TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG EMPAT TILINGSING KUDUS JAWA *TENGAH BERDASARKAN PKJI 2023 DAN PEMODELAN VISSIM*

(PERFORMANCE EVALUATION OF THE TILINGSING KUDUS FOUR WAY CENTRAL JAVA BASED ON PKJI 2023 AND VISSIM MODELING)

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

Imron Ryan Setyawan

18511076

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2025

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG EMPAT TILINGSING KUDUS JAWA *TENGAH BERDASARKAN PKJI 2023 DAN PEMODELAN VISSIM*

(PERFORMANCE EVALUATION OF THE TILINGSING KUDUS FOUR WAY CENTRAL JAVA BASED ON PKJI 2023 AND VISSIM MODELING)

Disusun Oleh :

Imron Ryan Setyawan

18511076

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 21 Februari 2025

Oleh Dewan Penguji :

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.,	**Miftahul Fauziah,S.T., M.T., Ph.D.**	**Pravogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc**
NIK : 145110101	**NIK : 955110103**	**NIK : 205111303**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM

NIK:095110101

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian laporan 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, 14 Maret 2025

Yang membuat pernyataan,



Imron Ryan Setyawan

(18511076)

Dipindai dengan CamScanner

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 Telingsing. 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 Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih atas nasihat, dorongan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji. Terimakasih atas masukan yang sudah diberikan oleh penulis.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Kedua Orang Tua yang sangat penulis sayangi, Bapak Slamet dan Ibu Sumiyati yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang dan dukungan dalam setiap langkah yang penulis ambil dalam menuntut ilmu.
5. Teman – teman surveyor yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan survey.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL I

LEMBAR PENGESAHAN II

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI III

KATA PENGANTAR IV

DAFTAR ISI V

DAFTAR TABEL IX

DAFTAR GAMBAR XII

DAFTAR LAMPIRAN XIII

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN XIV

ABSTRAK XVI

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4

2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal PKJI 2023 4

2.2 Peningkatan Kinerja Simpang dengan Software VISSIM 5

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Peneletian Sekarang 7

BAB III LANDASAN TEORI 10
3.1 Persimpangan jalan 10
3.2 Jenis Persimpangan 11
3.3 Simpang Tak Bersinyal Menurut PKJI 2023 14
3.3.1 Arus Lalu Lintas 14
3.3.2 Kapasitas 15
3.3.3 Derajat Kejenuhan 16
3.3.4 Tundaan 16
3.3.5 Peluang Antrean 18
3.4 Simpang APPIL Menurut PKJI 2023 19
3.4.1 Tipe Pendekat 20
3.4.2 Satuan Mobil Penumpang 20
3.4.3 Arus Jenuh 21
3.4.4 Rasio Arus 24
3.4.5 Waktu Siklus dan Waktu Hijau 25
3.4.6 Kapasitas Simpang APILL 26
3.4.7 Derajat Kejenuhan 27
3.5 Perilaku Lalu Lintas 27
3.5.1 Panjang Antrean 27
3.5.2 Rasio Kendaraan Henti 28
3.5.3 Tundaan 30
3.6 Pemodelan *VISSIM* 30
3.6.1 Bagian-bagian *Software* PTV VISSIM 32
3.6.2 Langkah-langkah Pengoperasian *Software* PTV VISSIM 41
3.6.3 Kalibrasi dan Validasi *Software* PTV VISSIM 45
3.7 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas 47
3.8 Tingkat Pelayanan Simpang 48
BAB IV METODE PENELITIAN 49
4.1 Jenis Penelitian 49

4.2 Metode Pengumpulan Data 49
4.2.1 Data Penelitian 49
4.2.2 Peralatan Penelitian 51
4.2.3 Waktu Penelitian 52
4.2.4 Survei Data Lalu Lintas 52
4.3 Analisis Data 54
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 58
5.1 Pengumpulan Data 58
5.1.1 Kondisi Geometri Simpang 58
5.1.2 Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan PKJI 2023 59
5.1.3 Data Kecepatan Kendaraan 60
5.2 Data Sekunder 61
5.3 Analisis Kinerja Simpang Eksisting dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. 61
5.3.1 Analisis Simpang Berdasarkan PKJI 2023 61
5.3.2 Perhitungan Kapasitas 66
5.3.3 Derajat Kejenuhan 67
5.3.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas 67
5.3.5 Penentuan Tingkat Pelayanan Simpang 69
5.3.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang 69
5.4 Analisis Kinerja Simpang Eksisting dengan VISSIM 70
5.4.1 Kalibrasi dan Validasi Pemodelan dengan PTV VISSIM 70
5.4.2 Hasil Pemodelan VISSIM Sebelum Kalibrasi 71
5.5 Alternatif Solusi Peningkatan Kinerja Simpang 74
5.5.1 Alternatif Solusi 1 Pelebaran Pada Jalan Kyai Telingsing Menjadi 4 m 74
5.5.2 Alternatif Solusi 2 Pelebaran Jalan Kyai Telingsing Sebesar 4 m dan Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 130 detik dengan 4 fase 76
5.5.3 Alternatif Solusi 3 Pelebaran Jalan Kyai Telingsing Sebesar

