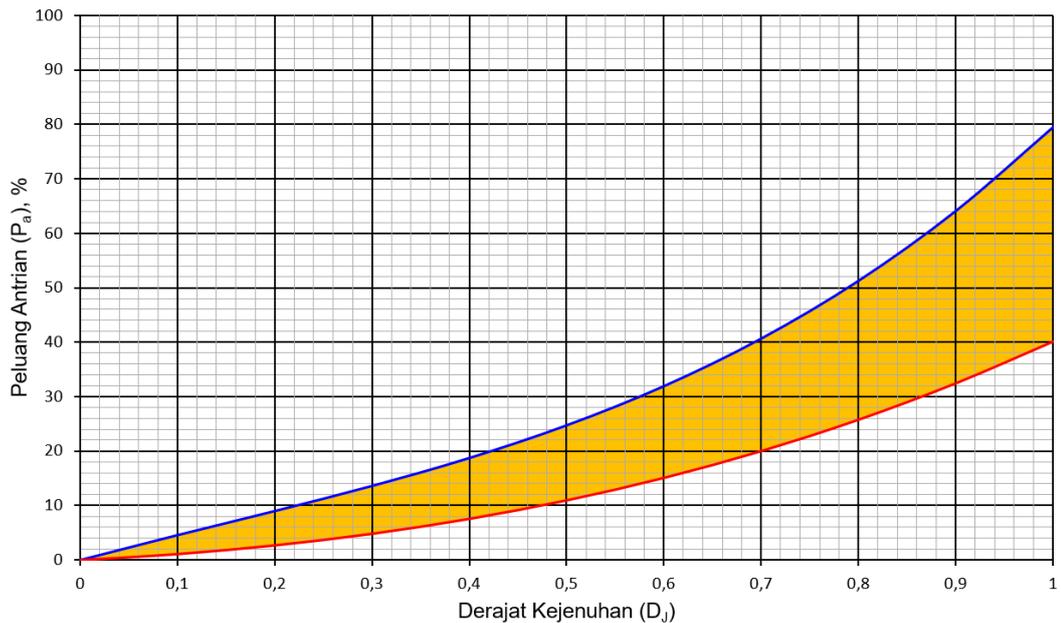
1. Batas atas peluang

$$P_a = 47,71 \times D_J - 24,68 \times D_J^2 + 56,47 \times D_J^3 \quad (3.11)$$

2. Batas bawah peluang

$$P_a = 9,02 \times D_j - 20,66 \times D_j^2 + 10,49 \times D_j^3 \quad (3.12)$$

Penentuan nilai P_a juga dapat ditentukan menggunakan grafik peluang. Peluang antrean (P_a , %) pada simpang sebagai fungsi dari D_j . Grafik peluang Peluang antrean (P_a , %) pada simpang sebagai fungsi dari D_j dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3. 5 Peluang Antrean pada Simpang sebagai Fungsi dari D_j
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.4 Simpang APPIL Menurut PKJI 2023

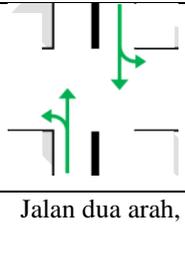
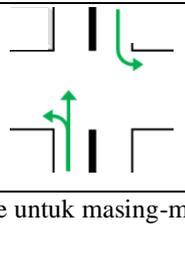
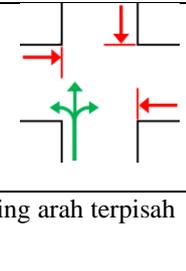
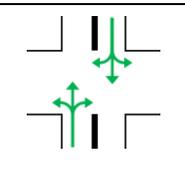
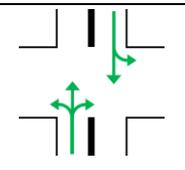
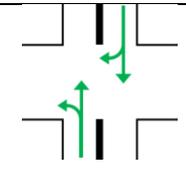
Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa simpang APILL merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya. APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas merupakan alat yang digunakan untuk mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. Penggunaan APILL di persimpangan bertujuan untuk membagi kapasitas secara merata ke berbagai pendekat dengan mengalokasikan waktu hijau pada setiap pendekat. APILL dianggap sebagai metode paling efektif dalam mengatur lalu lintas di persimpangan dengan volume

lalu lintas yang relatif tinggi pada setiap kaki simpang. Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan beberapa alasan simpang APILL digunakan dengan tujuan untuk mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang berlawanan.

3.4.1 Tipe Pendekat

Penentuan tipe pendekat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Tipe Pendekat

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola-Pola Pendekatan		
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi		
				
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi.		
				

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023))

3.4.2 Satuan Mobil Penumpang

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) satuan mobil penumpang (SMP) satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai kendaraan yang berbeda telah diubah menjadi arus mobil penumpang dengan menggunakan nilai ekuivalen mobil penumpang. Ekuivalensi mobil penumpang (EMP) adalah faktor konversi

untuk jenis kendaraan sedang, bus besar, truk besar, dan sepeda motor yang dibandingkan terhadap mobil penumpang sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan, untuk mobil penumpang dan juga kendaraan ringan yang mirip memiliki nilai EMP 1.

Angka ekuivalensi kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal

Jenis Kendaraan	EMP Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1,0	1,0
Kendaraan Sedang (KS)	1,3	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.4.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean dari dalam suatu pendekat selama kondisi yang ada dan dinyatakan dalam satuan SMP/jam. Arus jenuh pada Simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3.13)$$

dengan:

J = arus jenuh (SMP/jam-hijau),

J_0 = arus jenuh dasar (SMP/jam-hijau),

F_{HS} = faktor koreksi J_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan,

F_{UK} = faktor koreksi J_0 akibat ukuran kota,

F_G = faktor koreksi J_0 akibat kelandaian memanjang pendekat,

F_P = faktor koreksi J_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama,

F_{BK_i} = faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri, dan

F_{BK_a} = faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan.

Penentuan nilai dari arus jenuh dasar menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) untuk pendekatan terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif (L_e). Arus jenuh dasar pada Simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$J_0 = 600 \times L_e \quad (3.14)$$

dengan:

J_0 = arus jenuh dasar (SMP/jam), dan

L_e =lebar efektif pendekatan (meter).

Selanjutnya untuk menentukan faktor-faktor dapat dilihat pada bagian berikut ini.

Nilai untuk penentuan faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3. 4 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Populasi penduduk, juta jiwa	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,83
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

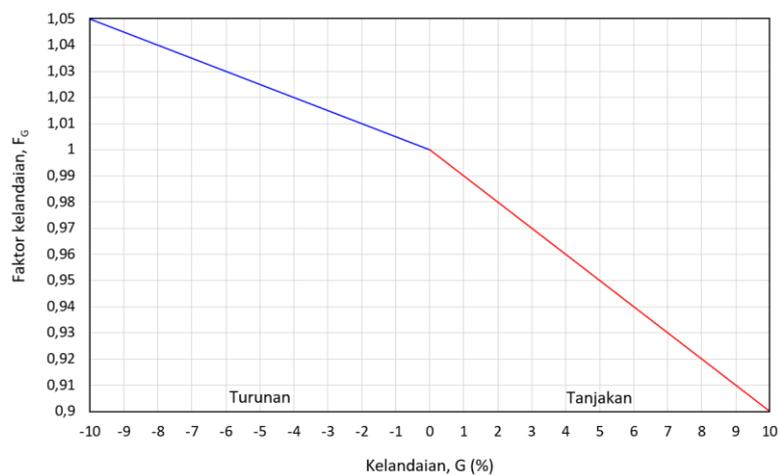
Nilai untuk penentuan faktor penyesuaian hambatan samping menyesuaikan dari lingkungan jalan, hambatan samping, tipe fase, dan rasio kendaraan tak bermotor. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3. 5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0	0,05	0,10	0,15	0,2	> 0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
		Terlindung	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Redah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Redah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	T/S/R	Terlawan	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,0	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

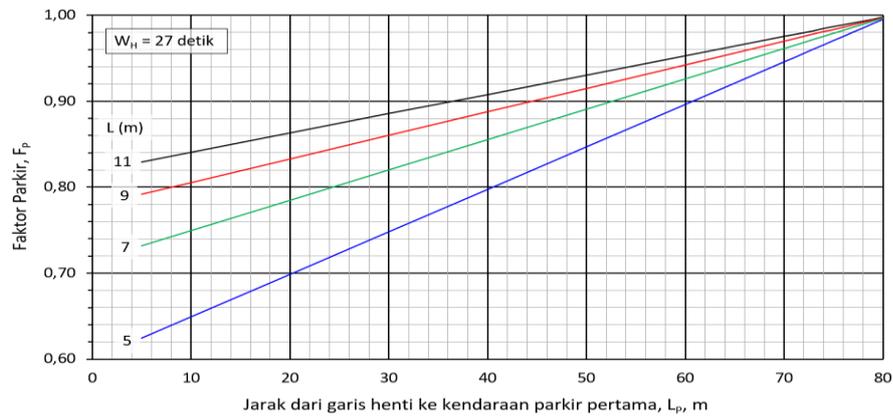
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) yaitu fungsi dari kelandaian lengan simpang yang ditentukan dari Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor penyesuaian parkir (F_p) adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama dan lebar *approach*. Faktor penyesuaian parkir dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.

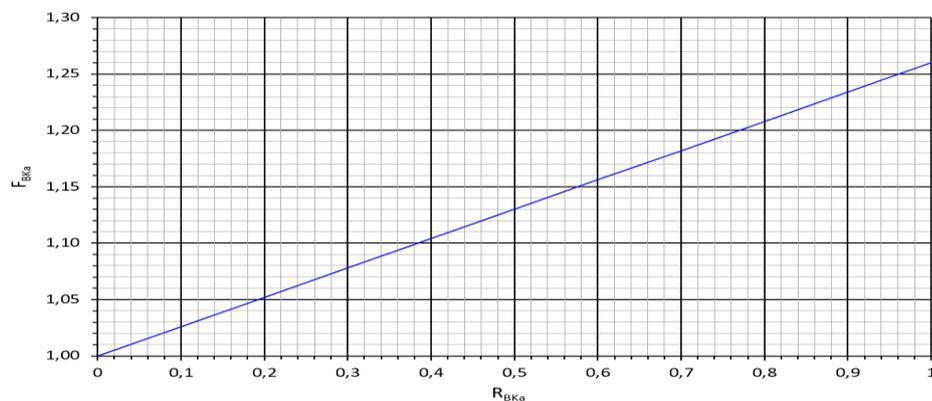


Gambar 3. 7 Faktor Penyesuaian Parkir
Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) diketahui rasio kendaraan yang belok kanan (R_{BKa}). Untuk mendapatkan nilai dari F_{BKa} dapat dilihat dari rumus 3.14 dan 3.15 dan pada Gambar 3.8 sebagai berikut.

$$R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{Total}} \quad (3.14)$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (3.15)$$



Gambar 3. 8 Faktor Pemyesuaian Belok Kanan
Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023

3.4.4 Rasio Arus

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2023) dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh ($R_{q/J}$) perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

1. Jika harus memisahkan arus BKiJT dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai q .
2. Jika Laju Ekuivalensi (LE) sama dengan Laju Kendaraan (LK), maka hanya arus lurus yang akan masuk dalam perhitungan nilai q .
3. Apabila pendekat mempunyai dua fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua untuk arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti dalam proses perhitungan arus jenuh. $R_{q/J}$ dihitung menggunakan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$R_{q/J} = \frac{q}{J} \quad (3.16)$$

3.4.5 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2023) menyatakan definisi mengenai waktu siklus dan lingkupnya meliputi, waktu siklus (*Cycle Time*) yaitu waktu selama satu urutan lengkap dari fase sebuah sinyal lalu lintas di mana satuannya dalam detik. Kemudian fase (*Phase*) yaitu merupakan satu tahapan sinyal dalam periode waktu tertentu di mana satu atau lebih pergerakan lalu lintas diberikan kesempatan untuk bergerak. Waktu siklus optimal (*Optimum cycle time, Co*) yaitu waktu siklus yang memberikan nilai minimum untuk parameter kinerja yang dipilih seperti tundaan, panjang antrean dan juga jumlah stop per detik. Waktu hilang (*Lost time, I*) yaitu periode waktu yang secara efektif. Waktu siklus dan waktu hijau terbagi menjadi dua bagian sebagai berikut.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian bisa dihitung menggunakan rumus di bawah ini pada persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \Sigma R_{q/J} \text{ kritis})} \quad (3.17)$$

dengan:

s = waktu siklus (detik),

W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik), dan

$R_{q/J}$ = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (q/J).

Waktu siklus yang layak ditunjukkan dalam Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3. 6 Waktu Siklus yang Layak

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

2. Waktu hijau

Perhitungan waktu hijau (W_H) untuk masing-masing fase dapat dilihat pada persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J}^{\text{kritis}}}{\sum_i (R_{q/J}^{\text{kritis}})_i} \quad (3.18)$$

dengan:

W_{Hi} = waktu hijau pada fase i (detik), dan

I = indeks untuk fase ke i .

3.4.6 Kapasitas Simpang APILL

APILL mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. Kapasitas simpang APILL merupakan kemampuan suatu persimpangan untuk menampung jumlah maksimum arus lalu lintas dalam satu satuan waktu. Kapasitas ini biasanya diukur dalam satuan SMP/jam hijau. Kapasitas sebuah simpang APILL dinyatakan dengan Persamaan 3.19 sebagai berikut

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (3.19)$$

dengan:

C = kapasitas Simpang APILL (SMP/jam),

J = arus jenuh (SMP/jam),

W_H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik), dan

s = waktu siklus (detik).

3.4.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) yaitu rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan dinyatakan dalam Persamaan 3.20 sebagai berikut.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.20)$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

C = kapasitas segmen jalan (SMP/jam), dan

q = volume lalu lintas (SMP/jam), yang dalam analisis kapasitas terdiri dari dua jenis, yaitu $q_{existing}$ hasil perhitungan lalu lintas dan q_{JP} hasil prediksi atau hasil perancangan.

3.4.8 Panjang Antrean

Antrean menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), yaitu jumlah suatu kendaraan yang mengantre dalam suatu pendekat simpang yang dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang (SMP), kemudian panjang Antrean adalah panjang Antrean kendaraan di dalam suatu pendekat kemudian dinyatakan dalam satuan meter. Ketika melakukan perhitungan, hasil dari perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah SMP yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Jumlah rata-rata antrean kendaraan (SMP) pada awal isyarat lampu hijau (N_q) dapat dihitung dengan menambahkan jumlah kendaraan terhenti (SMP) yang tersisa dari fase hijau

sebelumnya (N_{q1}) dengan jumlah kendaraan (SMP) yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}). Perhitungan analisisnya dijelaskan pada Persamaan 3.21, Persamaan 3.22, dan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.21)$$

Untuk $D_J > 0,5$.

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (3.22)$$

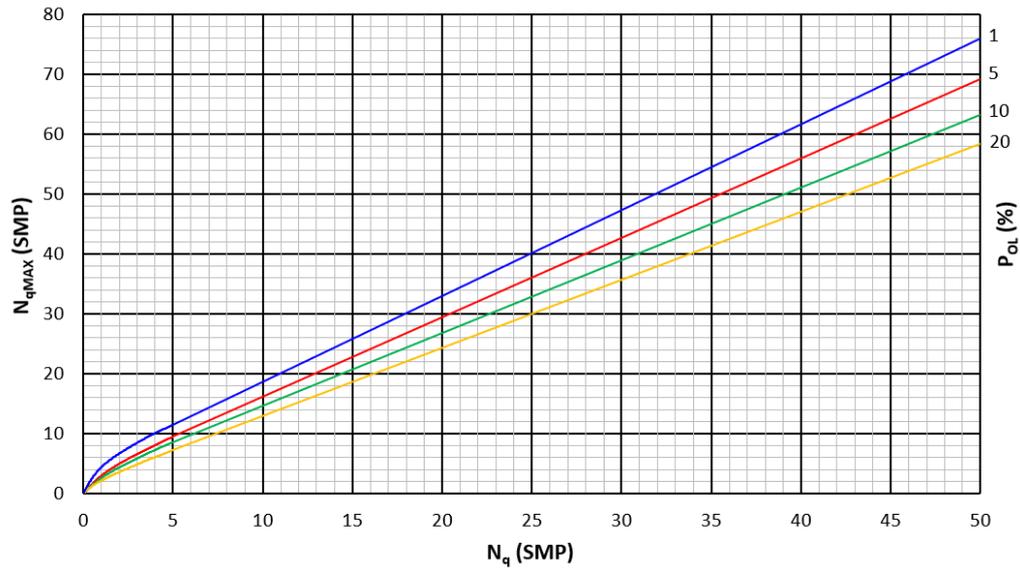
Untuk $D_J < 0,5$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \quad (3.23)$$

Panjang antrean (PA) dapat diperoleh dengan mengalikan jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dalam satuan SMP dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (SMP), yang diasumsikan sebesar 20 m^2 , kemudian dibagi dengan lebar masuk (m). Perhitungannya dapat menggunakan Persamaan 3.24 sebagai berikut.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (3.24)$$

Untuk nilai dari $N_{Q_{MAX}}$ diperoleh dengan cara menghubungkan nilai $N_{Q_{Total}}$ dengan *probabilitas overloading* Pol (%). Disarankan Pol = 5-10%. Nilai dari $N_{Q_{MAX}}$ dapat dilihat dalam Gambar 3.9 pada halaman selanjutnya,



Gambar 3. 9 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata
 Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

3.4.9 Rasio Kendaraan Henti

Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad (3.25)$$

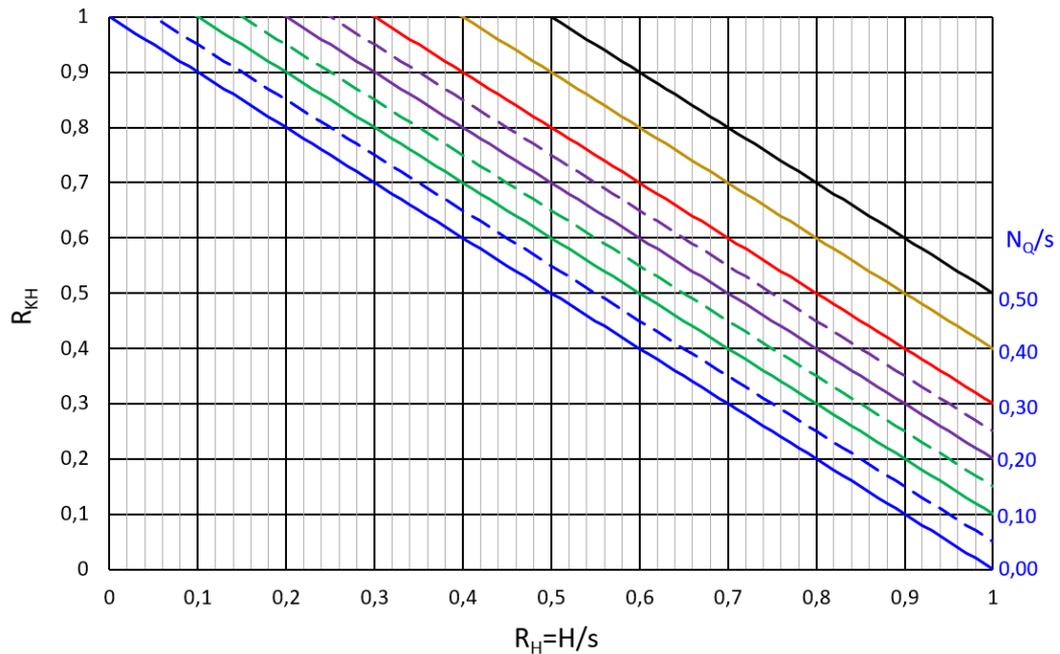
dengan:

N_q = jumlah rata-rata antrean kendaraan (SMP) pada awal isyarat hijau,

s = waktu siklus (detik), dan

q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (SMP/jam).

Penentuan Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) juga dapat dilakukan menggunakan Gambar 3.10 pada halaman selanjutnya.