4 m dan Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 100 detik dengan 3 fase 80
5.6 Pembahasan Kinerja Simpang 83
5.6.1 Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan 84
5.6.2 Perbandingan Nilai Panjang Antrean 85
5.6.3 Perbandingan Nilai Tundaan 86
5.6.4 Perbandingan Kinerja Simpang 87
5.6.5 Prediksi 5 Tahun Mendatang 88
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 91
6.1 Kesimpulan 91
6.2 Saran 92
LAMPIRAN 95
DAFTAR PUSTAKA 93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang	8
Tabel 3.1	Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Tak Bersinyal	15
Tabel 3.2	Tipe Pendekat	20
Tabel 3.3	Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal	21
Tabel 3.4	Faktor Koreksi Ukuran Kota	22
Tabel 3.5	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	22
Tabel 3.6	Waktu Siklus Yang Layak	26
Tabel 3.7	Penjelasan Menu *File*	32
Tabel 3.8	Penjelasan Menu *Edit*	34
Tabel 3.9	Penjelasan Menu *View*	34
Tabel 3.10	Penjelasan Menu *List*	36
Tabel 3.11	Penjelasan Menu *Base Data*	37
Tabel 3.12	Penjelasan Menu *Traffic*	38
Tabel 3.13	Penjelasan Menu *Control*	38
Tabel 3.14	Penjelasan Menu *Simulation*	39
Tabel 3.15	Penjelasan Menu *Evaluation*	39
Tabel 3.16	Penjelasan Menu *Presentation*	40
Tabel 3.17	Penjelasan Menu *Help*	40
Tabel 3.18	Ketentuan Nilai Error Rumus Statistik *Geoffery E. Havers*	46
Tabel 3.19	Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE	46
Tabel 3.20	Tingkat Pelayanan Pada Simpang 54	48
Tabel 5.1	Data Geometri Simpang	59
Tabel 5.2	Volume Lalu Lintas Simpang Telingsing	59
Tabel 5.3	Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan	60

Tabel 5.4	Data Panjang Antrean	61
Tabel 5.5	Volume Lalu Lintas Simpang Telingsing	63
Tabel 5.6	Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Simpang	70
Tabel 5.7	Perubahan Konfigurasi *Driving Behaviour*	71
Tabel 5.8	Hasil Uji GEH Setelah Kalibrasi	72
Tabel 5.9	Uji MAPE Setelah Kalibrasi	73
Tabel 5.10	Panjang Antrean Hasil Permodelan VISSIM	73
Tabel 5.11	Hasil Tundaan Permodelan VISSIM	74
Tabel 5.12	Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	74
Tabel 5.13	Hasil Alternatif Solusi 1 Berdasarkan PKJI 2023	75
Tabel 5.14	Panjang Antrean Hasil Permodelan VISSIM	75
Tabel 5.15	Hasil Tundaan Permodelan VISSIM	76
Tabel 5.16	Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	76
Tabel 5.17	Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus Berdasarkan PJKI 2023	77
Tabel 5.18	Rekapitulasi Perhitungan Waktu Siklus	77
Tabel 5.19	Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 2	78
Tabel 5.20	Rekapitulasi Panjang Antrean	79
Tabel 5.21	Tundaan Hasil Permodelan VISSIM	79
Tabel 5.22	Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	79
Tabel 5.23	Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus	80
Tabel 5.24	Rekapitulasi Perhitungan Waktu Siklus	81
Tabel 5.25	Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 3	81
Tabel 5.26	Rekapitulasi Panjang Antrean	82
Tabel 5.27	Tundaan Hasil Permodelan VISSIM	82
Tabel 5.28	Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM	83
Tabel 5.29	Perbandingan Derajat Kejenuhan	84
Tabel 5.30	Perbandingan Panjang Antrean	85
Tabel 5.31	Perbandingan Nilai Tundaan	86
Tabel 5.32	Perbandingan Kinerja Simpang Telingsing	87
Tabel 5.33	Jumlah Kendaraan Bermotor Kabupaten Kudus	

	2018 –2022	89
Tabel 5.34	Pertumbuhan Arus Kendaraan Tiap Tahun	90
Tabel 5.35	Derajat Kejenuhan Tiap Tahun Sesuai Alternatif I	90
Tabel 5.36	Tundaan Tiap Tahun	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Simpang Telingsing Kudus	2
Gambar 3.1	Grafik BSH Pemilihan Jenis Simpang	11
Gambar 3.2	Jenis Persimpangan Jalan Sebidang	13
Gambar 3.3	Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang	13
Gambar 3.4	Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang	14
Gambar 3.5	Peluang Antrean pada Simpang Sebagai Fungsi DJ	19
Gambar 3.6	Faktor Penyesuaian Kelandaian	23
Gambar 3.7	Faktor Penyesuaian Parkir	24
Gambar 3.8	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	24
Gambar 3.9	Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata	28
Gambar 3.10	Penentuan Rasio Kendaraan Henti	29
Gambar 3.11	Tampilan Interface Software PTV Vissim	32
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 5.1	Denah Geometri Eksisting	58
Gambar 5.2	Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Pagi (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023	64
Gambar 5.3	Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023	65
Gambar 5.4	Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Sore (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023	65
Gambar 5.5	Diagram Waktu Siklus Simpang Telingsing pada Alternatif 2	78
Gambar 5.6	Diagram Waktu Siklus Simpang Telingsing pada Alternatif 3	81
Gambar 5.7	Histogram Perbadingan Derajat Kejenuhan	84
Gambar 5.8	Histogram Perbandingan Panjang Antrean	85
Gambar 5.9	Histogram Perbandingan Nilai Tundaan	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kecepatan Kendaraan	97
Lampiran 2 Data Volume Lalu Lintas	98
Lampiran 3 Data Driving Bahaviour	108

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL	= Alat pemberi lampu isyarat
At	= Data observasi
BKiJT	= Belok kiri jalan terus
C	= Kapasitas simpang
Co	= Kapasitas dasar simpang
Dj	= Derajat Kejenuhan
EMP	= Ekuivalensi mobil penumpang
F_G	= Faktor kelandaian
Ft	= Data model simulasi
F_{LP}	= Faktor koreksi lebar rata-rata pendekat
F_M	= Faktor koreksi tipe median
FP	= Faktor parkir
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
FR_{mi}	= Faktor koreksi rasio arus jalan minor
GEH	= *Geoffrey E.Havers*
J	= Arus dasar
J_0	= Arus jenuh dasar
KS	= Kendaraan sedang
L_{BKiJT}	= Lajur belok kiri jalan terus
L_E	= Lebar efektif
L_M	= Lebar masuk
L_K	= Lebar keluar
L_P	= Lebar parkir

L_{RP} = Lebar rata-rata pendekat

MAPE = Mean Absolute Percentage Error

MKJI 1997 = Manual Kapsitas Jalan Indonesia 1997

MP = Mobil penumpang

N = Jumalah data

Nq = Jumlah rata-rata antrian kendaraan

Pa = Peluang Antrian atau Panjang antrian

PKJI 2023 = Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

q = Arus lalu lintas

q_{LRS} = Arus lalu lintas lurus

q_{Bka} = Arus lalu lintas belok kanan

q_{BKi} = Arus lalu lintas belok kiri

R_{BKiJT} = Rasio belok kiri jalan terus

RKH = Rasio kendaraan henti

R_{KTB} = Rasio kendaraan tidak bermotor

R_{mi} = Rasio arus jalan minor

S = Waktu siklus

SM = Sepeda motor

SMP = Satuan mobil penumpang

T = Tundaan

TLL = Tundaan lalu lintas

TLL_{ma} = Tundaan lalu lintas jalan mayor

TLL_{mi} = Tundaan lalu lintas jalan minor

T_G = Tundaan geometri

W_{MS} = Waktu merah semua

W_{HH} = Waktu hijau hilang

W_K = Waktu kuning

ABSTRAK

Daerah Kabupaten Kudus merupakan salah satu wilayah yang pesat dalam perkembangannya, khususnya jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun. Dampak peningkatan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang terjadi di Daerah Kabupaten Kudus pada persimpangan simpang tak bersinyal Telingsing yang menjadi titik kemacetan lalu lintas. Pengaturan lalu lintas pada persimpangan ini belum bekerja dengan baik yang menyebabkan kondisi pergerakan lalu lintas tidak beraturan yang menyebabkan terjadinya arus lalu lintas pada persimpangan tersebut sangat padat. Banyak kendaraan yang melintas memotong arus dan banyak kendaraan yang tidak saling mengalah untuk menyebrang sehingga menimbulkan kemacetan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja kondisi eksisting dan usulan alternatif solusi penanganan pada simpang.

Penelitian ini didapat dua data yang diperoleh yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data lalu lintas, data kecepatan, dan panjang antrean, data tundaan, dan data *driving behaviour*. Data sekunder meliputi data jumlah penduduk. Setelah didapat dua data tersebut kemudian dianalisis menggunakan Microsoft Exel yang kemudian dimodelkan dengan *software* VISSIM. Setelah pemodelan VISSIM valid maka dilakukan analisis kinerja simpang sehingga didapatkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, tundaan, dan tingkat pelayanan. Kemudian setelah dilakukan perbandingan hasil perhitungan PKJI 2023 dengan pemodelan VISSIM dilakukan usulan alternatif solusi yang tepat untuk meningkatkan kinerja simpang.

Berdasarkan hasil PKJI 2023 yang didapat pada kondisi eksisting, derajat kejenuhan pada Simpang Telingsing sebesar 0,8. Tundaan simpang sebesar 10,49 detik/smp dengan tingkat pelayanan C berdasarkan waktu tundaan. Berdasarkan pemodelan VISSIM yang didapat pada kondisi eksisting, diperoleh waktu tundaan sebesar 15,182 det/smp dengan tingkat pelayanan C. Terdapat 3 alternatif solusi yang dimodelkan pada penelitian ini. Pada alternatif 1 dilakukan pelebaran jalan pada kondisi eksisting sebesar 4 m. Berdasarkan perhitungan PKJI 2023 diperoleh nilai derajat kejenuhan sebesar 0,77, waktu tundaan sebesar 10,2 det/smp. Berdasarkan pemodelan VISSIM didapatkan waktu tundaan sebesar 10,8 det/smp dengan tingkat pelayanan B. Alternatif 2 dilakukan penambahan sinyal 4 fase dengan waktu 130 detik. Berdasarkan perhitungan PKJI 2023 didapatkan nilai derajat kejenuhan pada lengan Barat sebesar 0,998, lengan Timur sebesar 0,998, lengan Selatan sebesar 0,999, dan lengan Utara sebesar 0,999. Waktu tundaan sebesar 58,5 det/smp dengan tingkat pelayanan E. Berdasarkan pemodelan VISSIM didapatkan nilai tundaan sebesar 88,9 det/smp dengan tingkat Pelayanan F. Alternatif 3 dilakukan penambahan sinyal 3 fase dengan waktu siklus 100 detik. Berdasarkan perhitungan PKJI 2023 didapatkan nilai derajat kejenuhan pada lengan Barat sebesar 0,93, lengan Timur sebesar 0,93, dan lengan Utara sebesar 0,999 nilai tundaan sebesar 39,238 det/smp dengan tingkat pelayanan C. Berdasarkan pemodelan VISSIM didapatkan nilai tundaan sebesar 66,56 det/smp dengan tingkat pelayanan D.

Kata Kunci : evaluasi kinerja, PKJI 2023, simpang tak bersinyal, dan VISSIM.

ABSTRACT

The Kudus Regency is one of the regions experiencing rapid development, particularly with a continuously growing population each year. The impact of increasing population growth and economic development in Kudus Regency has led to traffic congestion at the unsignalized Telingsing intersection. Traffic management at this intersection has not been effective, resulting in unregulated traffic flow and severe congestion. Many vehicles cut across traffic flow, and the lack of yielding behavior among drivers further worsens traffic conditions. This study aims to analyze the performance of existing traffic conditions and propose alternative solutions for improving the intersection.

This study obtained two types of data: primary data and secondary data. Primary data include traffic volume, speed data, queue length, delay data, and driving behavior data. Secondary data consist of population data. After collecting both types of data, they were analyzed using Microsoft Excel and then modeled using VISSIM software. Once the VISSIM model was validated, an intersection performance analysis was conducted to determine the saturation degree, queue length, delay, and level of service. After comparing the PKJI 2023 calculation results with the VISSIM model, appropriate alternative solutions were proposed to improve the intersection's performance.