Gambar 3. 10 Penentuan Rasio Kendaraan Henti

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah jumlah total rata-rata kendaraan yang berhenti (termasuk berhenti berulang dalam antrean) sebelum melintasi simpang APILL. Perhitungannya dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.26 sebagai berikut.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (3.26)$$

3.4.10 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu Simpang APILL apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa Simpang APILL. Tundaan ini terdiri dari dua jenis yaitu:

1.4 Tundaan lalu lintas (T_{LL})

Tundaan lalu lintas yaitu waktu menunggu yang disebabkan kondisi lalu lintas yang terjadi gerakan lalu lintas yang bertentangan. Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekatan bisa dilihat pada Persamaan 3.27 pada halaman selanjutnya.

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \quad (3.27)$$

2.4 Tundaan Geometri (T_G)

Tundaan geometri terjadi ketika kendaraan mengalami perlambatan dan percepatan saat melintasi simpang atau saat terhenti oleh lampu merah. Tundaan geometri simpang masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan 3.28 sebagai berikut.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.28)$$

dengan:

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

3.4 Tundaan rata-rata (T_i)

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (3.29)$$

3.5 Simpang Bersinyal Menurut MKJI 1997

Simpang bersinyal merupakan suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan terdapat lampu pengatur sinyal lalu lintas (*Traffic Light*). Menurut MKJI (1997), tujuan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan sebagai berikut.

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan terhadap kendaraan atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

3.5.1 Arus Lalu Lintas (Q)

Nilai arus lalu lintas (Q) yaitu hasil arus dalam satuan mobil penumpang. Arus tersebut dikonversikan dari kendaraan per jam setiap lengan dengan nilai ekivalensi mobil penumpang sesuai dengan pendekatnya dan setiap gerakannya

sesuai dengan syarat MKJI 1997. Pendekat terdapat dua, yaitu terlindung dan terlawan. Nilai emp dari masing pendekat dapat dilihat di Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.7 Angka Ekivalen Kendaraan Penumpang

Jenis Kendaraan	Emp untuk pendekat	
	Terlindung	terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1	1
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

(Sumber: Bina Marga, 1997)

Untuk menghitung arus dapat menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$Q = Q_{lv} + Q_{hv} \times emp_h + Q_{mc} \times emp_{mc} \quad (3.1)$$

Keterangan :

Q = arus lalu lintas (smp/jam),

Q_{lv} = arus kendaraan ringan (kend/jam),

Q_{hv} = arus kendaraan berat (kend/jam),

Q_{mc} = arus kendaraan motor (kend/jam),

emp_h = emp kendaraan berat, dan

emp_{mc} = emp sepeda motor.

3.5.2 Arus Jenuh

Arus jenuh menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) diartikan sebagai besarnya keberangkatan rata-rata antrian di dalam suatu pendekatan simpang selama sinyanya hijau yang besarnya dinyatakan dalam satuan smp per jam hijau (smp/jam hijau). Arus jenuh untuk simpang dapat dihitung sebagai persamaan 3.2 berikut.

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{lt} \times F_{rt} \quad (3.2)$$

Keterangan :

S = arus jenuh (smp/waktu hijau efektif),

S_o = arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif),

- Fcs = faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk),
 Fsf = faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan samping,
 Fg = faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan,
 Fp = faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat dengan lengan persimpangan,
 Flt = faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kiri, dan
 Frt = faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kanan

3.5.3 Kapasitas Simpang

Untuk menghitung kapasitas masing-masing pendekatan dapat dicari dengan Persamaan 3.3 berikut ini.

$$C = S \times g/c \quad (3.3)$$

Keterangan :

- C = kapasitas (smp/jam hijau),
 S = arus jenuh (smp/jam hijau),
 g = waktu hijau (detik), dan
 c = panjang siklus (detik).

3.5.4 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio volume lalu lintas (smp/jam) dengan kapasitas (smp/jam) pada bagian jalan tertentu, biasanya dihitung dalam per jam. Untuk menentukan besarnya derajat kejenuhan digunakan Persamaan 3.4 berikut ini.

$$DS = Q/C \quad (3.4)$$

Keterangan :

- DS = derajat kejenuhan (per jam),
 Q = arus lalu lintas (smp/jam), dan
 C = kapasitas (smp/jam).

3.5.5 Panjang Antrian

Panjang antrian merupakan jumlah kendaraan yang berada pada simpang tiap jalur saat nyala lampu merah. Untuk menentukan rata-rata panjang antrian dapat dilihat dengan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$NQ1 = 0,25.C \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8.(DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (3.5)$$

Keterangan :

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,

DS = derajat kejenuhan, dan

C = kapasitas (smp/jam).

Untuk $DS < 0,5$; $NQ1 = 0$

Jumlah antrian selama fase merah (NQ2)

$$NQ2 = C \cdot \frac{1 - GR}{1 - GR \cdot DS} \times \frac{Q_{masuk}}{3600}$$

Keterangan :

NQ2 = jumlah smp yang datang ada fase merah,

GR = rasio hijau, dan

C = waktu siklus (detik).

Q masuk = Arus lalu lintas yang masuk diluar LTOR (smp/jam)

Jumlah kendaraan antri menjadi :

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Panjang antrian (QL) didapatkan dari perkalian (Nqmax) dengan luar rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m) dan pembagian dengan lebar masuk (Wmasuk). Nqmax didapat dengan menyesuaikan nilai NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembenahan lebih POL (%) dengan menggunakan grafik seperti terlihat pada gambar 3.1 untuk perencanaan dan desain disarankan nilai POL < 5%, untuk operasional disarankan POL = 5-10%. Dengan rumus seperti pada persamaan 3.6 berikut.

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{w_{masuk}} \quad (3.6)$$

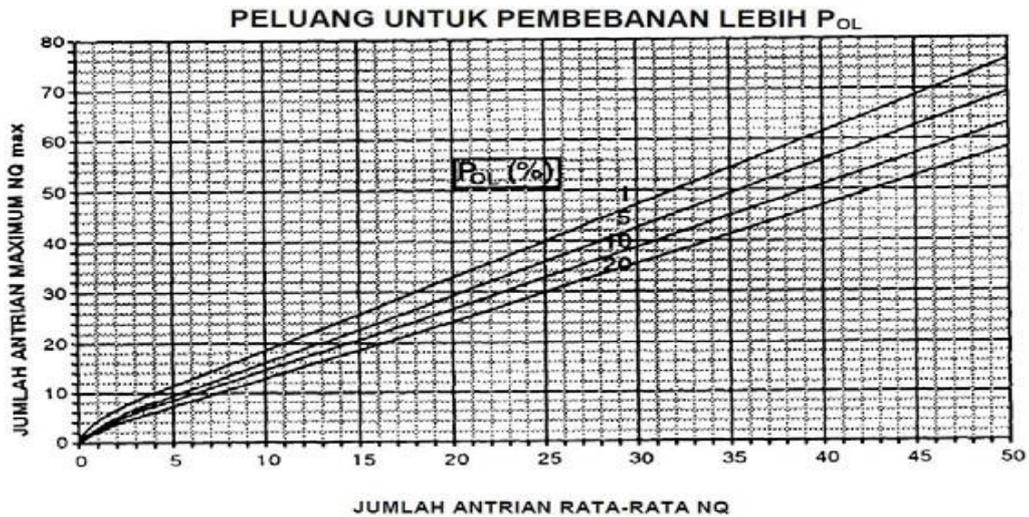
Keterangan :

QL = panjang antrian,

N_{qmax} = jumlah antrian maksimum, dan

W masuk = lebar masuk

Berikut adalah grafik perhitungan jumlah antrian (N_{qmax}) dalam smp :



Gambar 3. 11 Grafik perhitungan jumlah antrian (N_{qmax}) dalam smp

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

3.5.6 Angka Henti

Angka henti (NS) adalah jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang didalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang. Tinggi nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar. Rumus angka henti dapat dilihat pada persamaan 3.7 berikut ini.

$$NS = 0,9x \frac{NQ}{Qxc} x 3600 \quad (3.7)$$

Keterangan =

NS = angka henti,

NQ = jumlah antrian,

Q = arus lalu lintas (smp/jam), dan

c = waktu siklus (detik).

3.5.7 Tundaan

Tundaan dalam simpang terdapat 2 tundaan yaitu Tundaan geometri (DG) dan Tundaan lalu lintas (DT). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang. Rumus tundaan dapat dilihat pada persamaan 3.8, 3.9, 3.10 berikut ini.

$$D = DT + DG \quad (3.8)$$

Keterangan :

$$DT = c.0,5.(1 - GR)^2(1 - GR.DS) + NQ1 + 3600C \quad (3.9)$$

$$DG = (1 - Psv).xPt.6 + (Psv.4) \quad (3.10)$$

Keterangan :

DT = tundaan lalu lintas (det/smp),

DG = tundaan geometri (det/smp),

c = waktu siklus yang disesuaikan (det),

GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,

C = kapasitas (smp/jam),

Pt = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat, dan

Psv = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat.

3.6 Simpang Tak Bersinyal Menurut MKJI 1997

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) simpang tak bersinyal digunakan di daerah pemukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas rendah dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri). Untuk persimpangan dengan kelas dan fungsi jalan berbeda, lalu lintas pada jalan minor harus diatur dengan tanda yield atau stop. Beberapa hal yang mempengaruhi simpang tak bersinyal merupakan sebagai berikut.

3.6.1 Kondisi Simpang

Hitungan pada pertemuan jalan satu atau simpang tak bersinyal menggunakan MKJI 1997, yaitu melakukan analisis terhadap kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian.

1. Kondisi geometri

Kondisi geometri digambarkan dalam bentuk sketsa yang memberikan informasi lebar jalan, batas sisi jalan, lebar bahu, lebar median dan petunjuk arah. Approach untuk jalan minor harus diberi notasi A dan C, sedangkan Approach untuk jalan mayor harus diberi notasi B dan D.

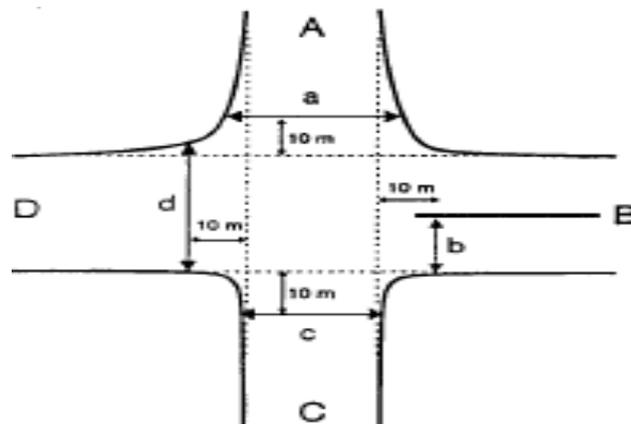
a. Lebar jalan pendekar (entry) W_{BD} , W_{AC} dan lebar jalan entry persimpangan W_E . Lebar jalan entry persimpangan (rerata Approach) dirumuskan seperti dibawah ini sebagai berikut.

$$W_E = \frac{(b+d+\frac{a}{2}+\frac{c}{2})}{4}$$

Lebar pendekat jalan dirumuskan sebagai berikut.

$$W_{BD} = \frac{(b+d)}{2}$$

$$W_{AC} = \frac{(\frac{a}{2}+\frac{c}{2})}{2}$$



Gambar 3. 11 Lebar Entry Jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.6.2 Kapasitas (C)

Untuk menentukan kapasitas harus menentukan kapasitas dasar (C), faktor penyesuaian lebar pendekat (Fw), faktor penyesuaian median jalan utama (Fm),

faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}), faktor penyesuaian tipe lingkungan, kelas hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU}), faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}), faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}), dan faktor penyesuaian rasio arus minor (F_{MI}).

$$C = C_o \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \quad (3.11)$$

Keterangan :

- C = kapasitas (smp/jam),
- C_o = kapasitas dasar (smp/jam),
- F_W = faktor penyesuaian lebar masuk,
- F_M = faktor penyesuaian tipe median jalan utama,
- F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,
- F_{RSU} = faktor penyesuaian hambatan samping,
- F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri,
- F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan, dan
- F_{MI} = faktor penyesuaian arus jalan minor.

3.6.3 Perilaku Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas merupakan ukuran kuantitatif yang menenrangkan kondisi operasional fasilitas lalu lintas dijalan dalam memberikan suatu layanan terhadap sistem lalu lintas tersebut. Perilaku lalu lintas pada umumnya dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan dan tundaan peluang antrian.

1. Derajat kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio volume arus lalu lintas (smp/jam) dengan kapasitas (smp/jam) pada bagian jalan tertentu, biasanya dihitung dalam per jam.

$$DS = Q_{TOT} / C \quad (3.12)$$

Keterangan :

- DS = derajat kejenuhan (per jam),
- Q = arus lalu lintas (smp/jam), dan

C = kapasitas (smp/jam)

2. Tundaan

Menurut MKJI (1997), tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang.

a. Tundaan lalu lintas (DT_1)

Tundaan yang disebabkan pengaruh kendaraan lain. Besarnya tundaan lalu lintas dapat dihitung dengan rumus :

Untuk $DS \leq 0,6$

$$DT_1 = 2 + 8,2078 \times DS - (1 - DS) \times 2$$

Untuk $DS > 0,6$

$$DT_1 = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) \times 2$$

b. Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan utama merupakan tundaan lalu lintas semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama.

Untuk $DS \leq 0,6$

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1 - DS) \times 1,8$$

Untuk $DS > 0,6$

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8$$

c. Tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor ditentukan berdasarkan tundaan lalu lintas rata-rata (DT_1) dan tundaan lalu lintas rata-rata jalan major (DT_{MA}).

$$DT_{MI} = Q_{TOT} \times D_{T1} - Q_{MA} \times D_{TMA} / Q_{MI} \quad (3.13)$$

Keterangan :

Q_{MA} = arus total jalan utama/mayor (smp/jam), dan

Q_{MI} = arus total jalan minor (smp/jam).

d. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang merupakan tundaan geometri rata-rata

seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang.

Untuk $DS < 1,0$

$$DG = (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4 \quad (3.14)$$

Untuk $DS \geq 1,0$: $DG = 4$

Keterangan :

DG = tundaan geometrikk simpang (det/smp),

DS = derajat kejenuhan, dan

P_T = rasio belok total.

e. Tundaan Simpang

Tundaan simpang dapat dihitung dalam persamaan sebagai berikut :

$$D = DG + DT_1 \text{ (det/smp)} \quad (3.15)$$

Keterangan :

DG = tundaan geometrik simpang (det/smp), dan

DT_1 = tundaan lalu lintas simpang (det/smp).

3. Peluang Antrian

Peluang antrian dengan batas atas dan batas bawah dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut dibawah ini :

$$Q_p \text{ \% batas atas} = 47,1 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

$$Q_p \text{ \% batas bawah} = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

4. Penilaian Perilaku Lalu Lintas

Analisis simpang direncanakan untuk memperkirakan kapasitas dan perilaku lalu lintas pada kondisi tertentu yang berkaitan dengan rencana geometrik, lalu lintas dan lingkungan. Untuk melihat hasilnya dengan cara melihat derajat kejenuhan dari kondisi eksisting yang diamati, dan membandingkannya dengan pertumbuhan lalu linrtas. Jika derajat kejenuhan diperoleh terlalu tinggi ($DS > 0,75$) maka perubahan dapat dilakukan pada asumsi yang berkaitan dengan penampang melintang jalan dan sebagainya.

3.7 Perbandingan MKJI 1997 dan PKJI 2023

Perbandingan MKJI 1997 dan PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.8 Perbandingan MKJI 1997 dan PKJI 2023 dalam Kinerja Simpang Tak Bersinyal

Aspek	MKJI 1997	PKJI 2023
Tipe Simpang	Terdapat simpang dengan tipe 342 dan tipe 444	Tipe simpang 342 dan simpang 444 dihapus
Penjelasan Kelas Hambatan Samping	Belum terdapat penjelasan mengenai klasifikasi kelas hambatan samping	Terdapat penjelasan mengenai klasifikasi kelas hambatan samping
Faktor koreksi arus jalan minor	Terdapat perhitungan faktor koreksi arus jalan minor untuk tipe simpang 342	Perhitungan faktor koreksi arus jalan minor untuk tipe simpang 342 dihapus
Penentuan nilai emp	Penentuan nilai emp ditentukan tanpa ada faktor jumlah arus total pada simpang	Penentuan nilai emp ditentukan dengan mempertimbangkan faktor jumlah arus total pada simpang
Perhitungan tundaan lalu lintas simpang	Terdapat perbedaan rumus untuk perhitungan tundaan lalu lintas simpang	
Perhitungan tundaan lalu lintas untuk jalan mayor	Terdapat perbedaan rumus untuk perhitungan tundaan lalu lintas untuk jalan mayor	

Tabel 3.9 Perbandingan MKJI 1997 dan PKJI 2023 dalam Kinerja Simpang APPIL

Aspek	MKJI 1997	PKJI 2023
Penentuan nilai emp	Nilai emp sepeda motor pada kondisi terlindung adalah 0,2	Nilai emp sepeda motor pada kondisi terlindung adalah 0,15

3.8 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan menjadi ukuran yang digunakan sebagai kualitas suatu ruas jalan ketika melayani arus lalu lintas. Menurut Republik Indonesia (2015) pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, penentuan tingkat pelayanan simpang tak bersinyal dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3. 10 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan

No.	Tingkat Pelayanan	Kriteria
1	A	Tundaan kurang dari 5 detik per kendaraan
2	B	Tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik per kendaraan
3	C	Tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik per kendaraan
4	D	Tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik per kendaraan
5	E	Tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik per kendaraan
6	F	Tundaan lebih dari 60 detik per kendaraan

Sumber: Republik Indonesia (2015)

3.9 PTV VISSIM

VISSIM (*Verkehr in Städten Simulations Model*) menurut PTV-AG (2011) adalah perangkat lunak simulasi lalu lintas aliran mikroskopis multimoda yang menjadi solusi untuk menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dalam berbagai skenario, termasuk permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain. VISSIM dikembangkan oleh PTV (*Planung Transportasi Verkher AG*) di Karlsruhe, Jerman

PTV VISSIM menyediakan lingkungan simulasi yang komprehensif untuk memodelkan perilaku kendaraan, pejalan kaki, dan pengguna jalan lainnya di jalan raya, jalan perkotaan, simpang, dan lingkungan transportasi lainnya. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk mempelajari dan menganalisis interaksi antara berbagai elemen lalu lintas, termasuk sinyal lalu lintas, perubahan jalur, penyeberangan pejalan kaki, parkir, kendaraan, dan lain-lain.

Menggunakan bantuan PTV VISSIM, pengguna dapat melakukan simulasi untuk menguji dan membandingkan berbagai skenario lalu lintas, melakukan evaluasi kinerja jalan dan simpang, merancang rancangan sinyal lalu lintas yang efisien, menganalisis kepadatan lalu lintas, mengidentifikasi kebutuhan

infrastruktur tambahan, dan mengoptimalkan aliran lalu lintas di suatu area. PTV VISSIM memberikan alat yang kuat untuk analisis dan perencanaan yang cermat, membantu pengguna membuat keputusan yang lebih baik dalam merancang, mengoperasikan, dan mengelola sistem lalu lintas yang efisien dan aman. Beberapa kegunaan PTV VISSIM dalam pemodelan adalah sebagai berikut.

1. Arteri Simulasi

- a. Model jaringan jalan.
- b. Simulasi persimpangan terhadap semua mode kendaraan.
- c. Analisa karakteristik antrean.
- d. Desain waktu sinyal.

2. Simulasi Transportasi Publik

- a. Semua rincian model untuk bus, MRT, Trem, BRT, dan LRT.
- b. Analisa peningkatan operasi publik transportasi tertentu.
- c. Menguji dan mengoptimalkan waktu bersinyal transportasi publik secara standar sesuai dengan prioritas perencanaan.

3. Simulasi Pejalan Kaki

- a. Model pejalan kaki di lingkungan multimoda.
- b. Perencanaan evakuasi dari bangunan dan acara khusus.