Based on the PKJI 2023 results for existing conditions, the saturation degree at the Telingsing Intersection was 0.8. The intersection delay was recorded at 10.49 seconds per vehicle (smp), with a level of service (LOS) of C based on delay time. According to the VISSIM model for existing conditions, the delay time was found to be 15.182 seconds per vehicle, also with a level of service C. Three alternative solutions were modeled in this study. In Alternative 1, road widening was carried out by 4 meters in the existing condition. Based on the PKJI 2023 calculations, the saturation degree was 0.77, and the delay time was 10.2 seconds per vehicle. According to the VISSIM model, the delay time was 10.8 seconds per vehicle, with a level of service B. In Alternative 2, a four-phase traffic signal was added with a cycle time of 130 seconds. Based on PKJI 2023 calculations, the saturation degree was 0.998 for the west approach, 0.998 for the east approach, 0.999 for the south approach, and 0.999 for the north approach. The delay time was 58.5 seconds per vehicle, with a level of service E. According to the VISSIM model, the delay time was 88.9 seconds per vehicle, with a level of service F. In Alternative 3, a three-phase traffic signal was added with a cycle time of 100 seconds. Based on PKJI 2023 calculations, the saturation degree was 0.93 for the west approach, 0.93 for the east approach, and 0.999 for the north approach. The delay time was 39.238 seconds per vehicle, with a level of service C. According to the VISSIM model, the delay time was 66.56 seconds per vehicle, with a level of service D.

***Keywords**: performance evaluation, PKJI 2023, unsignalized intersection, and VISSIM*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Kabupaten Kudus merupakan salah satu wilayah yang pesat dalam perkembangannya, khususnya jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun. Mengingat juga banyak predikat Kabupaten Kudus yang disebut sebagai kota santri dan kota budaya. Faktor - faktor tersebut yang memberikan dampak peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya. Pada tahun 2021, penduduk Kabupaten Kudus berjumlah 856.450 jiwa, dengan peningkatan penduduk sebesar 1.818 jiwa dalam 2 tahun terakhir yaitu tahun 2023 dengan jumlah penduduk sebesar 874.630 jiwa (Badan Pusat Statistika, 2023).

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi, masalah yang sering terjadi di Daerah Kabupaten Kudus yaitu kemacetan lalu lintas. Masalah ini terjadi akibat sebagian besar penduduk Daerah Kabupaten Kudus yang menggunakan kendaraan lebih pesat melebihi pertumbuhan infrastruktur. Menurut 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 Telingsing Kudus yang menjadi titik kemacetan lalu lintas.

Simpang Telingsing merupakan simpang empat tak bersinyal. Pengaturan lalu lintas pada persimpangan ini belum bekerja dengan baik. Belum adanya *traffic light* pada persimpangan Telingsing 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 Telingsing tersebut merupakan daerah padat penduduk, karena terdapat pertokoan, rumah makan, pedagang kaki lima, dan wisata religi yang berpengaruh terhadap tingginya volume lalu lintas.

Simpang Telingsing sudah dikatakan tidak efisien, maka dari itu sangat dibutuhkan pengaturan pada simpang Telingsing untuk menghindari dan meminimalisir terjadinya permasalahan-permasalahan seperti kemacetan lalu lintas dan keselamatan lalu lintas.



Gambar 1. 1 Lokasi Simpang Telingsing Kudus

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja dan tingkat pelayanan persimpangan Telingsing Kudus pada kondisi eksisting saat ini dengan metode PKJI 2023?
2. Bagaimana alternatif solusi penanganan di simpang Telingsing Kudus dengan menggunakan *software vissim*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan di lakukannya tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kinerja dan tingkat pelayanan lalu lintas simpang Telingsing Kabupaten Kudus pada kondisi eksisting saat ini.

2. Menentukan alternatif solusi penanganan di simpang Telingsing Kudus dengan menggunakan *software vissim*.

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 Telingsing Kudus.
3. Penelitian dilakukan dengan cara pengambilan data dilapangan secara langsung. Pencatatan melalui pengamatan visual terhadap kendaraan bermotor yang diklasifikasian kedalam 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 karena mempertimbangkan beberapa rentang waktu yang dapat mewakili kondisi padat maupun kondisi lenggang.
5. Pengambilan data dilakukan pada jam-jam sibuk dengan durasi selama 8 jam, yaitu pukul 06.00-09.00, pukul 11.00-13.00, dan pukul 15.00-18.00
6. Lokasi simpang Telingsing yang menghubungkan jalan-jalan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal PKJI 2023

Prananda (2023) menganalisis kinerja simpang Cebongan menggunakan metode 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 antrean 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.

Hajia (2020) menyatakan bahwa transportasi mempunyai peran penting terhadap pergerakan manusia terkhususnya di Kota Baubau. Peningkatan volume lalu lintas Kota Baubau dari tahun ke tahun mengalami peningkatan sehingga kinerja lalu lintas mengalami penurunan. Salah satu lokasi yang mengalami dampak

berkurangnya kinerja lalu lintas yaitu Jalan Anoa Kota Baubau. Untuk menganalisis perilaku lalu lintas dapat dilakukan dengan dua metode yaitu dengan metode MKJI 1997 dan PKJI 2014. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku lalu lintas dengan membandingan kedua metode tersebut. Penelitian ini dilakukan selama 3 hari dimulai dari jam 08.00 – 16.00 WITA dengan interval waktu penelitian diambil selama 15 menit dan tipe jalan yaitu 2/2 UD. Hasil penelitian didapatkan dari dua metode tersebut memberikan hasil yang sama dimana perilaku lalu lintas di Jalan Anoa memiliki tingkat pelayanan jalan tipe B dengan nilai V/C adalah 0,38 < 0,75 sehingga pada ruas jalan tersebut tidak perlu dilakukan pelebaran jalan, ataupun penambahan jalur. Kedua metode tersebut juga memberikan hasil sama untuk nilai derajat kejenuhannya sehingga untuk untuk menganalisis perilaku lalu lintas bisa dengan menggunakan metode MKJI 1997 ataupun PKJI 2014.

2.2 Peningkatan Kinerja Simpang dengan Software VISSIM

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 refrensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

Firdaus (2024) melakukan penelitian yang memiliki beberapa tujuan yaitu untuk mengetahui kinerja pada kondisi eksisting serta memberikan alternatif solusi penerapan koordinasi antara kedua simpang. Berdasarkan hasil penelitian berdasarkan PKJI 2023 menunjukan hasil bahwa nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting simpang 4 Cebongan sebesar 0,8 dan pada simpang 3 Taman Ringin cebongan sebesar 0,52. Terdapat dua alternatif untuk mengatasi panjang antrean yang terjadi. Kedua solusi alternatif yang diterapkan menggunakan waktu siklus yang sama yaitu 100 detik, namun berbeda jumlah fase pada simpang 4 Cebongan, solusi alternatif 1 menggunakan 4 fase, sementara pada solusi alternatif 2 menggunakan 3 fase. Koordinasi simpang yang lebih efektif yaitu menggunakan solusi alteratif 1 yaitu dengan waktu siklus 100 detik pada kedua simpang dengan

4 fase pada simpang Cebongan dan 3 fase pada simpang 3 Ringin Cebongan sehingga didapatkan nilai *bandwidth* pada alternatif 1 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 29% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi bandwidth sebesar 19%. Jadi diharapkan dengan penerapan solusi alternatif 1 ini dapat mengurangi panjang antrean dan tundaan pada kedua simpang sehingga permasalahan panjang antrean yang saling mengganggu antar simpang pada jam puncak dan waktu tempuh untuk melintasi kedua simpang dapat dikurangi.

Penelitian tentang kinerja persimpangan juga dilakukan oleh Tento (2023) yang memiliki tujuan Untuk mengetahui kondisi eksisting serta mendapatkan data guna untuk menanggulangi kemacetan yang terjadi. Hasil dari penelitian tersebut dapat digunakan untuk menanggulangi kemacetan yang terjadi serta digunakan sebagai evaluasi guna menekan angka kemacetan pada lokasi yang ditinjau. Didapatkan hasil berupa waktu siklus sebesar 174 detik dengan 4 fase. Tiap pendekat memiliki fase tersendiri dan pada pendekat Selatan memiliki LTOR. Kemudian didapatkan Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,80, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 1,00, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,70, dan Jalan Padjajaran (timur) sebesar 0,98. Panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 65,10 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 250,45 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 60,50 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 249,91 m. Waktu tundaan simpang sebesar 91,93 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi berupa pengaturan 5 fase simpang dan penyesuaian waktu siklus menjadi 155 detik merupakan alternatif yang paling efektif. Tiap pendekat memiliki fase sendiri. Pada pendekat Timur dan Barat ketika lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau bersamaan. Pada pendekat selatan memiliki LTOR. Derajat kejenuhan pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,68, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,75, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,69, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,69. Panjang antrean pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 35,25 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 65,21 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 47,97 m, dan Jalan

Padjajaran (Timur) sebesar 68,82 m. Waktu tundaan simpang sebesar 59,58 detik dengan tingkat pelayanan E.

Ilham (2021) melakukan penelitian tentang koordinasi simpang bersinyal Demangan dan Simpang bersinyal UIN Sunan Kalijaga yang terletak di kota Yogyakarta. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *software Vissim* dan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997). Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui kinerja simpang bersinyal Demangan dan Simpang bersinyal UIN Sunan Kalijaga pada kondisi eksisting serta mengetahui alternatif pemecahan masalah yang tepat. Hasil analisis berupa derajat kejenuhan (DS), panjang antrian (QL) dan tundaan (Delay). Koordinasi simpang dilakukan dengan cara mengganti waktu siklus baru pada kedua simpang dengan melakukan perencanaan waktu siklus terbaik. Waktu siklus yang terpilih yaitu 130 detik, kinerja simpang menjadi lebih baik karena derajat kejenuhan dan tundaan menurun. Penurunan derajat kejenuhan yang signifikan pada Simpang Demangan lengan Utara sebesar 11,11% dan Timur sebesar 14,67% kemudian pada Simpang UIN lengan Selatan sebesar 16,50%, dan lengan Barat 10,84%. Nilai tundaan juga mengalami penurunan pada lengan Utara sebesar 1,45% dan Timur sebesar 9,25% kemudian pada Simpang UIN lengan Selatan sebesar 55,56%, dan lengan Barat 1,63%. Untuk hasil koordinasi simpang Demangan menuju simpang UIN dengan menggunakan waktu offset sebesar 80,42 detik dan diperoleh nilai bandwidth sebesar 50 detik. Untuk arah simpang UIN menuju simpang Demangan dengan nilai offset sebesar 78,75 detik dan diperoleh nilai *bandwidth* sebesar 45 detik.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Peneletian Sekarang

Dari tinjauan pustaka di atas, maka diperoleh rincian seperti Tabel 2.1 dibawah ini mengenai perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Judul	Lokasi	Jenis Simpang	Metode Penelitian	Penggunaan Perangkat Lunak
Firdaus (2024)	Koordinasi Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan Dengan Permodelan PTV VISSIM	Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan, Sleman, Yogyakarta	Simpang 4 Lengan	Menggunakan PKJI 2023	*Software VISSIM*
Tento (2023)	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Monumen Jogja Kembali	Simpang Bersinyal Monumen Kembali Yogyakarta	Simpang 4 Bersinyal	Menggunakan Pedoman MKJI 1997	*Software VISSIM*
Prananda (2023)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal dan Tidak Bersinyal Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023	Simpang Cebongan, Sleman	Simpang 4 Tak Bersinyal	PKJI 2023 dan MKJI 1997	*Software VISSIM*