4. Simulasi *Motorway*

- a. Simulasi manajemen lalu lintas aktif dan sistem transportasi cerdas.
- b. Uji dan menganalisis strategi zona kerja.

3.9.1 Kalibrasi dan Validasi *Software* PTV VISSIM

Kalibrasi pada *Software* PTV VISSIM merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mewakili kondisi lalu lintas yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dalam PTV VISSIM dapat dilakukan dengan memperhatikan perilaku pengemudi yang diamati di lokasi yang relevan. Metode yang umum digunakan adalah *trial and error* dengan mengacu kepada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan *Software* PTV VISSIM. Validasi pada *Software* PTV VISSIM merupakan proses

pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil survei dengan hasil simulasi.

Proses validasi dalam PTV VISSIM dapat dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah volume arus lalu lintas yang diamati. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menggunakan rumus dasar *Chi-squared* yang dikenal sebagai rumus statistik *Geoffery E. Havers* (GEH), yang dimodifikasi oleh Gustavsson pada tahun 2007. Rumus GEH merupakan gabungan antara perbedaan nilai relatif dan mutlak dalam uji T. Rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 3.34 pada halaman selanjutnya.

$$GEH = \frac{2 \times (q_{simulated} - q_{observed})^2}{(q_{simulated} + q_{observed})} \quad (3.34)$$

dengan:

$q_{simulated}$ = Data volume arus lalu lintas hasil simulasi (kendaraan/jam), dan

$q_{observed}$ = Data volume arus lalu lintas hasil observasi (kendaraan/jam).

Rumus GEH memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* rumus statistik *Geoffery E. Havers* yang dihasilkan seperti pada Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3. 11 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik *Geoffery E. Havers*

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

Sumber: Gustavsson, 2007

Selanjutnya, untuk melakukan validasi eksternal dapat dilakukan dengan menggunakan persyaratan pengujian *Mean Average Percentage Error* (MAPE). Validasi eksternal dilakukan untuk memverifikasi parameter kinerja pada ruas jalan dan simpang, seperti kecepatan kendaraan dan panjang antrean. Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35 sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \quad (3.35)$$

Kesimpulan dari hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3. 12 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE

MAPE <10%	Kemampuan pemodelan sangat baik
$10\% \leq \text{MAPE} \leq 20\%$	Kemampuan pemodelan baik
$20\% \leq \text{MAPE} \leq 50\%$	Kemampuan pemodelan layak
MAPE >50%	Kemampuan pemodelan buruk

Sumber: Gustavsson, 2007

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini merupakan jenis penelitian yang bersifat studi kasus. Dalam melaksanakan penelitian, peneliti menyelidiki secara cermat suatu peristiwa, aktivitas, kegiatan, dan proses mengenai suatu proyek tertentu.

4.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data penelitian yang diperoleh secara langsung melalui hasil observasi atau survey di lapangan. Data sekunder merupakan data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung dan dapat diperoleh melalui buku atau perangkat lainnya. Data penelitian dalam Tugas Akhir dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 1 Data Primer dan Data Sekunder Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume kendaraan	1. Jumlah penduduk
2. Data <i>Driving Behavior</i>	2. Data Ukuran Kota
3. Geometri simpang	
4. Kecepatan kendaraan	
5. Hambatan Samping	
6. Panjang antrean	

Sumber: Hasil Penelitian

4.3 Metode Pengambilan Data

4.3.1 Peralatan Penelitian

Beberapa peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kamera atau *CCTV*, digunakan sebagai alat rekam arus lalu lintas yang melintas pada spot yang sudah ditentukan.
2. *Double Tape*, digunakan sebagai perekat kamera ke tempat peletakan kamera.
3. *Cable Tie*, digunakan sebagai alat pengikat kamera ke tempat peletakan kamera.
4. *Stopwatch*, digunakan sebagai alat menghitung waktu tempuh kendaraan yang melintas.
5. *Power Bank*, digunakan sebagai sumber daya alat perekam selama proses perekaman berlangsung.
6. *Roll meter*, digunakan sebagai alat mengukur geometri jalan yang berupa lebar jalan.
7. Komputer, digunakan sebagai alat bantu proses pengolahan data dan pemodelan ruas jalan.
8. Formulir dan alat tulis, digunakan sebagai alat bantu dalam penulisan data selama survei dilakukan.

4.3.2 Waktu Penelitian

Waktu untuk melaksanakan penelitian ini adalah saat pelaksanaan survei dilakukan. Waktu pelaksanaan survei terbagi menjadi dua, yaitu waktu pelaksanaan survei pada hari kerja yang diwakilkan oleh Hari Senin dan waktu pelaksanaan survei pada akhir pekan yang diwakilkan oleh Hari Sabtu. Pada setiap hari yang dilakukan survei, terdapat tiga sesi yang rinciannya adalah pukul 06:00-09:00 WIB, 11:00-13:00 WIB, dan 15:00-18:00 WIB. Penentuan waktu survei tersebut ditentukan berdasarkan jam sibuk pada kedua simpang yang diperoleh dari pengamatan harian secara langsung di lokasi penelitian, maupun melalui *CCTV* yang disiarkan secara *online* melalui *website* slemankab.go.id. Waktu pengambilan data geometri dilakukan pada saat malam hari agar tidak mengganggu arus lalu lintas.

4.3.3 Survei Data Lalu Lintas

Survei data lalu lintas yang akan dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data-data lalu lintas yang akan dimasukkan ke dalam pemodelan pada penelitian ini dan dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Tahap persiapan survei

Beberapa hal yang akan dilakukan pada tahap persiapan survei adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan formulir pencatatan data arus lalu lintas yang sesuai dengan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023).
- b. Memasang kamera sesuai titik-titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Kamera yang terpasang diusahakan dapat merekam arus lalu lintas dengan baik.
- c. Memosisikan surveyor sesuai dengan titik-titik kamera yang sudah ditentukan.

2. Tahap pelaksanaan survei

Beberapa hal yang akan dilakukan pada tahap pelaksanaan survei adalah sebagai berikut.

- a. Pengukuran kondisi geometri ruas jalan
Survei geometri simpang dilakukan untuk mengetahui keadaan di persimpangan secara geometri. Dimensi yang perlu diukur adalah lebar setiap jalur masuk, lebar setiap jalur keluar. Pengukuran geometri simpang ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *walking measure* dan *roll meter*. Selain melakukan pengukuran, dilakukan juga pengamatan visual dan pencatatan jumlah lajur dan arah, kode pendekat berdasarkan arah pada tiap simpang dan menentukan ada tidaknya median. Pengukuran diusahakan dilakukan pada waktu yang tidak mengganggu arus lalu lintas seperti pada malam hari.
- b. Pengambilan data arus lalu lintas
Pengambilan data arus lalu lintas dilakukan dengan bantuan rekaman dari kamera yang sudah dipasang pada titik-titik yang telah ditentukan. Survei dilakukan pada waktu yang sudah disebutkan pada bagian waktu penelitian dengan periode setiap 15 menit. Pencatatan data arus lalu lintas diklasifikasikan sesuai dengan jenis kendaraan yang disurvei, yaitu mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS), dan sepeda motor (SM), dan kendaraan tidak bermotor (KTB).
- c. Pengambilan data kecepatan tempuh kendaraan pada simpang

Survei data kecepatan kendaraan pada simpang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan, pada masing-masing pendekatan di kedua simpang dengan jarak yang sudah ditentukan. Survei kecepatan dilakukan dua kali, untuk kecepatan konstan dan kecepatan kendaraan ketika mengalami perlambatan. Kecepatan konstan disurvei dengan jarak 20 meter dari panjang antrean tiap-tiap lengan dari persimpangan. Untuk survei kecepatan perlambatan dilakukan ketika pada jarak 20 meter hingga kendaraan menentukan arah lurus atau belok. Survei kecepatan diambil dengan jumlah sampel, yaitu 5 kendaraan berat, 10 kendaraan ringan, dan 20 sepeda motor untuk kecepatan konstan dan kecepatan ketika kendaraan mengalami perlambatan. Pengambilan survei kecepatan kendaraan dilakukan pada waktu jam puncak dan jam lengah berlangsung.

d. Survei *driving behaviour*

Driving behaviour merupakan parameter dari PTV VISSIM yang secara langsung mempengaruhi kondisi perilaku antar kendaraan. *Driving behaviour* harus disesuaikan dengan kondisi saat ini di lapangan atau disebut proses kalibrasi. Data *driving behaviour* didapatkan dengan cara melakukan pengamatan jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan meteran dan *double tape* berwarna sebagai penanda pada aspal. Teknis survei yaitu kendaraan yang bersampingan atau depan-belakang diberi tanda dengan *double tape* pada aspal kemudian dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Data yang diambil sebanyak 80 sampel kendaraan dengan rincian 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang dengan posisi kendaraan berhenti, 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang dengan posisi kendaraan berjalan, 20 sampel jarak antar kendaraan bersisian dengan posisi kendaraan berhenti, dan 20 sampel jarak antar kendaraan bersisian dengan posisi kendaraan berjalan. Hal lain yang perlu diperhatikan pada survei *driving behaviour* ini adalah memperhatikan perilaku kendaraan menyiap kendaraan lain apakah dari kanan, kiri, atau kedua-duanya.

4.4 Analisis Data

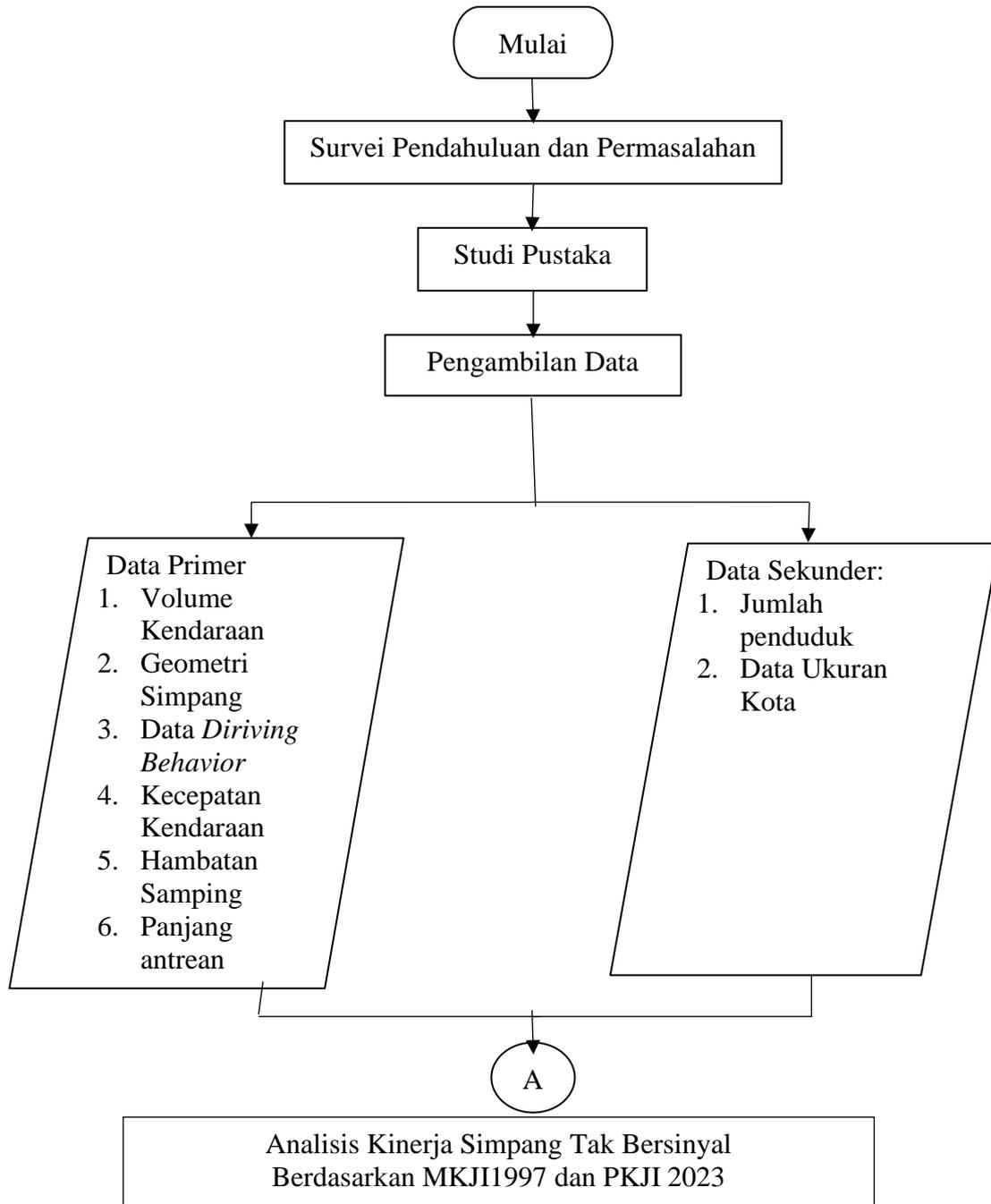
Tahap analisis data pada penelitian ini secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan perangkat lunak PTV VISSIM. Data yang diperlukan diperoleh dari hasil pengamatan lapangan dan instansi terkait yang selanjutnya dianalisis dalam bentuk simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM untuk mengetahui kinerja Simpang Cebongan. Langkah-langkah analisis data pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

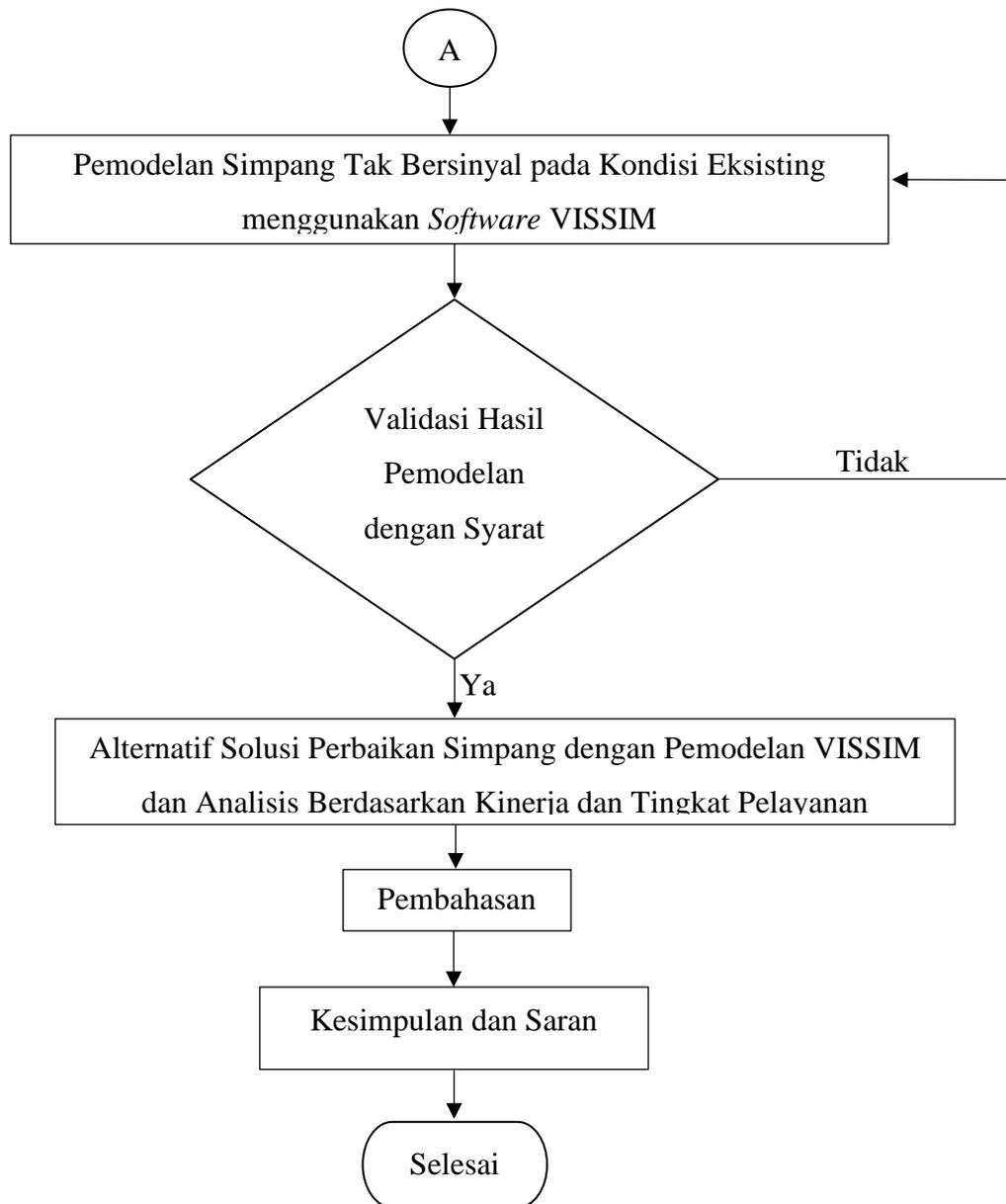
1. Data primer yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk mencari data volume jam puncak dan kecepatan tempuh kendaraan.
2. Data sekunder yang berupa peta lokasi survei di kedua simpang dan juga data jumlah penduduk Kabupaten Sleman.
3. Setelah mendapatkan volume jam puncak dan kecepatan tempuh kendaraan maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan lalu lintas dengan perangkat lunak PTV VISSIM.
4. Pemodelan jaringan jalan, penginputan jumlah kendaraan, penginputan komposisi kendaraan, dan pembuatan rute perjalanan pada perangkat lunak PTV VISSIM disesuaikan dengan data hasil survei.
5. Mengatur perilaku pengemudi (*Driver Behavior*) pada opsi dipilih sesuai dengan kondisi perilaku pengemudi di lapangan.
6. Melakukan kalibrasi dan validasi data pada pemodelan. Hal ini dilakukan untuk meninjau kesesuaian antara model simulasi dengan kondisi di lapangan sehingga model simulasi pada perangkat lunak PTV VISSIM mendekati dan mewakili kondisi lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah nilai beberapa komponen pada parameter *driving behaviour*. Setelah proses kalibrasi selesai maka dilakukan validasi untuk menguji kebenaran dari proses kalibrasi yang sudah dilakukan. Setelah pemodelan valid maka diambil *output* pemodelan berupa volume, kecepatan, tundaan, dan panjang antrean.
7. Melakukan perbandingan derajat kejenuhan dan kecepatan pada kondisi sebelum dan sesudah penerapan lampu lalu lintas pada simpang cebongan.

8. Kesimpulan yang didapatkan berupa perbandingan kinerja pada Simpang Cebongan berdasarkan Tingkat Pelayanan atau *Level of Service (LoS)* yang tertera pada Peraturan Menteri Perhubungan PM 96/2015 tentang Penyelenggaraan Manajemen Lalu Lintas..

4.5 Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat di bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.1 berikut ini.





Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian
Sumber: Hasil Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

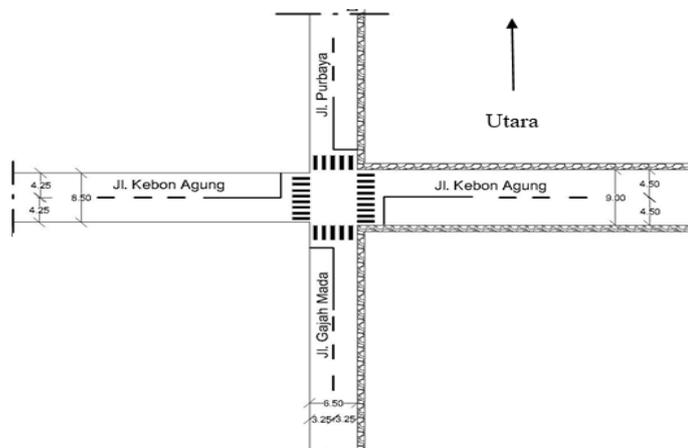
5.1 Analisis simpang Tak Bersinyal Cebongan

Data yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh dengan pengamatan langsung dilapangan. Data primer dalam penelitian ini terdiri dari data volume lalu lintas, data kecepatan kendaraan, data panjang antrian, data *driving behaviour*, dan data geometri simpang. Sedangkan data sekunder merupakan yang diperoleh dari instansi atau melalui perantara.