Sumber : Firdaus (2024), Tento (2023), Prananda (2023)

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Judul	Lokasi	Jenis Simpang	Metode Penelitian	Penggunaan Perangkat Lunak
Ilham (2021)	Kinerja koordinas Simpang bersinyal Demangan dan Simpang bersinyal UIN Sunan Kalijaga	Simpang bersinyal Demangan dan Simpang bersinyal UIN Sunan Kalijaga	Simpang 4 Bersinyal	Menggunakan Pedoman MKJI 1997	*Software VISSIM*
Hajia (2020)	Analisis Perilaku Lalu Lintas Membandingkan PKJI 2023 dan MKJI 1997	Simpang Kota Baubau, Anoa	Simpang 4 Tak Berinyal	PKJI 2023 dan MKJI 1997	*Software VISSIM*
Peneliti (2024)	Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal	Simpang Telingsing Kota Kudus Jawa Tengah	Simpang 4 Tak Bersinyal	Menggunakan Pedoman PKJI 2023	*Software VISSIM*

Sumber : Ilham (2021), Hajia (2020), Peneliti (2024)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Jalan

Persimpangan adalah elemen yang tak terpisahkan dalam setiap sistem jalan. Saat ada di dalam kota, orang dapat melihat bahwa sebagian besar jalan perkotaan umumnya dilengkapi dengan persimpangan. Pengemudi dapat 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 sistem jaringan jalan. Persimpangan memiliki peran yang penting dalam melakukan kapasitas dan waktu perjalan dalam jaringan jalan. Persimpangan perlu diatur dan dikelola dangan 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.

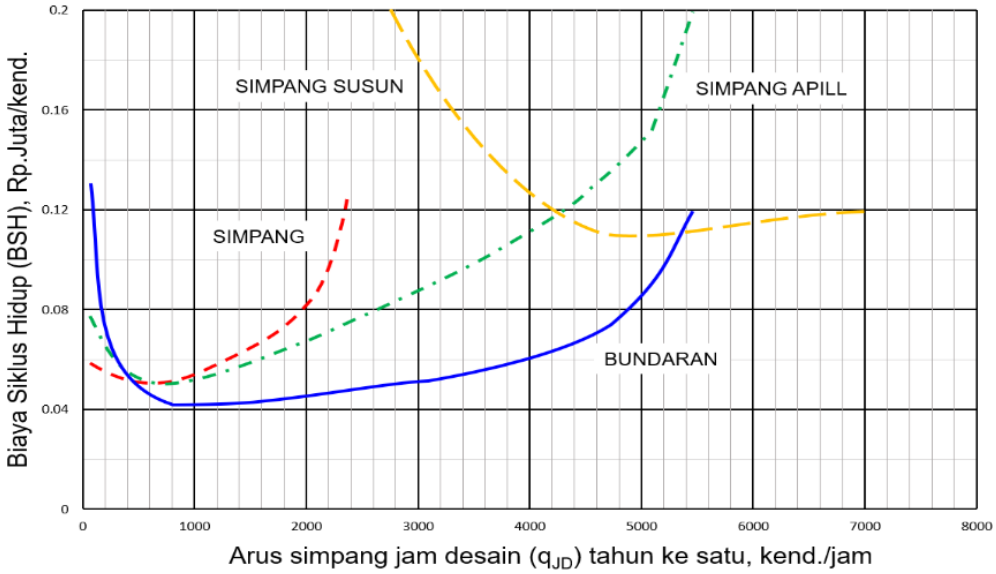
1. Volume dan kapasitas, yang mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometri jalan dan kebebasan pandang.
3. Kecelakaan dan keselamatan.
4. Parkir, akses, dan pembangunan umum.
5. Pejalan kaki.
6. Jarak antar simpang.

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 jal

Persimpangan juga merupakan bagian dari sistem lalu lintas darat yang sangat vital, maka dari itu harus didesain berdasarkan peraturan yang berlaku dengan mempertimbangkan efesiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasional, dan kapasitas. Pergerakan lalu lintas dan urutanya 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 sebgai berikut.

1. Mengurangi atau menghindari terjadi 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.

1. Persimpangan sebidang

   Persimpangan sebidang adalah di mana ruas jalan bertemu dengan suatu bidang yang sama. Terdapat beberapa jenis persimpangan yang umum digunakan dalam memdesain 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.

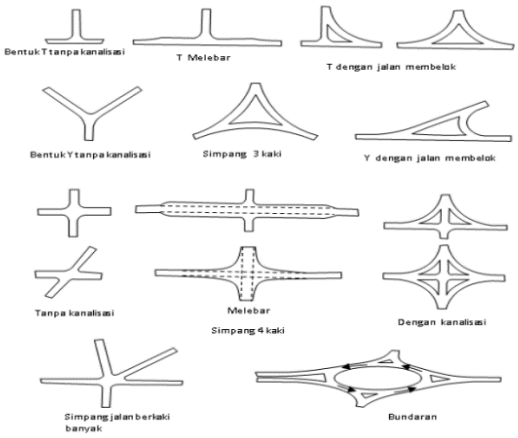
   a. Simpang tak bersinyal

      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.

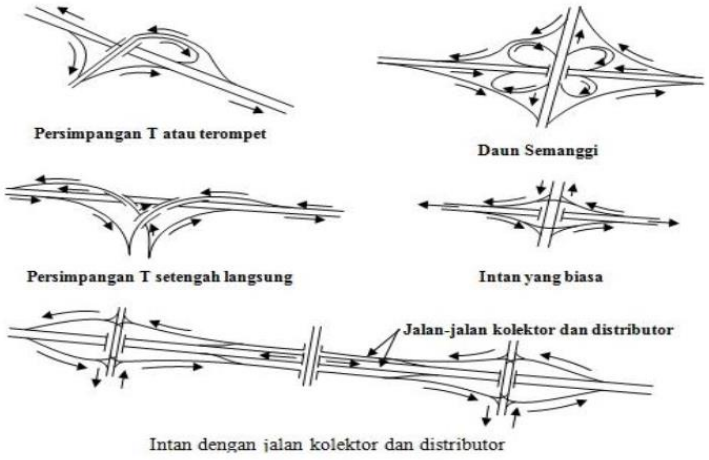
Gambaran jenis persimpangan sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.2 pada halaman selanjutnya.



Gambar 3.2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang
(Sumber: Morlok, 1991)

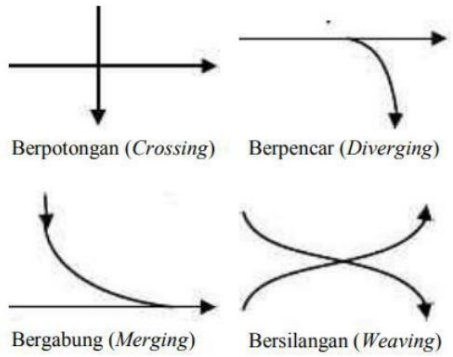
2. Persimpangan tak sebidang

Persimpangan tak sebidang yaitu persimpangan pada suatu ruas jalan dengan ruas jalan lainya 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 tebrakan. Manuver dari kendaraan dapat dibagi menjadi 4 jenis, yang bisa dilihat menjadi Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Jenis Maneuver 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 menggunakkan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$C = C_0 \text{ X } F_{LP} \text{ X } F_M \text{ X } F_{UK} \text{ X } F_{HS} \text{ X } F_{BKI} \text{ X } F_{BKA} \text{ X } F_{RMI} \quad (3.1)$$

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 tpe 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, 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 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 kedalam 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 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 $D_J > 0{,}6$

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

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 berikut.

   a. Untuk DJ ≤ 0,6

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

   b. Untuk DJ > 0,6

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

3. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (TLLmi)

   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 berikut.

   $$T_{LLmi} = \frac{qKB \times TLL - qma \times TLLma}{qmi} \quad (3.7)$$

   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 berikut.

a. Untuk DJ < 1

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

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 lajur simpang.

5. Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 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 berikut.

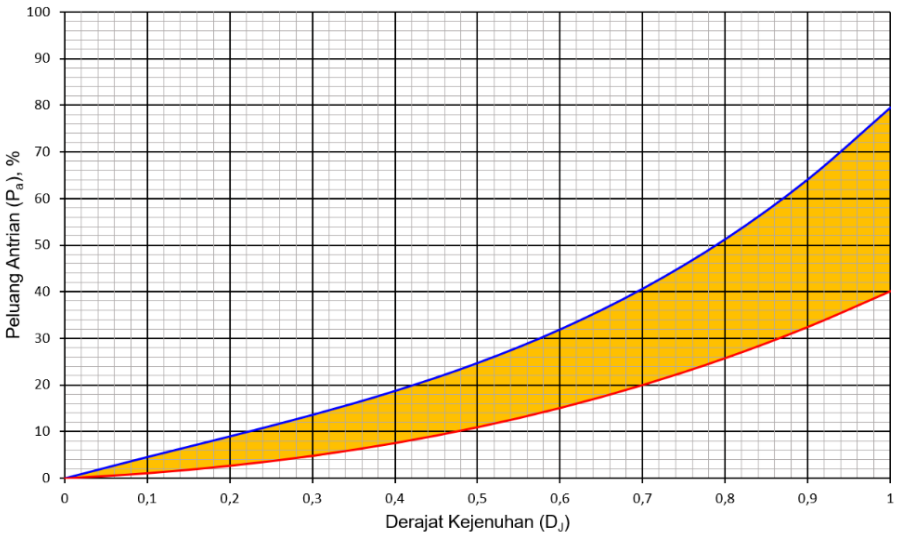
1. Batas atas peluang

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

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 Pa juga dapat ditentukan menggunakan grafik peluang Peluang antrean (P_a, %) pada simpang sebagai fungsi dari D_J. Grafik peluang Peluang antrean (Pa, %) pada simpang sebagai fungsi dari D_J dapat dilihat pada Gambar 3.5 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

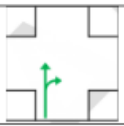
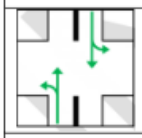
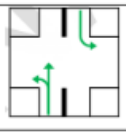
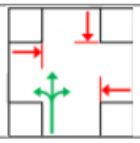
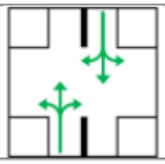
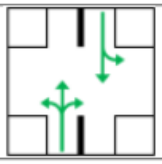
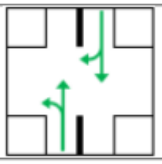
Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa simpang APILL merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya. APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas merupakan alat yang digunakan untuk mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan 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 berikut.

Tabel 3.2 Tipe Pendekat

<table>
<tr><th>Tipe Pendekat</th><th>Keterangan</th><th colspan="3">Contoh Pola Pendekatan</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Terlindung (Tipe P)</td><td rowspan="6">Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan</td><td>Jalan satu arah</td><td>Jalan satu arah</td><td>Simpang 3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, belok kanan dibatasi</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Terlawan (Tipe O)</td><td>Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan</td><td colspan="3">Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

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 24 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 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 berikut.

$$J = J_0 \text{ X } F_{HS} \text{ X } F_{UK} \text{ X } F_G \text{ X } F_{KBi} \text{ X } F_{BKa} \quad (3.13)$$

dengan:

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

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

F_{HS}= faktor koreksi J0 akibat hambatan samping lingkungan jalan,

F_{UK}= faktor koreksi J0 akibat ukuran kota,

F_G= faktor koreksi J0 akibat kelandaian memanjang pendekat,

F_P= faktor koreksi J0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama,

F_{BKi} = faktor koreksi J0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri, dan

F_{BKa} = faktor koreksi J0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan.