5.1.1 Kondisi Geometri Simpang

Simpang Tak Bersinyal Cebongan merupakan simpang tak bersinyal yang terdiri dari 4 lengan jalan dari empat arah jalan yang mempertemukan :

- a. Utara (A) = Jalan Purbaya dengan lebar 6.50 meter.
- b. Timur (B) = Jalan Kebon Agung dengan lebar 9.00 meter.
- c. Selatan (C) = Jalan Gajah Mada dengan lebar 6.50 meter.
- d. Barat (D) = Jalan Kebon Agung dengan lebar 8.50 meter.



Gambar 5. 1 Kondisi Geometrik Simpang

5.1.2 Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan MKJI 1997

Data volume lalu lintas diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan dengan cara merekam arus lalu lintas dengan alat bantu kamera selama 8 jam per hari yang dilakukan pada 1 hari kerja dan 1 hari libur. Penentuan hari pelaksanaan survey didasarkan pada penelitian terdahulu yang terletak di Jalan Magelang dimana pelaksanaan survey pada hari Senin 3 April 2023 dan Sabtu 8 April 2023. Periode pelaksanaan survei dibagi 3 periode, yaitu periode pagi jam 06.00-09.00 WIB, periode siang pada jam 11.00-13.00 WIB, dan periode sore pada jam 15.00-18.00 WIB. Data yang diperoleh memiliki satuan kendaraan per jam sehingga perlu dikonversi menjadi satuan smp/jam. Di bawah ini merupakan cara perhitungan volume lalu lintas pada jam puncak (15.45 – 16.45) periode Senin Sore 3 April 2023.

Volume (smp/jam) = Volume (kend/jam) x emp

a. Jalan Minor

1) Pendekat Utara (Jalan Purbaya)

a) Kendaraan Ringan (LV), emp = 1

$$\text{Belok kiri (LT)} = 47 \times 1 = 47 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 128 \times 1 = 128 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 82 \times 1 = 82 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total LV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 47 + 138 + 82 = 257 \text{ smp/jam}$$

b) Kendaraan Berat (HV), emp = 1,3

$$\text{Belok kiri (LT)} = 6 \times 1,3 = 7,8 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 30 \times 1,3 = 39 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 11 \times 1,3 = 14,3 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total HV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 7,8 + 39 + 14,3 = 61 \text{ smp/jam}$$

c) Sepeda Motor (MC), emp = 0,5

$$\text{Belok kiri (LT)} = 236 \times 0,5 = 118 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 568 \times 0,5 = 284 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 337 \times 0,5 = 169 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total MC} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 571 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = \text{LV} + \text{HV} + \text{MC} = 257 + 61 + 571 = 889 \text{ smp/jam}$$

2) Pendekat Selatan (Jalan Gadjah Mada)

a) Kendaraan Ringan (LV), emp = 1

$$\text{Belok kiri (LT)} = 29 \times 1 = 29 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 92 \times 1 = 92 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 37 \times 1 = 37 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total LV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 158 \text{ smp/jam}$$

b) Kendaraan berat (HV), emp = 1,3

$$\text{Belok kiri (LT)} = 1 \times 1,3 = 1,3 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 13 \times 1,3 = 17 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 2 \times 1,3 = 2,6 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total HV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 20,8 \text{ smp/jam}$$

c) Sepeda Motor (MC), emp = 0,5

$$\text{Belok kiri (LT)} = 153 \times 0,5 = 77 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 520 \times 0,5 = 260 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 191 \times 0,5 = 96 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total MC} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 432 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = \text{LV} + \text{HV} + \text{MC} = 158 + 20,8 + 432 = 610 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total Minor} = 889 + 610 = 1499 \text{ smp/jam}$$

b. Jalan Mayor

1) Pendekat Timur (Jalan Kebon Agung)

a) Kendaraan Ringan (LV), emp = 1

$$\text{Belok kiri (LT)} = 60 \times 1 = 60 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 149 \times 1 = 149 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 72 \times 1 = 72 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total LV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 60 + 149 + 72 = 281 \text{ smp/jam}$$

b) Kendaraan Berat (HV), emp = 1,3

$$\text{Belok kiri (LT)} = 5 \times 1,3 = 7 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 7 \times 1,3 = 9 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 5 \times 1,3 = 7 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total HV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 7 + 9 + 7 = 22 \text{ smp/jam}$$

c) Sepeda Motor (MC), emp = 0,5

$$\text{Belok kiri (LT)} = 292 \times 0,5 = 146 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 1455 \times 0,5 = 728 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 286 \times 0,5 = 143 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total MC} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 146 + 728 + 143 = 1017 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = \text{LV} + \text{HV} + \text{MC} = 311 + 22 + 1017 = 1320 \text{ smp/jam}$$

1) Pendekat Barat (Jalan Kebon Agung)

a) Kendaraan Ringan (LV), emp = 1

$$\text{Belok kiri (LT)} = 47 \times 1 = 47 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 136 \times 1 = 136 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 13 \times 1 = 13 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total LV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 47 + 136 + 13 = 196 \text{ smp/jam}$$

b) Kendaraan Berat (HV), emp = 1,3

$$\text{Belok kiri (LT)} = 10 \times 1,3 = 13 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 12 \times 1,3 = 15,6 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 2 \times 1,3 = 2,6 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total HV} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 13 + 15,6 + 2,6 = 31 \text{ smp/jam}$$

c) Sepeda Motor (MC), emp = 0,5

$$\text{Belok kiri (LT)} = 203 \times 0,5 = 101,5 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 753 \times 0,5 = 376,5 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 113 \times 0,5 = 56,5 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total MC} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 101,5 + 376,5 + 56,5 = 535 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = \text{LV} + \text{HV} + \text{MC} = 196 + 31 + 535 = 762 \text{ smp/jam}$$

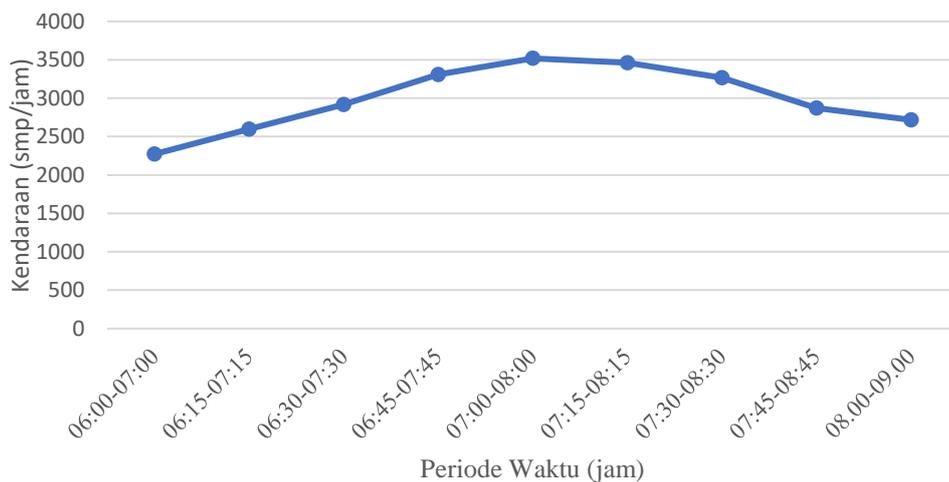
$$\text{Total Mayor} = 1519 + 762 = 2280 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total Minor} + \text{Mayor} = 1499 + 2280 = 3780 \text{ smp/jam}$$

Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak pagi. Volume lalu lintas jam puncak pagi dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5. 1 Volume Lalu Lintas Periode Pagi Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (smp/jam)	
	Senin	Sabtu
06.00-07.00	2272	1648
06.15-07.15	2595	1904
06.30-07.30	2917	2247
06.45-07.45	3306	2580
07.00-08.00	3518	2819
07.15-08.15	3460	2849
07.30-08.30	3267	2690
07.45-08.45	2874	2400
08.00-09.00	2718	2267



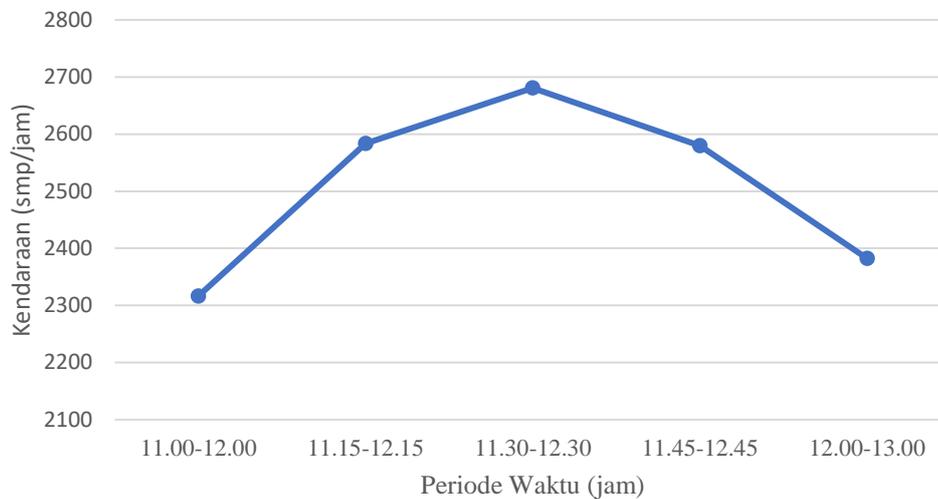
Gambar 5. 2 Grafik Volume Lalu Lintyas Jam Puncak Pagi (smp/jam) Berdasarkan MKJI 1997

Berdasarkan Tabel 5.1 dan Gambar 5.2 didapatkan jam puncak pada pagi hari terjadi pada hari senin jam 07.00 – 08.00 WIB.

Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak siang. Volume lalu lintas jam puncak siang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.3 berikut.

Tabel 5. 2 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (smp/jam)	
	Senin	Sabtu
11.00-12.00	2082	2317
11.15-12.15	2320	2583
11.30-12.30	2408	2681
11.45-12.45	2407	2580
12.00-13.00	2255	2382



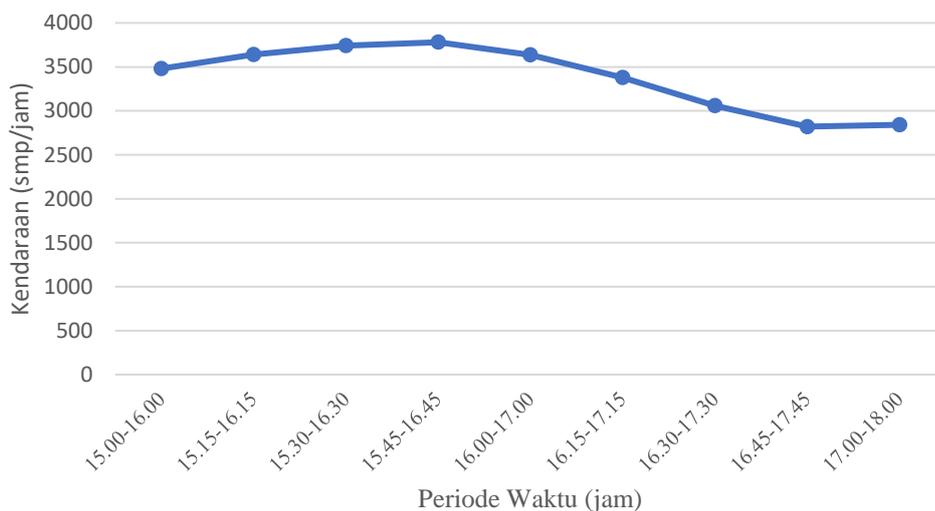
Gambar 5. 3 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang (smp/jam) Berdasarkan MKJI 1997

Berdasarkan Tabel 5.2 dan Gambar 5.3 didapatkan jam puncak pada siang hari terjadi pada hari senin jam 11.30 – 12.30 WIB.

Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak sore. Volume lalu lintas jam puncak sore dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.4 berikut.

Tabel 5. 3 Volume Lalu Lintas Periode Sore Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (smp/jam)	
	Senin	Sabtu
15.00-16.00	3481	2359
15.15-16.15	3476	2470
15.30-16.30	33540	2685
15.45-16.45	3572	2926
16.00-17.00	33450	3076
16.15-17.15	3218	3120
16.30-17.30	2954	2962
16.45-17.45	2745	2688
17.00-18.00	2762	2627



Gambar 5. 4 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Sore (smp/jam) Berdasarkan MKJI 1997

Berdasarkan Tabel 5.3 dan Gambar 5.4 didapatkan jam puncak pada siang hari terjadi pada hari senin jam 15.45 – 16.45 WIB.

5.1.3 Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan PKJI 2023

Data volume lalu lintas diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan. Pengamatan dilakukan dengan cara merekam arus lalu lintas dengan alat bantu kamera selama 8 jam per hari yang dilakukan pada 1 hari kerja dan 1 hari libur. Penentuan hari pelaksanaan survey didasarkan pada penelitian terdahulu yang terletak di Jalan Magelang dimana pelaksanaan survey pada hari Senin 3 April 2023 dan Sabtu 8 April 2023. Periode pelaksanaan survei dibagi 3 periode, yaitu periode

pagi jam 06.00-09.00 WIB, periode siang pada jam 11.00-13.00 WIB, dan periode sore pada jam 15.00-18.00 WIB. Data yang diperoleh memiliki satuan kendaraan per jam sehingga perlu dikonversi menjadi satuan smp/jam. Di bawah ini merupakan cara perhitungan volume lalu lintas pada jam puncak (15.45 – 16.45) periode Senin Sore 3 April 2023.

$$\text{Volume (smp/jam)} = \text{Volume (kend/jam)} \times \text{emp}$$

a. Jalan Minor

1) Pendekat Utara (Jalan Purbaya)

a) Mobil Penumpang (MP), emp = 1

$$\text{Belok kiri (LT)} = 47 \times 1 = 47 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 128 \times 1 = 128 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 82 \times 1 = 82 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total MP} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 47 + 138 + 82 = 257 \text{ smp/jam}$$

b) Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,8

$$\text{Belok kiri (LT)} = 6 \times 1,8 = 10,8 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 30 \times 1,8 = 54 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 11 \times 1,8 = 19,8 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total KS} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 10,8 + 54 + 19,8 = 85 \text{ smp/jam}$$

c) Sepeda Motor (SM), emp = 0,2

$$\text{Belok kiri (LT)} = 236 \times 0,2 = 47 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 568 \times 0,2 = 114 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 337 \times 0,2 = 67 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total SM} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 228 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = \text{MP} + \text{KS} + \text{SM} = 257 + 85 + 228 = 570 \text{ smp/jam}$$

2) Pendekat Selatan (Jalan Gadjah Mada)

a) Mobil Penumpang (SM), emp = 1

$$\text{Belok kiri (LT)} = 29 \times 1 = 29 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Lurus (ST)} = 92 \times 1 = 92 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan (RT)} = 37 \times 1 = 37 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total SM} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 158 \text{ smp/jam}$$

b) Kendaraan Ringan (KS), emp = 1,8

$$\begin{aligned} \text{Belok kiri (LT)} &= 1 \times 1,8 = 2 \text{ smp/jam} \\ \text{Lurus (ST)} &= 13 \times 1,8 = 23 \text{ smp/jam} \\ \text{Belok kanan (RT)} &= 2 \times 1,8 = 4 \text{ smp/jam} \\ \text{Total KS} &= \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 85 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c) Sepeda Motor (SM), emp = 0,2

$$\begin{aligned} \text{Belok kiri (LT)} &= 153 \times 0,2 = 31 \text{ smp/jam} \\ \text{Lurus (ST)} &= 520 \times 0,2 = 104 \text{ smp/jam} \\ \text{Belok kanan (RT)} &= 191 \times 0,2 = 38 \text{ smp/jam} \\ \text{Total SM} &= \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 173 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{KS} + \text{SM} + \text{MP} = 158 + 85 + 173 = 359,6 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total Minor} = 570 + 359,6 = 929,4 \text{ smp/jam}$$

b. Jalan Mayor

1) Pendekat Timur (Jalan Kebon Agung)

a) Mobil Penumpang (MP), emp = 1

$$\begin{aligned} \text{Belok kiri (LT)} &= 60 \times 1 = 60 \text{ smp/jam} \\ \text{Lurus (ST)} &= 149 \times 1 = 149 \text{ smp/jam} \\ \text{Belok kanan (RT)} &= 72 \times 1 = 72 \text{ smp/jam} \\ \text{Total MP} &= \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 60 + 149 + 72 = 281 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b) Kendaraan Ringan (KS), emp = 1,8

$$\begin{aligned} \text{Belok kiri (LT)} &= 5 \times 1,8 = 9 \text{ smp/jam} \\ \text{Lurus (ST)} &= 7 \times 1,8 = 13 \text{ smp/jam} \\ \text{Belok kanan (RT)} &= 5 \times 1,8 = 9 \text{ smp/jam} \\ \text{Total KS} &= \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 9 + 13 + 9 = 31 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c) Sepeda Motor (SM), emp = 0,2

$$\begin{aligned} \text{Belok kiri (LT)} &= 292 \times 0,2 = 58 \text{ smp/jam} \\ \text{Lurus (ST)} &= 1455 \times 0,2 = 307 \text{ smp/jam} \\ \text{Belok kanan (RT)} &= 286 \times 0,2 = 57 \text{ smp/jam} \\ \text{Total SM} &= \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} = 58 + 307 + 57 = 422,6 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{MP} + \text{KS} + \text{SM} = 281 + 31 + 422,6 = 767,2 \text{ smp/jam}$$

1) Pendekat Barat (Jalan Kebon Agung)

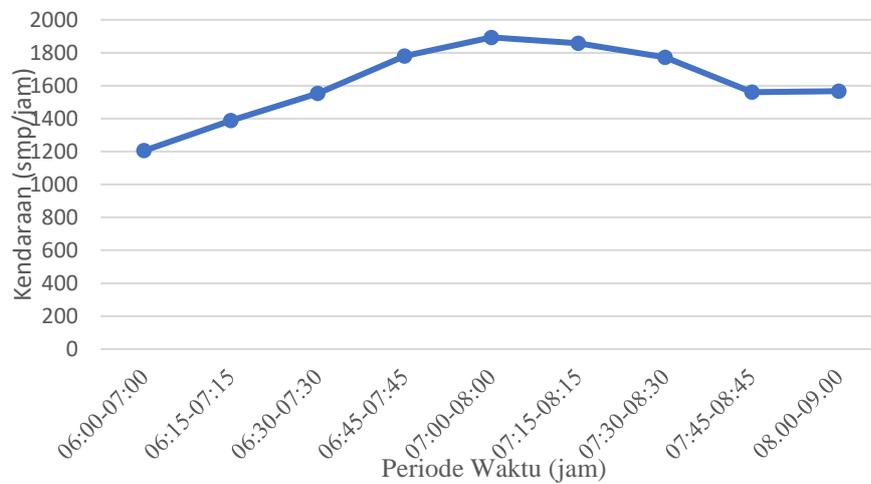
a) Mobil Penumpang (MP), emp = 1

$$\begin{aligned}
&\text{Belok kiri (LT)} &&= 47 \times 1 = 47 \text{ smp/jam} \\
&\text{Lurus (ST)} &&= 136 \times 1 = 136 \text{ smp/jam} \\
&\text{Belok kanan (RT)} &&= 13 \times 1 = 13 \text{ smp/jam} \\
&\text{Total SM} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} &&= 47 + 136 + 13 = 196 \text{ smp/jam} \\
\text{b) Kendaraan Ringan (KS), emp} &&&= 1,8 \\
&\text{Belok kiri (LT)} &&= 10 \times 1,8 = 18 \text{ smp/jam} \\
&\text{Lurus (ST)} &&= 12 \times 1,8 = 21,6 \text{ smp/jam} \\
&\text{Belok kanan (RT)} &&= 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ smp/jam} \\
&\text{Total KS} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} &&= 18 + 21,6 + 3,6 = 43 \text{ smp/jam} \\
\text{c) Sepeda Motor (SM), emp} &&&= 0,2 \\
&\text{Belok kiri (LT)} &&= 203 \times 0,2 = 40,6 \text{ smp/jam} \\
&\text{Lurus (ST)} &&= 753 \times 0,2 = 166,6 \text{ smp/jam} \\
&\text{Belok kanan (RT)} &&= 113 \times 0,2 = 22,6 \text{ smp/jam} \\
&\text{Total SM} = \text{LT} + \text{ST} + \text{RT} &&= 40,6 + 166,6 + 22,6 = 230 \text{ smp/jam} \\
&\text{Total} = \text{MP} + \text{KS} + \text{SM} &&= 196 + 43 + 472 = 652,4 \text{ smp/jam} \\
&\text{Total Mayor} &&= 767 + 652 = 1239,2 \text{ smp/jam} \\
&\text{Total Minor} + \text{Mayor} &&= 929,4 + 1239,2 = 2168 \text{ smp/jam}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak pagi. Volume lalu lintas jam puncak pagi dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.5 berikut

Tabel 5. 4 Volume Lalu Lintas Periode Pagi Simpang Cebongan Berdasarkan PKJI 2023

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (smp/jam)	
	Senin	Sabtu
06.00-07.00	1205	882
06.15-07.15	1388	1030
06.30-07.30	1552	1215
06.45-07.45	1779	1415
07.00-08.00	1893	1560
07.15-08.15	1857	1565
07.30-08.30	1771	1480
07.45-08.45	1561	1322
08.00-09.00	1565	1336



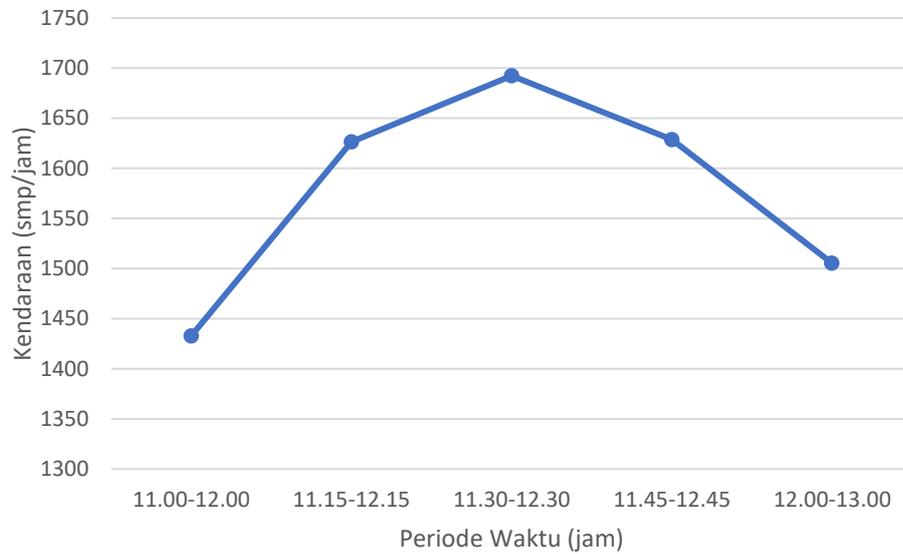
Gambar 5. 5 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Pagi (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023

Berdasarkan Tabel 5.4 dan Gambar 5.5 didapatkan jam puncak pada pagi hari terjadi pada hari senin jam 07.00 – 08.00 WIB.

Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak siang. Volume lalu lintas jam puncak siang dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.6 berikut.

Tabel 5. 5 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang Simpang Cebongan Berdasarkan PKJI 2023

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (smp/jam)	
	Senin	Sabtu
11.00-12.00	1433	1433
11.15-12.15	1626	1626
11.30-12.30	1692	1692
11.45-12.45	1628	1628
12.00-13.00	1505	1505



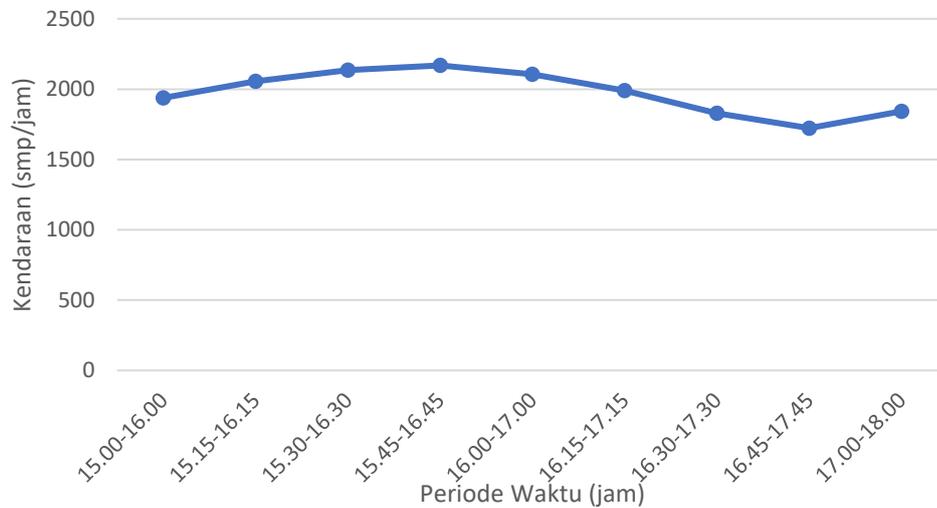
Gambar 5. 6 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Gambar 5.6 didapatkan jam puncak pada siang hari terjadi pada hari senin jam 11.30 – 12.30 WIB.

Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak siang. Volume lalu lintas jam puncak siang dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.7 berikut.

Tabel 5. 6 Volume Lalu Lintas Periode Sore Simpang Cebongan

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (smp/jam)	
	Senin	Sabtu
15.00-16.00	1937	1494
15.15-16.15	2055	1558
15.30-16.30	2134	1699
15.45-16.45	2168	1872
16.00-17.00	2105	1975
16.15-17.15	1989	2009
16.30-17.30	1829	1892
16.45-17.45	1723	1701
17.00-18.00	1841	1758



**Gambar 5. 7 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Sore (smp/jam)
Berdasarkan PKJI 2023**

Berdasarkan Tabel 5.6 dan Gambar 5.7 didapatkan jam puncak pada sore hari terjadi pada hari senin jam 15.45 – 16.45 WIB.

5.1.4 Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Berdasarkan MKJI 1997

Pada penelitian simpang tak bersinyal ini proses analisis kinerja simpang menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan program PTV VISSIM. Perhitungan dilakukan dengan cara menganalisis data hasil survei dilapangan ke dalam formulir yang terdapat di dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk jam puncak yang terdapat pada hari senin 3 April 2023 periode sore jam 15.45 – 16.45 WIB.

1. Form SIG (Geometri dan Komposisi Lalu Lintas)
 - a. Provinsi : D.I.Yogyakarta
 - b. Kota : Sleman
 - c. Ukuran Kota : 1.136.474 jiwa
 - d. Hari/Tanggal : Senin, 3 April 2023
 - e. Simpang : Cebongan
 - f. Perode : 15.45 – 16.45

- g. Jalan Utama : Jalan Kebon Agung
 - h. Jalan Minor : Jalan Purbaya, Jalan Gadjah Mada
 - i. Tipe Lingkungan Jalan : Komersial
 - j. Geometri Jalan : (Lihat lampiran)
 - l. Median Jalan Utama : Tidak ada
 - m. Komposisi Arus Lalu Lintas : (Lihat lampiran)
2. Form SIG II (Lebar pendekat, tipe simpang, kapasitas dan perilaku lalu lintas)
- a. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

1) Lebar Pendekat (W)

Dari kondisi geometri simpang maka lebar pendekat dapat dilihat dengan tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Lebar Pendekat (W) Berdasarkan MKJI 1997

Kondisi	Jumlah Lengan Simpang	Lebar Pendekat							Jumah Lajur		Tipe Simpang
		Jalan Minor			Jalan Utama			Lebar Pendekat Rata-rata (Wi)	Jalan Minor	Jalan Utama	
		Wa	Wc	Wac	Wb	Wd	Wbd				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Eksisting	4	3,25	3,25	3,25	4,5	4,25	4,375	3,81	2	2	422

2) Jumlah Lajur

Jumlah lajur ditentukan oleh lebar rata-rata pendekat jalan minor dan jalan utama. Lebar pendekat jalan minor (W_{AC}) = 3.25 m = 2 lajur, sedangkan lebar pendekat jalan utama (W_{BD}) = 4,375 m = 2 lajur.

3) Tipe Simpang

Berdasarkan jumlah lajur tersebut (jalan minor 2 lajur dan jalan utama 2 lajur) maka simpang Cebongan memiliki tipe 422.

b. Kapasitas

1) Kapasitas Dasar (Co)

Berdasarkan tipe simpang Cebongan merupakan tipe simpang 422, dapat dilihat pada Tabel 3.3 jadi simpang Cebongan memiliki kapasitas dasar 2900 smp/jam.

2) Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w) untuk tipe simpang 422 dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_w &= 0,7 + (0,08666 \times W_1) \\ &= 0,7 + (0,08666 \times 3,81) \\ &= 1,03 \end{aligned}$$

3) Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Pada Simpang Cebongan tidak ada median jalan utama. Maka faktor penyesuaian media jalan utama (F_M) = 1,00.

4) Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCS)

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021 jumlah penduduk Kabupaten Sleman adalah 1.136.474 jiwa. Berdasarkan jumlah tersebut Kabupaten Sleman termasuk dalam ukuran kota besar dengan faktor penyesuaian ukuran kota (FCS) = 1,00

5) Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})

Tipe lingkungan pada simpang Cebongan termasuk dalam lingkungan komersial karena berdasarkan aktifitas disekitar simpang. Aktifitas-aktifitas tersebut terdapatnya pasar, pertokoan, perkantoran, dan bengkel. Sedangkan untuk kelas hambatan samping sedang. Maka didapatkan $F_{RSU} = 0,94$.

6) Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Variabel masukan adalah belok kiri, P_{LT} dari formulir USIG-I lampiran. Perhitungan faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 0,84 + 1,61 \times P_{LT} \\ &= 0,84 + 1,61 \times 0,18 \\ &= 1,135 \end{aligned}$$

7) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

Berdasarkan Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk simpang tak bersinyal empat lengan didapatkan (F_{RT}) = 1,0.

8) Faktor Penyesuaian Rasio Jalan Minor (F_{MI})

Faktor Penyesuaian rasio jalan minor untuk simpang tipe 422 menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned} (F_{MI}) &= 1,19 \times P_{MI2} - 1,19 \times P_{MI} + 1,19 \\ &= 1,19 \times 0,42 - 1,19 \times 0,42 + 1,19 \\ &= 0,90 \end{aligned}$$

9) Kapasitas (C)

Kapasitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11. Perhitungan kapasitas dapat dilihat dibawah ini.

$$\begin{aligned} C &= C_0 \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\ &= 2900 \times 1,03 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,940 \times 1,135 \times 1,00 \times 0,90 \\ &= 2868 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil rekapitulasi kapasitas. Rekapitulasi kapasitas dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 8 Perhitungan Kapasitas (C) Berdasarkan MKJI 1997

Kondisi	Kapasitas Dasar	Faktor Penyesuaian Kapasitas (F)							Kapasitas
		Lebar Pendekat Rata-rata	Median Jalan Utama	Ukuran Kota	Hambatan Samping	Belok Kiri	Belok Kanan	Rasio Minor / Total	
	C0 (smp/jam)	Fw	Fm	Fcs	Frsu	Flt	Frt	Fmi	C (smp/jam)
	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)
Eksisting	2900	1,030	1,00	1,00	0,94	1,135	1	0,90	2868

b. Perilaku Lalu Lintas

1) Derajat Kejenuhan (DS)

Perhitungan derajat kejenuhan untuk jam puncak pada hari senin periode 15.45-16.45 WIB adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} DS &= Q_{TOT} / C \\ &= 3571 / 2868 \end{aligned}$$

$$= 1,25$$

2) Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_1)

Untuk $DS > 0,6$ maka perhitungan Tundaan lalu Lintas Simpang menggunakan Persamaan 3.13. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45.

Untuk $DS > 0,6$

$$\begin{aligned} DT_{1T} &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2402 \times DS) - (1-DS) \times 2 \\ &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2402 \times 1,25) - (1-1,25) \times 2 \\ &= 53,25 \text{ detik/kend} \end{aligned}$$

3) Tundaan lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Untuk $DS > 0,6$ maka perhitungan Tundaan lalu lintas jalan utama menggunakan Persamaan 3.14. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45.

Untuk $DS > 0,6$

$$\begin{aligned} (DT_{MA}) &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1-DS) \times 1,8 \\ &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 1,25) - (1-1,25) \times 1,8 \\ &= 26,93 \text{ detik/kend} \end{aligned}$$

4) Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor menggunakan Persamaan 3.15. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} (DT_{MI}) &= Q_{TOT} \times DT_1 - Q_{MA} \times DT_{MA} / Q_{MI} \\ &= 3571 \times 53,25 - 2072 \times 26,93 / 1499,4 \\ &= 89,63 \text{ detik/kend} \end{aligned}$$

5) Tundaan Geometrik Simpang (DG)

Untuk $DS > 1$, tundaan geometrik simpang ditetapkan sebesar 4.

6) Tundaan Simpang

Tundaan simpanh dihitung menggunakan Persamaan 3.18, Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$$D = DG + DT_1$$

$$= 4 + 53,25$$

$$= 57,25 \text{ detik/kend}$$

7) Peluang Antrian

Peluang antriam dengan batas atas dan batas bawah dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.19 untuk batas atas dan Persamaan 3.20 untuk batas bawah. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Qp \text{ \% batas atas} &= 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3 \\ &= 47,71 \times 1,25 - 24,68 \times 1,25^2 + 56,47 \times 1,25^3 \\ &= 63,53\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qp \text{ \% batas bawah} &= 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3 \\ &= 9,02 \times 1,25 + 20,66 \times 1,25^2 + 10,49 \times 1,25^3 \\ &= 130,19\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan rekapitulasi perhitungan derajat kejenuhan. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Perhitungan Derajat Kejenuhan Berdasarkan MKJI 1997

Kondisi	Arus Lalu Lintas Q	Derajat Kejenuhan	Tundaan Lalu Lintas Simpang	Tundaan Lalu Lintas Jl.Utama	Tundaan Lalu Lintas Jl.Minor	Tundaan Geometrik Simpang	Tundaan Simpang	Peluang Antrian	Sasaran	
	smp/jam									
	USIG-I									DS
	Bar.23- Kol10	(30)/(28)	Gbr.C- 2.1	Gbr.C- 2.2			(32+35)	Gbr.C-3.1		
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Eksisting	3571,7	1,25	53,25	26,93	89,63	4,00	57,25	63,53	130,19	DS > 0,75

8) Penilaian Perilaku Lalu Lintas

Pada penelitian ini didapatkan jam puncak dengan volume kendaraan tertinggi pada hari senin periode sore 15.45-16.45 WIB dengan arus lalu lintas sebesar 3571,7 smp/jam. Derajat kejenuhan untuk periode tersebut mencapai 1,25. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, derajat kejenuhan yang dapat diterima adalah tidak lebih dari 0,75. Dari proses analisis didapatkan peluang antrian batas bawah sebesar

63,53 % dan batas atas sebesar 130,19 %. Dengan hasil analisis tersebut maka diperlukan adanya evaluasi dan penanganan lebih lanjut untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada simpang tak bersinya Cebongan tersebut.

5.1.5 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023

Perhitungan dilakukan dengan cara menganalisis data hasil survei dilapangan ke dalam formulir yang terdapat di dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 untuk jam puncak yang terdapat pada hari senin 3 April 2023 periode sore jam 15.45 – 16.45 WIB.

1. Form SIG (Geometri, dan Komposisi Lalu Lintas)

- a. Provinsi : D.I.Yogyakarta
- b. Kota : Sleman
- c. Ukuran Kota : 1.136.474 jiwa
- d. Hari/Tanggal : Senin, 3 April 2023
- e. Simpang : Cebongan
- f. Perode : 15.45 – 16.45
- g. Jalan Utama : Jalan Kebon Agung
- h. Jalan Minor : Jalan Purbaya, Jalan Gadjah Mada
- i. Tipe Lingkungan Jalan : Komersial
- j. Geometri Jalan : (Lihat lampiran)
- l. Median Jalan Utama : Tidak ada
- m. Komposisi Arus Lalu Lintas : (Lihat lampiran)

2. Form SIG II (Lebar pendekat, tipe simpang, kapasitas dan perilaku lalu lintas)

a. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

1) Lebar Pendekat (W)

Dari kondisi geometri simpang maka lebar pendekat dapat dilihat dengan tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Lebar Pendekat (W) Berdsarkan PKJI 2023

Kondisi	Jumlah Lengan Simping	Lebar Pendekat							Jumah Lajur		Tipe Simping
		Jalan Minor			Jalan Utama			Lebar Pendekat Rata-rata (Wi)	Jalan Minor	Jalan Utama	
		Wa	Wc	Wac	Wb	Wd	Wbd				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Eksisting	4	3,25	3,25	3,25	4,5	4,25	4,375	3,81	2	2	422

2) Jumlah Lajur

Jumlah lajur ditentukan oleh lebar rata-rata pendekat jalan minor dan jalan utama. Lebar pendekat jalan minor (W_{AC}) = 3.25 m = 2 lajur, sedangkan lebar pendekat jalan utama (W_{BD}) = 4,375 m = 2 lajur.

3) Tipe Simping

Berdasarkan jumlah lajur tersebut (jalan minor 2 lajur dan jalan utama 2 lajur) maka simpang Cebongan memiliki tipe 422.

b.. Kapasitas

1) Kapasitas Dasar (C_0)

Berdasarkan tipe simpang Cebongan merupakan tipe simpang 422, dapat dilihat pada Tabel 3.3 jika simpang Cebongan memiliki kapasitas dasar 2900 smp/jam.

2) Faktor Koreksi Lebar Rata-rata pPendekat (F_{LP})

Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_{LP}) untuk tipe simpang 422 dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 F_{LP} &= 0,7 + (0,08666 \times W_1) \\
 &= 0,7 + (0,08666 \times 3,81) \\
 &= 1,03
 \end{aligned}$$

3) Faktor Koreksi Tipe Median (F_M)

Pada Simpang Cebongan tidak ada median jalan utama. Maka faktor penyesuaian media jalan utama (F_M) = 1,00.

4) Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021 jumlah penduduk Kabupaten Sleman adalah 1.136.474 jiwa. Berdasarkan

jumlah tersebut Kabupaten Sleman termasuk dalam ukuran kota besar dengan faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK}) = 1,00

5) Faktor Koreksi Hambatan Samping (F_{HS})

Tipe lingkungan pada simpang Cebongan termasuk dalam lingkungan komersial karena berdasarkan aktifitas disekitar simpang. Aktifitas-aktifitas tersebut terdapatnya pasar, pertokoan, perkantoran, dan bengkel. Sedangkan untuk kelas hambatan samping sedang. Maka didapatkan F_{HS} = 0,94.

6) Faktor Koreksi Arus Belok Kiri (F_{BKk})

Variabel masukan adalah belok kiri, P_{LT} dari formulir USIG-I lampiran. Perhitungan faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_{BKk} &= 0,84 + 1,61 \times P_{LT} \\ &= 0,84 + 1,61 \times 0,18 \\ &= 1,135 \end{aligned}$$

7) Faktor Koreksi Belok Kanan (F_{BKk})

Berdasarkan Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk simpang tak bersinyal empat lengan didapatkan (F_{BKk}) = 1,0.

8) Faktor Koreksi Rasio Jalan Minor (F_{RMi})

Faktor Penyesuaian rasio jalan minor untuk simpang tipe 422 menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned} (F_{RMi}) &= 1,19 \times P_{MI2} - 1,19 \times P_{MI} + 1,19 \\ &= 1,19 \times 0,42 - 1,19 \times 0,42 + 1,19 \\ &= 0,90 \end{aligned}$$

9) Kapasitas (C)

Kapasitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11. Perhitungan kapasitas dapat dilihat dibawah ini.

$$\begin{aligned} C &= C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\ &= 2900 \times 1,03 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,940 \times 1,135 \times 1,00 \times 0,90 \\ &= 2854 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas. Hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut

Tabel 5. 11 Perhitungan Kapasitas (C) Berdasarkan PKJI 2023

Kondisi	Kapasitas Dasar Co	Faktor Penyesuaian Kapasitas (F)							Kapasitas
		Lebar Pendekat Rata-rata	Median Jalan Utama	Ukuran Kota	Hambatan Samping	Belok Kiri	Belok Kanan	Rasio Minor / Total	
	smp/jam	FLP	Fm	FUK	FHS	FBKi	FBka	FRmi	C
	tab.B-2.1	G.B-3.1	Tab.B-4.1	Tab.B-5.1	Tab.B-6.1	Tab.B-7.1	Tab.B-8.1	Tab.B-9.1	smp/jam
	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)
Eksisting	2900	1,030	1,00	1,00	0,93	1,143	1	0,899	2854

b. Perilaku Lalu Lintas

1) Derajat Kejenuhan (DJ)

Perhitungan derajat kejenuhan untuk jam puncak pada hari senin periode 15.45-16.45 WIB adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 DJ &= q / C \\
 &= 2169 / 2854 \\
 &= 0,76
 \end{aligned}$$

2) Tundaan Lalu Lintas (T_{LL})

Untuk DJ > 0,6 maka perhitungan Tundaan lalu Lintas Simpang menggunakan Persamaan 3.13. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45.

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk } DJ > 0,6 \\
 T_{LL} &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2402 \times DS) - (1-DS) \times 2 \\
 &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2402 \times 0,76) - (1-0,76) \times 2 \\
 &= 8,77 \text{ detik/kend}
 \end{aligned}$$

3) Tundaan lalu Lintas Jalan Utama (T_{LLma})

Untuk DJ > 0,6 maka perhitungan Tundaan lalu lintas jalan utama menggunakan Persamaan 3.14. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45.

Untuk $DJ > 0,6$

$$\begin{aligned}(T_{LLma}) &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DJ) - (1-DJ) \times 1,8 \\ &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 0,76) - (1-0,76) \times 1,8 \\ &= 6,53 \text{ detik/kend}\end{aligned}$$

4) Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (T_{LLMi})

Perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor menggunakan persamaan 3.15. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}(T_{LLMi}) &= q_{KB} \times T_{LL} - q_{MA} \times T_{LLMa} / q_{MI} \\ &= 2169 \times 8,77 - 1239 \times 6,53 / 929 \\ &= 11,75 \text{ detik/kend}\end{aligned}$$

5) Tundaan Geometrik Simpang (T_G)

Untuk $DJ < 1$, tundaan geometrik simpang dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned}T_G &= (1- DJ) \times (6 \times RB + 3 \times (1 - RB)) + 4 \times DJ \\ &= (1- 0,76) \times (6 \times 0,39 + 3 \times (1 - 0,39)) + 4 \times 0,76 \\ &= 1,73\end{aligned}$$

6) Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpanh dihitung menggunakan Persamaan 3.18, Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}T &= T_{LL} + T_G \\ &= 6,53 + 1,73 \\ &= 10,50 \text{ detik/kend}\end{aligned}$$

7) Peluang Antrian

Peluang antriam dengan batas atas dan batas bawah dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.19 untuk batas atas dan Persamanaan 3.20 untuk batas bawah. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}P_a \text{ batas atas} &= 47,71 \times DJ - 24,68 \times DJ^2 + 56,47 \times DJ^3 \\ &= 47,71 \times 0,76 - 24,68 \times 0,76^2 + 56,47 \times 0,76^3\end{aligned}$$

$$= 23,39\%$$

$$\begin{aligned} P_a \text{ batas bawah} &= 9,02 \times DJ + 20,66 \times DJ^2 + 10,49 \times DJ^3 \\ &= 9,02 \times 0,76 + 20,66 \times 0,76^2 + 10,49 \times 0,76^3 \\ &= 46,775\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan rekapitulasi perhitungan derajat kejenuhan. Rekapitulasi hasil perhitungan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5. 12 Perhitungan Derajat Kejenuhan Berdsarkan PKJI 2023

Kondisi	Arus Lalu Lintas Q	Derajat Kejenuhan	Tundaan Lalu Lintas Simpang	Tundaan Lalu Lintas Jl.Utama	Tundaan Lalu Lintas Jl.Minor	Tundaan Geometrik Simpang	Tundaan Simpang	Peluang Antrian		Sasaran	
	smp/jam										
	USIG-I	DS	DT1	DTma	Dmi	Dg	D	(QP%)			
	Bar.23-Kol10	(30)/(28)	Gbr.C-2.1	Gbr.C-2.2			(32+35)	Gbr.C-3.1			
	30	31	32	33	34	35	36	37		38	
Eksisting	2169	0,76	8,77	6,53	11,75	1,73	10,50	23,39	-	46,775	DJ > 0,85

5.2 Program PTV VISSIM

VISSIM merupakan singkatan dari *Verkehr In Stadten Smlulation Modell (Traffic in towns simulation model)*. Dari analisis dengan metode PJKI 2023 pada Simpang Cebongan didapat nilai DS sebesar 0,76 dan disebutkan bahwa nilai DS > 0,75 diperlukan alternatif solusi untuk perbaikan kinerja simpang tersebut. Penggunaan software PTV VISSIM harus dilakukan permodelan saat simpang dalam kondisi eksisting agar dapat mempresentasikan keadaan di lokasi penelitian.

5.2.1 Kalibrasi dan Validasi Pemodelan dengan PTV VISSIM

Pemodelan pada penelitian ini menggunakan *software* VISSIM berdasarkan pengamatan langsung di lokasi penelitian pada kondisi eksisting. Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian bahwa kondisi Simpang Cebongan mengalami kondisi yang jenuh sehingga diperlukan alternatif untuk perbaikan kinerja simpang agar dapat memberikan pelayanan yang optimal.

Kalibrasi pada software VISSIM dilakukan dengan cara *trial and error* sampai data pada VISSIM dapat mempresentasikan kondisi di lokasi penelitian.

Parameter yang diubah pada VISSIM merupakan parameter *driving behaviour* yang merupakan perilaku pengemudi dalam berkendara di lokasi penelitian. Perubahan konfigurasi *driving behaviour* dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 13 Perubahan Konfigurasi *Driving Behaviour*

No.	Parameter	Sebelum Kalibrasi (m)	Setelah Kalibrasi (m)
1.	<i>Avarage standsill distance</i> (Jarak rata-rata kendaraan berhenti)	2,00	1,00
2.	<i>Additive part of safety distance</i> (bagian tambahan jarak aman)	2,00	0,25
3.	<i>Multiplicative part of safety distance</i> (Koefisien pengali jarak aman)	3,00	0,5
4.	<i>Desired position at free flow</i> (Posisi yang diinginkan ketika arus bebas)	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
5.	<i>Overtake on same line</i> (Menyalip di jalur yang sama)	<i>No</i>	<i>Yes</i>
6.	<i>Distance standing</i> (Jarak minimum antar kendaraan ketika berhenti)	0,20	0,25
7.	<i>Distance driving</i> (Jarak minimum antar kendaraan ketika berjalan)	1,00	0,40

Proses validasi dilakukan agar hasil modelling Vissim dapat dikatakan valid berdasarkan uji GEH dan uji MAPE. Parameter untuk uji GEH menggunakan volume kendaraan (kend/jam) pada kondisi eksisting. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah pada bagian parameter *driving behaviour*. Hasil dari uji GEH saat sebelum dan sesudah proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 Hasil Uji GEH Setelah Kalibrasi

Lokasi	Pendekat Kaki Sim pang	Volume Kendaraan (kend/jam)		GEH	Keterangan
		Observasi	Vissim		
Simpang Cebongan	Barat	1391	1375	0.43	diterima
	Utara	1453	1445	0.21	diterima
	Timur	2463	2385	1.58	diterima
	Selatan	1040	1033	0.22	diterima

Berdasarkan Tabel 5.14 didapat nilai validasi untuk nilai GEH pada tiap pendekat memenuhi syarat yaitu < 5 sehingga hasil pemodelan VISSIM pada penelitian tersebut dapat diterima. Nilai GEH mempresentasikan jumlah kendaraan pada saat pemodelan mendekati dengan kondisi aktual di lokasi penelitian.

Selanjutnya dilakukan pengujian MAPE untuk memvalidasi hasil pemodelan VISSIM pada penelitian kali ini. Uji MAPE pada penelitian kali ini menggunakan parameter kecepatan kendaraan pada tiap pendekat. Hasil uji MAPE dalam pemodelan dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5. 15 Uji MAPE Setelah Kalibrasi

Lokasi	Pendekat Kaki Simpang	Kecepatan Kendaraan (km/jam)		MAPE (%)	Keterangan
		Survey	VISSIM		
Simpang Cebongan	Barat	45,89	44,75	2%	diterima
	Utara	43,21	41,90	3%	diterima
	Timur	39,78	39,30	1%	diterima
	Selatan	42,77	44,63	7%	diterima

Berdasarkan hasil validasi diatas dapat diketahui bahwa pemodelan VISSIM dapat dikatakan valid sehingga dapat dilakukan evaluasi untuk mengetahui kinerja Simpang Cebongan. Berikut merupakan hasil evaluasi berdasarkan pemodelan VISSIM.

1. Panjang Antrean (*Queue Length*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai panjang antrean dapat dilihat pada kolom *Queue length* (Qlen). Panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 16 Panjang Antrean Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	1.47
Utara	0.08
Timur	43.01
Selatan	0

2. Tundaan (*Delay*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil tundaan dari pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5. 17 Hasil Tundaan Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	5,115
Utara	2,68
Timur	36,508
Selatan	1,741

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada Simpang Cebongan didapat dari perkalian antara tundaan tiap lengan dengan volume kendaraan pada masing-masing lengan lalu dibagi dengan volume total sehingga didapat nilai tundaan simpang untuk menentukan nilai tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5. 18 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan Tiap Lengan	Volume (Kendaraan)	Tundaan Simpang	Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)	Tingkat Pelayanan (HCM)
Barat	5,115	1375	15,927	C	LOS_C
Utara	2,68	1445			
Timur	36,508	2385			
Selatan	1,741	1033			

5.2.2 Perbandingan Analisis MKJI 1997, PKJI 2023 dan PTV VISSIM

Dalam proses analisis menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan PTV VISSIM terdapat beberapa perbedaan mendasar, salah satunya adalah parameter dan satuan output hasil analisis kinerja simpang tak bersinyal tersebut. Berikut merupakan perbandingan hasil analisis kinerja Simpang Cebongan dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

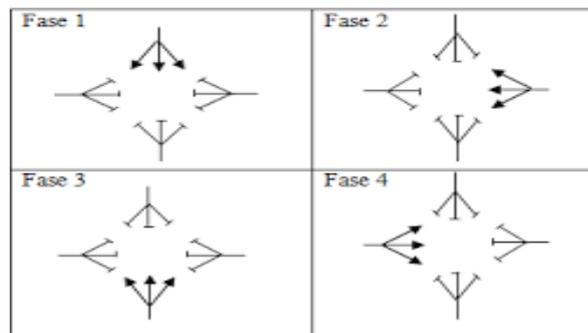
Tabel 5. 19 Perbandingan Hasil Analisis

No.	Parameter	MKJI 1997	PKJI 2023	VISSIM			
				U	T	S	B
1	Tundaan	57,25	10,5	2,68	36,508	1,741	5,115
2	Peluang Antrian (%)	63,53 – 130,19	23,39 – 46,775	-	-	-	-
3	Panjang Antrian	-	-	0,08	43,01	0	1,47
4	Derajat Kejenuhan	1,25	0,76	0,76			
5	Tingkat Pelayanan	E	B	C			

5.3 Alternatif Solusi Peningkatan Kinerja Simpang

5.3.1 Alternatif Solusi 1 Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 115 detik dengan 4 fase

Pada alternatif solusi 1 ini dilakukan dengan penambahan sinyal dengan waktu siklus 115 detik dengan 4 fase. Adapun gambar penambahan sinyal dengan 4 fase dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5. 8 Simpang Bersinyal 4 Fase

Hasil perhitungan analisis setelah dilakukan dengan penambahan sinyal dengan menggunakan 4 fase sinyal pada simpang dapat dilihat pada Tabel 5.20, 5.21 dan Gambar 5.9 berikut.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Barat	Timur	Selatan	Utara
Arus Jenuh (J)	SMP/jam	403	653,1	308,4	489
Arus Jenuh Dasar (J0)	SMP/jam	3315	3510	2535	2535
Lebar Efektif Pendekat (Le)	Meter	4,25	4,50	3,25	3,25
Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FHS)	-	0,94	0,94	0,94	0,94
Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FUK)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Kelandaian (FG)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Parkir (FP)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FBKi)	-	0,964	0,971	0,972	0,971
Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FBKa)	-	1,021	1,053	1,059	1,078
Arus Jenuh (S)	Smp/jam	3067	3373	2450	2493

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Siklus

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Barat	Timur	Selatan	Utara
Amber	detik	3	3	3	3
All Red	detik	3	3	3	3
LTI	detik	24	24	24	24
Waktu Siklus	detik	115	115	115	115
Waktu hijau (g)	detik	18	27	18	28

Diagram waktu siklus Simpang Cebongan pada analisis alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.

Lengan



Gambar 5. 9 Digram Waktu Siklus Simpang Cebongan pada Alternatif 1

Adapun rekapitulasi hasil analisis alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 1

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Barat	Timur	Selatan	Utara
Derajat Kejenuhan	-	0,818	0,817	0,818	0,818
Kapasitas	Smp/jam	492	799	377	598
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau (NQ1)	smp	0,636	0,635	0,636	0,636
Tundaan lalu Lintas (TLL)	det/smp	51,304	44,390	53,162	45,156
Tundaan Geometri (TG)	det/smp	1,833	2,321	2,363	2,907
Tundaan Rata-rata (Ti)	det/smp	53,138	46,712	55,526	48,063
Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang	det/smp	49,93			
Tingkat pelayanan (PM 96 2015)	-	E			
Tingkat Pelayanan (HCM)	-	E			

Untuk mengetahui kinerja simpang akibat penambahan APILL maka perlu dilakukan pemodelan VISSIM. Berikut merupakan hasil pemodelan VISSIM akibat penambahan APILL dengan waktu siklus 115 detik dengan 4 fase dapat dilihat dibawah ini.

1. Panjang Antrian (*Queue Length*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai panjang antrean dapat dilihat pada kolom *Queue Length* (Qlen). Panjang antrean dari hasil pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Panjang Antrean

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	146,459
Timur	227,05
Selatan	164,26
Utara	126,90

2. Tundaan (*Delay*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil pemodelan tundaan pada VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5. 24 Tundaan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	192,49
Timur	152,76
Selatan	214,29
Utara	113,184

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada simpang bersinyal didapatkan dari perkalian antara tundaan tiap lengan dengan volume kendaraan pada masing-masing lengan sehingga didapat nilai tundaan simpang untuk menentukan tingkat pelayanan. Hasil pemodelan VISSIM pada tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.25 Berikut.

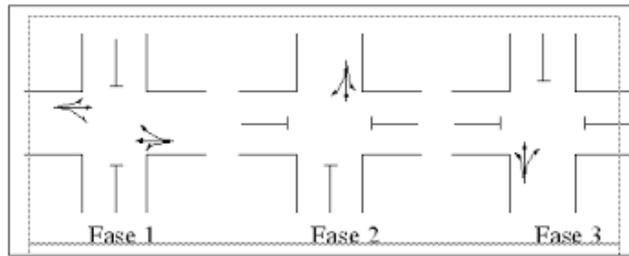
Tabel 5. 25 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan Tiap Lengan	Volume (Kendaraan)	Tundaan Simpang	Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)	Tingkat Pelayanan (HCM)
Barat	192,49	1166	167,339	F	F
Timur	152,76	1633			
Selatan	214,29	847			
Utara	113,184	1125			

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan diatas, setelah dilakukan analisis menggunakan PKJI 2023 dan melakukan pemodelan pada *software* VISSIM didapatkan nilai DS pada lengan A menjadi 0,818, pada lengan B menjadi 0,817 , pada lengan C menjadi 0,818 dan pada lengan D menjadi 0,818. Berdasarkan pemodelan alternatif solusi 1 dapat disimpulkan bahwa nilai derajat kejenuhan mengalami kenaikan dengan tingkat pelayanan F berdasarkan PM 96 2015 dan tingkat pelayanan F berdasarkan Highway Capacity Manual. Nilai tundaan juga mengalami kenaikan berdasarkan pemodelan VISSIM.

5.3.2 Alternatif Solusi 2 Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 100 detik dengan 3 fase

Pada alternatif solusi 1 ini dilakukan dengan penambahan sinyal dengan waktu siklus 100 detik dengan 3 fase. Adapun gambar penambahan sinyal dengan 4 fase dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Simpang Bersinyal 3 Fase

Hasil perhitungan analisis setelah dilakukan dengan penambahan sinyal dengan menggunakan fase sinyal pada simpang dapat dilihat pada Tabel 5.26, 5.27 dan Gambar 5.11 berikut.

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus

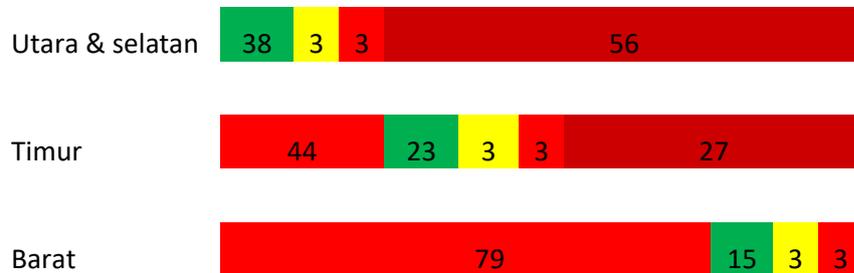
Parameter	Satuan	Pendekat		
		Barat	Timur	Selatan dan Utara
Arus Jenuh (J)	SMP/jam	403	653,1	798
Arus Jenuh Dasar (J0)	SMP/jam	3315	3510	2535
Lebar Efektif Pendekat (Le)	Meter	4,25	4,50	3,25
Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FHS)	-	0,94	0,94	0,94
Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FUK)	-	1	1	1
Faktor Penyesuaian Kelandaian (FG)	-	1	1	1
Faktor Penyesuaian Parkir (FP)	-	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FBKi)	-	0,964	0,971	0,971
Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FBKa)	-	1,021	1,053	1,078
Arus Jenuh (S)	Smp/jam	3067	3373	2493

Tabel 5. 27 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Siklus

Parameter	Satuan	Pendekat		
		Barat	Timur	Selatan dan Utara
Amber	detik	3	3	3
All Red	detik	3	3	3
LTI	detik	24	24	24
Waktu Siklus	detik	100	100	100
Waktu hijau (g)	detik	15	23	38

Diagram waktu siklus Simpang Cebongan pada analisis alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.

Lengan



Gambar 5. 11 Digram Waktu Siklus Simpang Cebongan pada Alternatif 2

Adapun rekapitulasi hasil analisis alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5. 28 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 2

Parameter	Satuan	Pendekat		
		Barat	Timur	Selatan dan Utara
Derajat Kejenuhan	-	0,849	0,848	0,849
Kapasitas	Smp/jam	474	770	940
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau (NQ1)	smp	0,699	0,696	0,697
Tundaan lalu Lintas (TLL)	det/smp	46,436	40,187	31,199
Tundaan Geometri (TG)	det/smp	1,833	2,321	5,27
Tundaan Rata-rata (Ti)	det/smp	48,269	42,509	36,47-
Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang	det/smp	41,160		
Tingkat pelayanan (PM 96 2015)	-	E		
Tingkat Pelayanan (HCM)	-	E		

Untuk mengetahui kinerja simpang akibat penambahan APILL maka perlu dilakukan pemodelan VISSIM. Berikut merupakan hasil pemodelan VISSIM akibat penambahan APILL dengan waktu siklus 100 detik dengan 3 fase dapat dilihat dibawah ini.

1. Panjang Antran (*Queue Length*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai panjang antrean dapat dilihat pada kolom *Queue Length* (Qlen). Panjang antrean dari hasil pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Panjang Antrean

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	39,255
Timur	227,207
Selatan	14,65
Utara	36,226

2. Tundaan (*Delay*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil pemodelan tundaan pada VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5. 30 Tundaan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	68,641
Timur	153,95
Selatan	26,11
Utara	35,141

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada simpang bersinyal didapatkan dari perkalian antara tundaan tiap lengan dengan volume kendaraan pada masing-masing lengan sehingga didapat nilai tundaan simpang untuk menentukan tingkat pelayanan. Hasil pemodelan VISSIM pada tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5. 31 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan Tiap Lengan	Volume (Kendaraan)	Tundaan Simpang	Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)	Tingkat Pelayanan (HCM)
Barat	68,641	1364	79,336	E	E
Timur	153,95	1645			
Selatan	26,11	1022			
Utara	35,141	1423			

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan diatas, setelah dilakukan analisis menggunakan PKJI 2023 dan melakukan pemodelan pada *software*

VISSIM didapatkan nilai DS pada lengan A menjadi 0,849, pada lengan B menjadi 0,849, pada lengan C menjadi 0,849 dan pada lengan D menjadi 0,849. Berdasarkan pemodelan alternatif solusi 2 dapat disimpulkan bahwa nilai derajat kejenuhan mengalami kenaikan dengan tingkat pelayanan E berdasarkan PM 96 2015 dan tingkat pelayanan E berdasarkan Highway Capacity Manual. Nilai tundaan juga mengalami kenaikan berdasarkan pemodelan VISSIM.

5.4 Perbandingan Alternatif Solusi

Berdasarkan hasil analisis 2 alternatif solusi diatas, terdapat hasil yang berbeda diantara alternatif lainnya. Tujuan dari prnrelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi atas permasalahan yang ada pada simpang sehingga perlu dilakukan perbandingan hasil analisis saat kondisi eksisting dengan hasil analisis pada alternatif solusi perbaikan untung mengetahui alternatif solusi terbaik. Adapun perbandingan alternatif solusi dapat dilihat sebagai berikut.

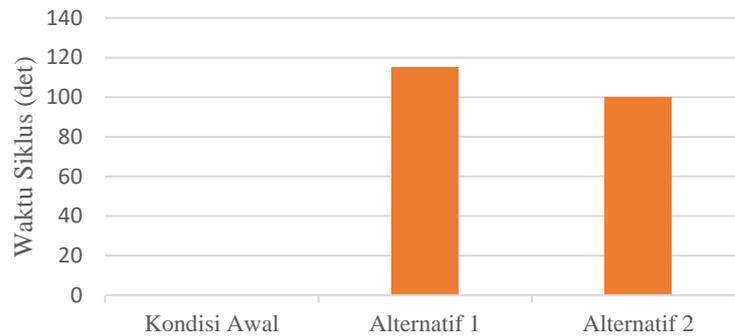
1. Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan salah satu parameter yang dapat mempengaruhi perbaikan derajat kejenuhan dan tundaan pada simpang bersinyal. Adapun perbandingan waktu siklus pada simpang bersinyal dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5. 32 Perbandingan Waktu Siklus

Waktu Siklus (detik)		
Kondisi Eksisting	Alternatif Solusi	
	1	2
-	115	100

Adapun histogram perbandingan waktu siklus dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Histogram Perbandingan Waktu Siklus

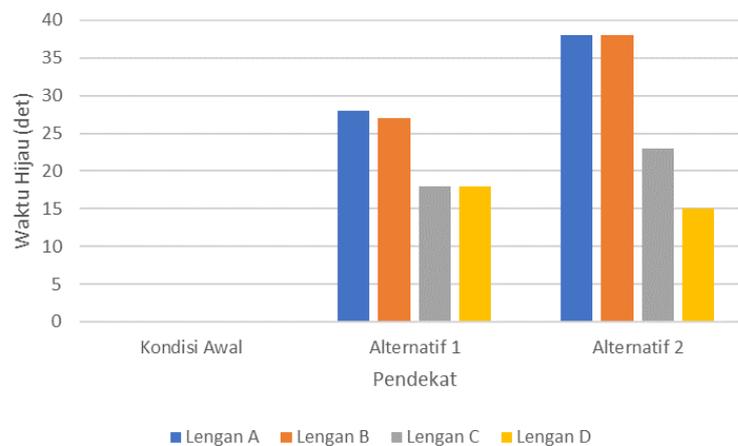
2. Waktu Hijau

Waktu hijau adalah parameter yang dapat mempengaruhi perbaikan derajat kejenuhan dan tundaan pada simpang bersinyal. Adapun perbandingan waktu hijau pada simpang bersinyal dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.33 Perbandingan Waktu Hijau

Pendekat	Waktu Hijau (detik)		
	Kondisi Eksisting	Alternatif Solusi	
		1	2
Barat	-	28	38
Timur	-	27	38
Selatan	-	18	23
Utara	-	18	15

Adapun histogram perbandingan waktu hijau dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Histogram Perbanding Waktu Hijau

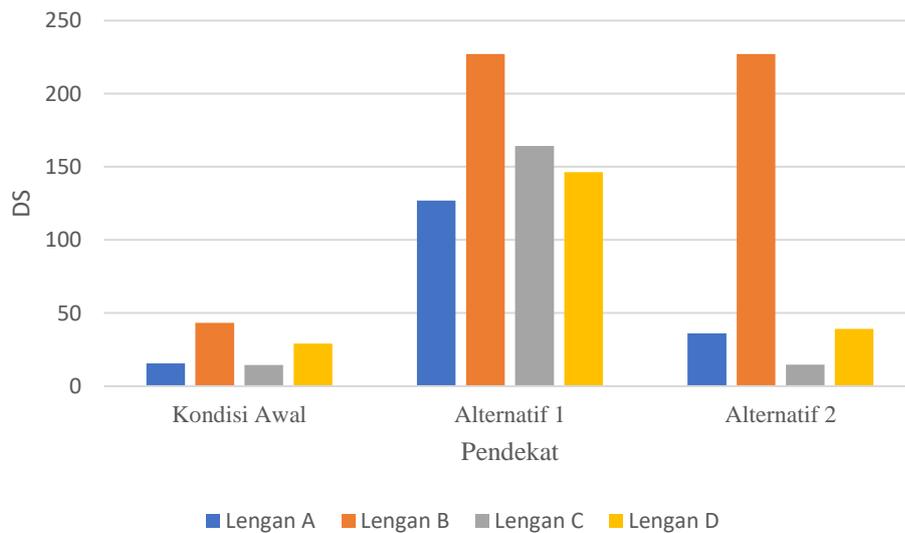
3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah tolak ukur suatu arus lalu lintas terhadap kapasitas pada suatu bagian jalan. Adapun perbandingan nilai derajat kejenuhan. Perbandingan nilai derajat kejenuhan dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5. 34 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Kondisi Eksisting	Alternatif Solusi	
		1	2
Barat	0,76	0,818	0,849
Timur		0,817	0,849
Selatan		0,818	0,848
Utara		0,818	0,849

Adapun histogram perbandingan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5. 14 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan

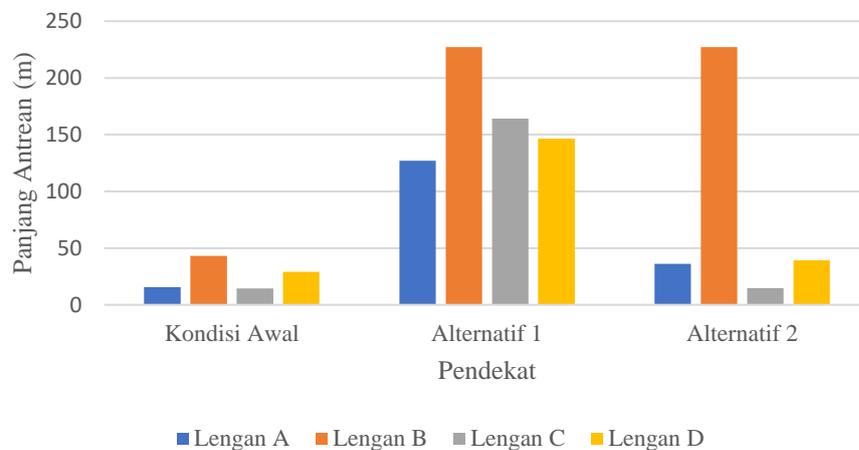
4. Panjang Antrean

Adapun perbandingan nilai panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5. 35 Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Panjang Antrean (m)		
	Observasi	Alternatif Solusi	
		1	2
Barat	15,5	126,9	36,2
Timur	43,3	227,05	227,2
Selatan	14,4	164,26	14,7
Utara	29,2	146,45	39,25

Adapun histogram perbandingan panjang antrean dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5. 15 Perbandingan Panjang Antrean

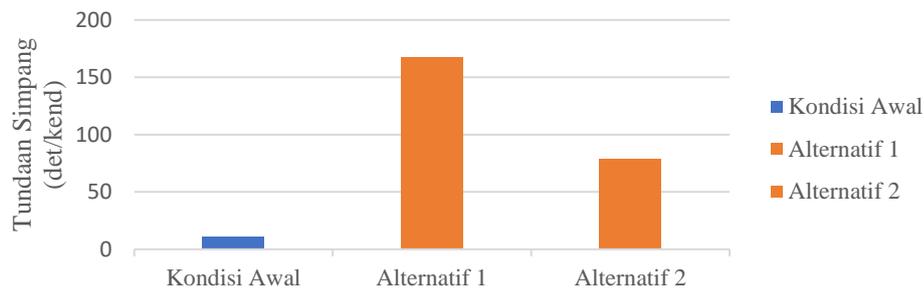
5. Tundaan Simpang

Adapun perbandingan nilai tundaan dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5. 36 Perbandingan Tundaan Simpang

Kondisi Eksisting	Tundaan Simpang (detik/kendaraan)	
	Alternatif Solusi	
	1	2
10,50	167,3	78,92

Adapun histogram perbandingan tundaan simpang dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 Perbandingan Tundaan Simpang

6. Tingkat Pelayanan

Perbandingan perubahan tingkat pelayanan pada kondisi eksisting dengan hasil analisis berdasarkan dua pilihan solusi alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.37 dan Tabel 5.38

Tabel 5.37 Perbandingan Tingkat Pelayanan Berdasarkan Analisis PKJI 2023

Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)		
Kondisi Eksisting	Alternatif Solusi	
	1	2
B	E	E

Tabel 5.38 Perbandingan Tingkat Pelayanan Berdasarkan Permodelan VISSIM

Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)		
Kondisi Eksisting	Alternatif Solusi	
	1	2
C	F	E

Rekapitulasi perbandingan kinerja simpang Cebongan berdasarkan kondisi eksisting dan usulan alternatif dapat dilihat pada tabel 5.39

**Tabel 5.39 Rekapitulasi perbandingan kinerja simpang Cebongan
berdasarkan kondisi eksisting dan usulan alternatif**

Parameter	Simpang Tak Bersinyal				Simpang Bersinyal					
	Eksisting				Alternatif 1			Alternatif 2		
		MKJI 1997	PKJI 2023	VISSIM	MKJI 1997	PKJI 2023	VISSIM	MKJI 1997	PKJI 2023	VISSIM
DJ	U	1,25	0,76	0,76	0.903	0.818	0.818	0.936	0.849	0.849
	T			0,76	0.903	0.817	0.817	0.936	0.848	0.848
	S			0,76	0.904	0.818	0.818	0.936	0.849	0.849
	B			0,76	0.902	0.818	0.818	0.937	0.849	0.849
Panjang antrean	U	63,53- 130,19	23,39 - 46,775	0,008	173.333	173.333	126,9	173.333	137.778	36,2
	T			43,07	209.231	209.231	227,05	209.231	252.308	227,2
	S			0	110.769	110.769	164,26	110.769	252.308	14,7
	B			1,47	103.529	103.529	146,45	103.529	98.824	39,25
Tundaan	U	57,25	10,50	2,6	49,937	48,063	113,18	38,150	36,47	35,14
	S			1,74	57,338	55,5	215,75	50,773	36,47	17,85
	T			35,4	48,698	46,712	155,35	44,398	42,5	154,5
	B			5,1	55,639	53,138	192,49	44,398	48,26	68,64
Tingkat pelayanan		E	B	C	E	E	F	E	E	E

Berdasarkan perbandingan kedua alternatif solusi yang ditawarkan, didapatkan alternatif solusi yang dipilih pada simpang Cebongan yang paling efektif yaitu alternatif solusi 2. Alternatif solusi 2 yaitu penambahan sinyal 3 fase pada simpang dengan waktu siklus 100 detik. Meskipun dalam perbandingannya alternatif solusi 2 memiliki nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan nilai tundaan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi eksisting, namun alternatif solusi 2 tetap dipilih karena pertimbangan keselamatan pengendara dimana sering terjadi insiden pada daerah simpang tersebut.

Dari hasil penelitian Annisa (2019) tentang simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal menggunakan metode MKJI 1997, penerapan untuk mengurangi konflik yang terjadi pada persimpangan Duren, Ciputat seperti kecelakaan lalu lintas maka diperlukan adanya pemasangan lampu lalu lintas (*traffic light*). Annisa (2019) dalam penelitiannya menjelaskan kinerja persimpangan diukur dengan tingkat pelayanan berdasarkan parameter derajat kejenuhan dan tundaan simpang. Dalam penelitiannya terjadi kenaikan nilai tundaan simpang dan mengalami penurunan derajat kejenuhan. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode PKJI 2023. Hasil yang didapatkan dalam penelitian penulis terjadi kenaikan tundaan simpang dan derajat kejenuhan dari kondisi eksisting dalam alternatif solusi yang diberikan yaitu dengan penambahan APPIL dengan 3 fase. Hasil nilai tundaan simpang berdasarkan pemodelan sebesar 78,92 dengan tingkat pelayanan E dan nilai derajat kejenuhan pada pendekat utara sebesar 0,849, pendekat selatan sebesar 0,849, pendekat timur sebesar 0,848, dan pendekat barat sebesar 0,849. Menurut MKJI 1997, derajat kejenuhan tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu kurang dari 0,85.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis menggunakan PKJI 2023, dapat diketahui Kinerja simpang tak bersinyal Cebongan pada kondisi eksisting sebagai berikut.
 - a. Nilai derajat kejenuhan (DJ) pada simpang tak bersinyal Cebongan sebesar 0,76.
 - b. Nilai panjang antrean pada lokasi simpang berdasarkan hasil observasi di lapangan untuk Lengan A (Barat) sebesar 29,2 m, Lengan B (Timur) sebesar 43,3 m, Lengan C (Selatan) sebesar 14,4 m, dan Lengan D (Utara) sebesar 15,5 m.
 - c. Nilai tundaan Simpang Cebongan sebesar 10,50 det/kend dengan tingkat pelayanan B.
2. Berdasarkan hasil analisis didapatkan 2 usulan alternatif solusi untuk perbaikan pada Simpang Cebongan yaitu sebagai berikut
 - a. Alternatif solusi 1 yaitu penambahan APPIL dengan 4 fase dan waktu siklus 115 detik.
 - b. Alternatif solusi 2 yaitu penambahan APPIL dengan 3 fase dan waktu siklus 100 detik.
3. Berdasarkan hasil pemodelan VISSIM, didapati alternatif solusi untuk perbaikan pada Simpang Cebongan yang paling efektif yaitu alternatif solusi 2. Alternatif 2 yaitu penambahan APPIL dengan tiga fase dan waktu siklus 100 detik. Dibanding dengan alternatif solusi 1 yaitu penambahan APPIL dengan 4 fase dan waktu siklus 115 detik dengan waktu tundaan 167,3 det/kend dengan tingkat pelayanan F, alternatif solusi 2 lebih efektif yaitu dengan waktu tundaan

78,92 det/kend dengan tingkat pelayanan E. Adapun hasil alternatif solusi 2 dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Nilai derajat kejenuhan (DJ) pada simpang dengan penambahan sinya pada Lengan A (Barat) sebesar 0,849, Lengan B (Timur) sebesar 0,849, Lengan C (Selatan) sebesar 0,849, dan Lengan D (Utara) sebesar 0,849.
- b. Nilai panjang antrean pada lokasi simpang berdasarkan hasil pemodelan VISSIM untuk Lengan A (Barat) sebesar 39,25 m, Lengan B (Timur) sebesar 227,2 m, Lengan C (Selatan) sebesar 14,7 m, dan Lengan D (Utara) sebesar 36,2 m.
- c. Nilai tundaan Simpang Cebongan berdasarkan pemodelan VISSIM sebesar 78,92 det/kend dengan tingkat pelayanan E berdasarkan PM 96 2015 dan tingkat pelayanan E berdasarkan *HCM*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, pemodelan dan pembahasan, didapatkan beberapa saran untuk dijadikan bahan pertimbangan, evaluasi dan sebagai upaya pengembangan penelitian yang akan datang agar Simpang Cebongan dapat memberikan pelayanan yang optimal untuk pengguna jalan. Adapun saran dari penulis adalah sebagai berikut.

1. Hasil analisis dan pemodelan ini dapat menjadi referensi bagi Pemerintah Kabupaten Sleman dan Dinas Perhubungan Kabupaten Sleman dalam upaya perbaikan kinerja Simpang Cebongan.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan kendaraan yang masuk dan keluar dari area perkantoran sekitar.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan penerpan kanalisasi pada simpang.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pemodelan jalan satu arah untuk menurunkan nilai DJ dan tundaan pada simpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amtoro, A. R., 2016. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan Jalan Wates Km 5, Gamping, Sleman, Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Anonim. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- Annisa. 2019. Analisis Simpang Tak Bersinyal Menjadi simpang Bersinyal. *Tugas Akhir*. Universitas Pembangunan Jaya.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Fadhlillah, M. R. 2021. Evaluasi Kinerja Dan Usulan Perbaikan Simpang Bersinyal Pogung. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Haryadi, M. 2018. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Selokan Mataram Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hidayati, R., Widodo, S., & Sumiyattinah. 2018. Penggunaan Software Vissim untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi kasus: Jl. Sultan Hamid - Jl. Tanjung Raya I - Jl. Perintis Kemerdekaan - Jl. Tanjung Raya II Pontianak). *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Vol 5, No 3, 1-13*.
- Juwita, Farida. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan PTV Vissim 9.0 (Studi Kasus Jalan AH Nasution - Jalan Way Pangabuan – Jalan Tanggamus). *Jurnal Saburai*. Vol.6 No.1.
- Lesmana, F. 2021. Optimalisasi Simpang Bersinyal Melalui Pedoman MKJI dan Simulasi VISSIM (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Raden Inten). *Tugas Akhir*. Universitas Bakrie.
- Muhammad Shofwan Donny Cahyono, A. M. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Jl. Dr. Wahidin Sudiro-Jl. Mayjen Sungkono Terkait Pembangunan Underpass GKB Gresik. *Vol. 04, Nomor 01, Maret 2021, 35-40*.

- Rafediansyah, R., Widodo, W., dan Muchlisin. 2016. Analisis Kinerja Simpang 3 Tak Bersinyal Terhadap Pengaruh Pengadaan Shelter Trans Jogja (Studi Kasus: Simpang Jalan Rajawali, Simpang Jalan Tegal Rejo dan Simpang Gerbang Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rofida, I. 2018. Perbandingan Kinerja Ruas Jalan Sebelum dan Sesudah Penerapan Sistem Jalan Satu Arah di Jalan Prawirokuat. *Tugas Akhir*. Sleman: Universitas Islam Indonesia.
- Rohani, Hasyim, dan Hidaytullah, M. D. 2021. Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Dan Simpang Tidak Bersinyal Dengan Fasilitas Putar Balik (*U-Turn*) Studi Kasus Jalan Sriwijaya Di Kota Mataram. *Jurnal Ganec Swara*. Vol. 16, No. 1. Mataram
- Sarwanta, 2022. Pemodelan Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak Vissim. *Vol.1, No. 4 Desember 2022*.
- Sauri, S. 2014. Analisis Kinerja Simpang Menggunakan Perangkat Lunak Kaji dan PTV Vistro (Studi Kasus: Simpang Bersinyal dan Tak Bersinyal Perkotaan Jember). *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Sriharyani, G. Dan Hadijah, I. 2016. Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Kota Metro (Studi Kasus Persimpangan Jalan, Ruas jalan Jend. Sudirman, Jalan Sumbawa, Jalan Wijaya Kusuma Dan Jalan Inspeksi). *Jurnal TAPAK*. Vol. 6 No. 1. Lampung
- Syahabudin, F. I., Sendow, T. K., dan Rumayar A. L. E. 2015. Perencanaan Lampu Pengatur Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Sultan Hasanudin dan Jalan Ari Lasut Menggunakan Metode MKJI. *Jurnal Sipil Statik*. Vol.3 No.10.
- Zaki, M. 2020. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Annisa. 2019. Analisis Simpang Tak Bersinyal Menjadi simpang Bersinyal. *Tugas Akhir*. Universitas Pembangunan Jaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kecepatan Kendaraan

Utara (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)			Barat (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
28.47	20	43	29.32	18.89	34	33.09	24.15	22	22.01	22.12	16
32.94	22	29	29.94	20.31	22	37.12	31.91	22	22.11	22.12	19
33.99	23	33	31.76	21.07	27	37.12	32.37	25	22.31	22.56	18
34.62	24	22	31.76	21.09	36	37.75	35.58	27	22.78	23.22	23
35.21	24	36	31.79	22.12	39	38.63	35.79	28	23.24	23.24	25
35.26	25		32.14	22.33		39.07	37.45	31	23.28	23.46	23
35.29	26		32.16	24.22		40.66	37.92	31	23.45	25.67	22
35.77	27		32.88	24.31		40.71	38	33	23.56	25.69	23
36.03	28		33.08	24.35		40.75	38.28	35	24.55	26.78	25
36.06	29		33.08	24.44		40.86	39.12	40	25.43	26.81	
36.85	30		33.14	24.51		41.09	39.17		25.49	26.88	
37.01	31		33.46	25.55		41.53	39.67		25.69	27.21	
37.46	31		33.91	25.65		41.71	39.73		25.99	27.28	
37.63	33		33.92	25.65		42.32	40.39		26.31	27.88	
38.01	33		33.99	25.78		42.4	40.44		26.78	27.89	
38.10	34		34.80	26.44		42.42	41.79		26.78	27.92	
38.54	34		35.57	27.69		42.45	41.84		26.89	27.98	
38.55	35		35.71	27.88		42.8	41.90		27.09	28.78	

39.49	38	35.79	31.08	43.02	42.15	27.45	28.92
39.74	40	36.03	31.23	43.17	42.34	27.56	29.08
39.91		36.36	31.23	43.28	42.39	28.26	29.87
40.17		36.43	31.23	43.3	42.78	28.91	31.23
40.26		36.95	33.21	43.67	43.06	28.98	31.9
40.88		36.99	33.22	43.70	43.18	29.01	32.21
41.01		37.10	33.23	43.84	43.23	29.08	33.21
41.26		37.70	33.32	44.49	43.39	29.09	33.45
41.45		37.99	33.45	44.64	43.86	29.88	34.21
41.45		38.09	35.31	44.84	44.03	31.09	35.67
41.57		38.31	35.69	44.99	44.04	31.09	37.56
41.88		38.55	38.21	45.58	44.22	31.23	
42.47		39.58		45.62	44.43	31.33	
42.82		40.13		45.65	44.59	32.11	
43.06		40.30		45.98	45.14	32.31	
43.81		40.71		47.28	45.73	32.34	
45.11		40.71		47.34	46.39	32.88	
45.66		40.79		48.35	46.57	33.21	
46.58		40.86		51.46	46.90	33.21	
46.64		41.33		51.83	47.07	33.23	

Lampiran 2 Data Volume Lalu Lintas

Waktu (WIB)	Sabtu (Periode Pagi)											
	Jumlah Kendaraan											
	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00 - 06.15	75	32	34	95	35	9	36	20	23	46	14	4
06.15 - 06.30	80	35	31	150	31	12	41	16	28	51	16	6
06.30 - 06.45	88	41	45	164	40	11	44	22	37	65	24	9
06.45 - 07.00	95	60	55	189	43	9	66	36	48	77	32	14
07.00 - 07.15	90	65	50	217	54	17	65	36	47	83	38	14
07.15 - 07.30	127	77	70	200	45	17	89	45	56	91	55	22
07.30 - 07.45	106	65	50	176	44	15	99	33	54	93	77	19
07.45 - 08.00	116	72	67	166	32	8	77	57	52	112	65	26
08.00 - 08.15	99	66	55	156	36	12	64	43	65	87	45	21
08.15 - 08.30	92	50	53	145	29	12	65	33	47	78	41	18
08.30 - 08.45	88	45	45	125	31	11	56	31	47	56	37	19
08.45 - 09.00	74	32	37	127	25	9	55	29	45	61	35	25

Waktu (WIB)												
	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00 - 06.15	4	1	1	4	1	1	1	0	0	2	1	1
06.15 - 06.30	6	0	4	6	0	1	0	0	0	3	2	4
06.30 - 06.45	8	0	7	10	2	1	0	0	2	7	2	5
06.45 - 07.00	11	0	11	18	1	4	4	0	7	9	4	2
07.00 - 07.15	12	6	11	22	2	0	15	0	7	13	6	4
07.15 - 07.30	15	5	12	29	4	0	19	4	10	17	6	1
07.30 - 07.45	21	17	16	34	2	4	25	3	8	12	9	3
07.45 - 08.00	24	12	22	31	7	2	13	2	16	18	12	5
08.00 - 08.15	16	7	13	15	5	2	19	2	12	11	9	2
08.15 - 08.30	20	5	18	19	3	1	11	6	6	5	6	1
08.30 - 08.45	16	4	18	15	2	2	10	5	5	5	6	2
08.45 - 09.00	16	4	15	12	2	1	7	3	3	6	7	1

Waktu (WIB)												
	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00 - 06.15	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
06.15 - 06.30	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
06.30 - 06.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.45 - 07.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 - 07.15	1	0	3	2	0	0	0	0	0	2	0	0
07.15 - 07.30	1	0	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0
07.30 - 07.45	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
07.45 - 08.00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
08.00 - 08.15	2	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0
08.15 - 08.30	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
08.30 - 08.45	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0
08.45 - 09.00	0	1	1	1	1	1	0	2	2	1	0	0

Waktu (WIB)	Periode Siang											
	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
	11.00 - 11.15	47	19	18	115	15	13	64	18	47	53	17
11.15 - 11.30	55	17	22	109	15	8	66	21	55	51	22	22
11.30 - 11.45	51	22	35	137	24	11	77	24	66	59	25	22
11.45 - 12.00	65	23	31	172	29	15	78	22	59	54	29	26
12.00 - 12.15	85	28	45	143	27	13	90	34	42	66	21	18
12.15 - 12.30	45	10	9	132	39	15	72	25	45	69	21	24
12.30 - 12.45	37	13	14	99	22	11	65	23	41	77	19	18
12.45 - 13.00	31	11	18	79	18	12	55	22	37	61	22	12

Waktu (WIB)	LV												
	Utara			Barat			Selatan			Timur			
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	
	11.00 - 11.15	24	14	24	22	15	2	15	2	1	19	2	8
	11.15 - 11.30	28	16	32	31	12	2	22	4	6	22	6	11
11.30 - 11.45	36	11	29	45	16	0	24	7	2	37	9	15	
11.45 - 12.00	37	9	22	46	22	2	23	3	5	33	9	15	
12.00 - 12.15	42	7	18	66	18	1	29	8	9	44	14	13	
12.15 - 12.30	25	10	23	68	12	1	23	2	3	44	11	13	
12.30 - 12.45	26	7	25	47	11	0	25	2	5	31	11	11	
12.45 - 13.00	18	4	19	32	5	1	21	6	1	29	7	11	

Waktu (WIB)	HV											

	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00 - 11.15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11.15 - 11.30	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
11.30 - 11.45	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0
11.45 - 12.00	2	0	1	2	1	0	2	0	0	2	0	0
12.00 - 12.15	1	0	2	1	3	0	2	0	0	3	0	0
12.15 - 12.30	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
12.30 - 12.45	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
12.45 - 13.00	0	0	1	1	2	1	1	1	0	2	0	0

Waktu (WIB)	Periode Sore											
	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
	15.00-15.15	67	21	21	67	15	2	56	7	11	97	24
15.15-15.30	71	20	23	76	14	3	59	9	7	100	25	14
15.30-15.45	67	21	22	72	16	3	62	9	6	107	24	15
15.45-16.00	88	26	29	88	28	4	82	12	15	135	22	17
16.00-16.15	74	37	45	112	31	3	65	12	12	166	24	22
16.15-16.30	95	29	61	175	37	3	71	11	14	186	36	23
16.30-16.45	99	36	68	154	32	7	88	17	22	212	36	17
16.45-17.00	89	36	58	144	25	4	67	24	17	189	39	11
17.00-17.15	92	27	56	105	19	5	45	21	12	190	31	11
17.15-17.30	80	22	50	90	15	4	42	11	6	178	39	21
17.30-17.45	75	20	43	85	12	4	35	12	5	156	25	15
17.45-18.00	65	18	32	85	11	3	32	10	5	126	16	14

Waktu (WIB)												
	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	
15.00-15.15	30	7	14	40	9	5	25	6	5	34	9	9
15.15-15.30	31	8	15	38	11	3	31	2	7	31	11	10
15.30-15.45	31	7	15	45	6	1	27	1	6	31	9	11
15.45-16.00	33	11	24	52	9	5	31	3	9	40	12	13
16.00-16.15	41	11	13	22	22	2	31	13	8	40	18	13
16.15-16.30	34	9	17	66	17	2	37	5	11	55	21	13
16.30-16.45	37	8	14	71	18	0	48	17	14	57	25	15
16.45-17.00	44	12	21	45	23	0	44	12	19	66	27	17
17.00-17.15	32	15	13	41	12	4	37	7	12	54	21	11
17.15-17.30	25	5	14	33	5	2	33	9	9	52	24	10
17.30-17.45	17	3	14	19	5	2	34	6	8	51	18	8
17.45-18.00	14	3	11	20	5	2	25	6	8	38	12	6

Waktu (WIB)												
	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	
15.00-15.15	0	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0
15.15-15.30	1	2	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1
15.30-15.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15.45-16.00	1	0	2	1	1	0	3	0	0	1	0	0
16.00-16.15	1	0	2	0	0	0	1	0	0	3	0	0
16.15-16.30	2	1	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0
16.30-16.45	1	1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0
16.45-17.00	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	1	0
17.00-17.15	1	0	2	1	1	2	1	1	0	0	1	0
17.15-17.30	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
17.30-17.45	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0

17.45-18.00	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Waktu (WIB)	Senin, Periode Pagi											
	Jumlah Kendaraan											
	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00 - 06.15	110	45	35	180	56	4	112	5	37	54	23	11
06.15 - 06.30	113	44	43	198	64	6	123	7	39	56	26	12
06.30 - 06.45	119	53	50	245	79	6	136	8	43	60	28	14
06.45 - 07.00	141	54	67	257	96	9	160	11	61	68	39	20
07.00 - 07.15	160	60	70	360	130	14	169	20	50	77	42	23
07.15 - 07.30	165	82	72	403	126	29	178	15	50	88	32	26
07.30 - 07.45	230	46	59	424	129	33	224	11	66	118	33	29
07.45 - 08.00	182	39	66	400	116	33	168	13	40	128	41	33
08.00 - 08.15	164	50	62	336	87	25	139	12	35	90	25	29
08.15 - 08.30	135	39	54	276	71	20	110	6	41	83	32	24
08.30 - 08.45	132	32	38	245	65	15	109	5	41	78	31	21
08.45 - 09.00	126	25	42	219	54	21	112	6	40	75	28	18

Waktu (WIB)	Senin, Periode Pagi											
	Jumlah Kendaraan											
	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00 - 06.15	14	8	6	25	5	1	21	1	5	11	1	1
06.15 - 06.30	21	7	6	27	8	0	22	2	6	12	1	1
06.30 - 06.45	18	10	9	30	8	1	23	1	6	13	1	1
06.45 - 07.00	23	6	11	46	14	1	28	3	10	10	3	2
07.00 - 07.15	29	9	7	40	22	3	32	6	11	8	3	2
07.15 - 07.30	17	6	13	44	22	0	36	5	8	12	5	1
07.30 - 07.45	14	15	8	46	31	2	55	6	21	13	4	15
07.45 - 08.00	18	8	8	42	25	1	47	2	7	17	11	6
08.00 - 08.15	22	4	9	35	7	1	15	1	4	21	14	12
08.15 - 08.30	24	6	6	29	20	2	20	9	6	16	10	4
08.30 - 08.45	22	5	4	25	23	1	15	8	6	14	9	5
08.45 - 09.00	21	3	5	22	17	2	16	6	5	12	11	7

Waktu (WIB)	Senin, Periode Pagi											
	Jumlah Kendaraan											
	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00 - 06.15	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1
06.15 - 06.30	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
06.30 - 06.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.45 - 07.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 - 07.15	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0
07.15 - 07.30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0
07.30 - 07.45	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
07.45 - 08.00	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
08.00 - 08.15	2	1	0	0	2	0	2	0	0	1	0	1
08.15 - 08.30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0
08.30 - 08.45	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
08.45 - 09.00	1	1	1	2	0	2	1	1	2	2	1	1

Waktu (WIB)	Senin, Periode Siang											
	Jumlah Kendaraan											
	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00 - 11.15	60	33	22	17	87	9	55	7	39	64	27	19
11.15 - 11.30	76	33	31	23	122	9	59	12	45	88	25	16
11.30 - 11.45	99	29	31	27	141	8	75	6	55	96	22	22
11.45 - 12.00	92	41	42	31	150	12	88	9	44	90	35	29
12.00 - 12.15	111	52	55	39	179	19	69	15	59	90	27	24
12.15 - 12.30	129	30	56	39	166	16	64	5	30	86	23	18
12.30 - 12.45	106	22	45	41	129	21	50	7	29	78	22	10
12.45 - 13.00	96	28	41	35	117	19	52	2	20	73	25	21

Waktu (WIB)	Senin, Periode Siang
-------------	----------------------

	Jumlah Kendaraan											
	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00 - 11.15	28	8	11	19	4	1	12	5	12	20	12	4
11.15 - 11.30	33	11	17	22	7	3	22	2	19	22	9	7
11.30 - 11.45	39	13	21	25	7	1	30	2	26	28	6	11
11.45 - 12.00	55	21	23	26	6	4	18	5	13	24	8	13
12.00 - 12.15	54	14	21	32	15	2	21	5	22	25	11	11
12.15 - 12.30	39	14	21	42	23	0	9	1	9	31	14	12
12.30 - 12.45	39	11	15	44	18	1	33	3	27	38	9	11
12.45 - 13.00	33	6	12	33	11	1	17	1	15	22	5	8

Waktu (WIB)	Senin, Periode Siang											
	Jumlah Kendaraan											
	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	
11.00 - 11.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.15 - 11.30	1	0	0	2	1	0	0	0	0	4	0	0
11.30 - 11.45	1	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0
11.45 - 12.00	0	0	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0
12.00 - 12.15	0	1	0	4	1	0	0	0	4	2	0	0
12.15 - 12.30	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0
12.30 - 12.45	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
12.45 - 13.00	0	0	2	0	0	0	2	0	3	2	0	0

Waktu (WIB)	Senin, Periode Pagi											
	Jumlah Kendaraan											

	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
	15.00-15.15	171	45	77	180	35	25	109	45	54	329	65
15.15-15.30	178	54	80	177	45	27	116	51	64	338	78	80
15.30-15.45	171	53	82	175	54	27	119	52	57	332	83	77
15.45-16.00	174	75	78	192	65	28	92	46	50	343	90	85
16.00-16.15	154	64	79	166	58	16	141	38	47	404	81	75
16.15-16.30	134	55	89	142	45	32	135	31	52	414	62	69
16.30-16.45	106	42	91	129	35	37	152	38	42	376	59	57
16.45-17.00	114	34	63	123	38	30	100	27	35	335	52	65
17.00-17.15	87	25	60	101	29	30	92	18	33	280	42	55
17.15-17.30	90	30	52	78	21	21	110	20	38	286	48	40
17.30-17.45	88	25	43	65	21	19	108	17	35	259	41	32
17.45-18.00	75	21	32	43	16	21	101	15	25	198	25	25

Waktu (WIB)	Senin, Periode Pagi											
	Jumlah Kendaraan											
	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	14	3	10	21	15	2	20	3	6	30	10	7
15.15-15.30	15	4	11	22	14	2	21	3	6	31	9	8
15.30-15.45	17	4	11	22	15	2	21	4	7	34	11	8
15.45-16.00	31	9	13	28	14	7	15	4	8	39	14	13
16.00-16.15	31	11	16	36	14	1	21	6	6	42	11	21
16.15-16.30	39	14	28	40	8	3	23	10	15	45	17	22
16.30-16.45	27	13	25	32	11	2	33	9	8	53	18	16
16.45-17.00	29	14	26	27	14	2	22	11	15	45	24	19
17.00-17.15	32	9	17	31	17	4	20	4	7	44	15	13
17.15-17.30	22	6	13	34	20	1	26	1	5	40	15	10
17.30-17.45	14	5	11	31	34	3	23	1	5	44	16	11
17.45-18.00	11	6	12	21	21	1	15	2	4	32	12	15

Waktu (WIB)	Senin, Periode Pagi											
	Jumlah Kendaraan											
	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	R T	S T	L T	R T	S T	L T	R T	S T	L T	R T
15.00-15.15	2	1	1	4	6	0	0	0	0	0	0	0
15.15-15.30	2	0	1	5	1	1	1	2	2	1	1	1
15.30-15.45	2	0	1	5	5	0	7	2	1	3	0	0
15.45-16.00	12	2	2	4	4	2	6	0	1	2	3	3
16.00-16.15	8	2	5	5	4	0	5	0	1	2	0	2
16.15-16.30	3	1	4	3	2	0	2	0	0	1	2	0

16.30-16.45	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
16.45-17.00	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
17.00-17.15	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
17.15-17.30	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
17.30-17.45	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
17.45-18.00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Lampiran 3 Data *Driving Behaviour*

Pendekat	Jenis Kendaraan	Depan Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan Kendaraan Berjalan (m)
Timur	MC	0.3	0.3	0.6	0.5
	MC	0.2	0.2	0.6	0.5
	MC	0.8	0.5	0.9	0.4
	LV	0.9	0.4	1.2	0.5
	LV	1	0.6	1.4	0.6
	LV	1.1	0.5	1.3	0.7
	HV	0.3	0.3	0.5	0.3
	HV	0.2	0.4	0.4	0.2

	HV	0.6	0.5	0.8	0.5
Barat	MC	0.6	0.6	0.7	0.6
	MC	1.1	0.7	1.2	0.8
	MC	0.9	0.5	1.6	1
	LV	0.2	0.5	0.6	0.2
	LV	0.2	0.3	0.5	0.3
	LV	0.5	0.6	1.4	0.3
	HV	0.5	0.3	1	0.2
	HV	0.9	0.5	1.5	0.7
	HV	1.2	0.7	1.7	0.6
Utara	MC	0.2	0.2	0.6	0.3
	MC	0.3	0.3	0.5	0.3
	LV	0.5	0.5	0.8	0.5
	LV	0.6	0.6	0.6	0.4
	HV	0.9	0.8	1	0.8
	HV	1.1	0.6	1.1	0.7
Sleatan	MC	0.2	0.3	0.6	0.3
	MC	0.6	0.5	0.6	0.5
	LV	1	0.7	0.8	0.6
	LV	0.3	0.3	0.5	0.2
	HV	0.6	0.6	0.7	0.5
	HV	1.2	0.8	0.8	0.6