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

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

dengan:

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

Le= lebar efektif pendekat (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 berikut.

Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota

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)

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 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

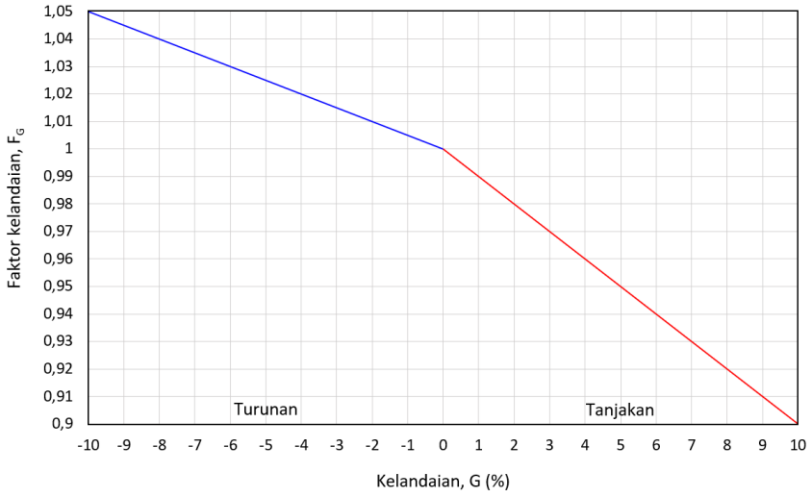
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Lanjutan Tabel 3.5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

	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

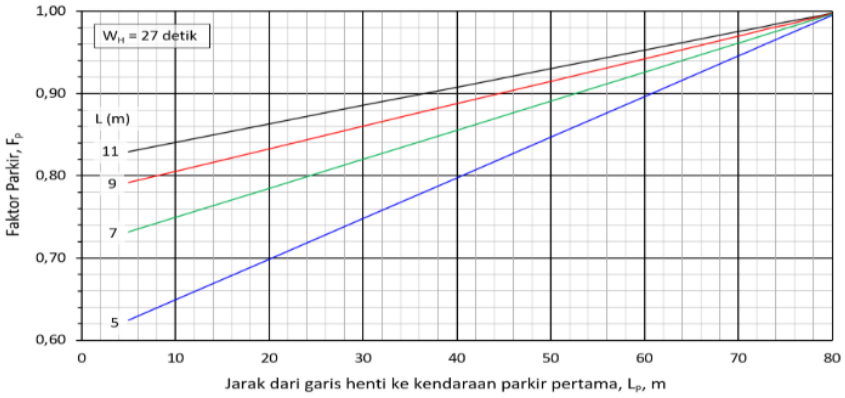
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

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

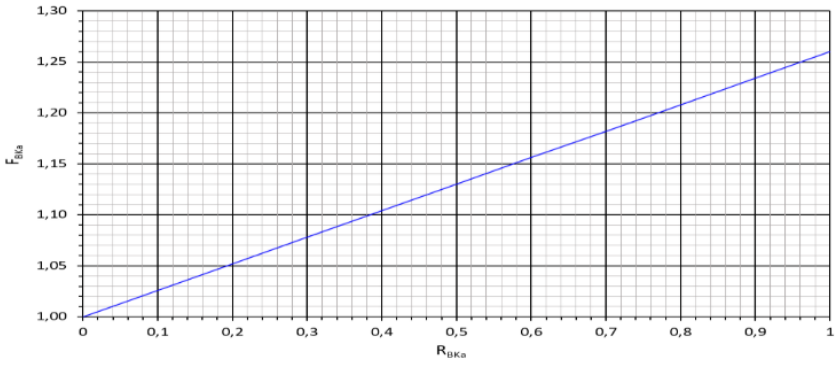


Gambar 3. 7 Faktor Penyesuaian Parkir
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) diketahui rasio kendaraan yang belok kanan (R_{BKa}). Untuk mendapatkan nilai dari F_{BKa} dapat dilihat dari rumus 3.15 dan 3.16 dan pada Gambar 3.8 berikut.

$$RBKa = \frac{qBKa}{qTotal} \quad (3.15)$$

$$FBKa = 1{,}0 + R_{BKa} \times 0{,}26 \quad (3.16)$$



Gambar 3. 8 Faktor Pemyesuaian Belok Kanan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.4 Rasio Arus

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh ($R_{q/J}$) perlu memperhatikan beberapa hal 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 3.17 berikut.

$$R\frac{q}{J} = \frac{q}{J} \tag{3.17}$$

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 3.18 berikut.

$$s = \frac{(1{,}5 \times \mathrm{WHH} + 5)}{(1 - \Sigma \mathrm{Rq/Jkritis}} \tag{3.18}$$

   dengan:

   s = waktu siklus (detik),

   WHH = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik), dan

   Rq/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 3.19 berikut.

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{\text{Rq/j kritis}}{\Sigma i\ (\text{Rq/j kritis})i} \quad (3.19)$$

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 3.20 sebagai berikut.

$$C = J \times \frac{WH}{s} \quad (3.20)$$

dengan:

C = kapasitas Simpang APILL (SMP/jam),

J = arus jenuh (SMP/jam),

WH = 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 3.21 sebagai berikut.

$$DJ = \frac{q}{C} \quad (3.21)$$

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.

3.5 Perilaku Lalu Lintas

3.5.1 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 3.22, Persamaan 3.23, dan Persamaan 3.24 sebagai berikut.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.22)$$

Untuk DJ > 0,5.

$$N_{q1} = 0{,}25 \times s \times [(D_j\text{-}1) + \sqrt{(Dj - 1) + \frac{8\,x\,(Dj - 0{,}5}{s}}\,] \quad (3.23)$$

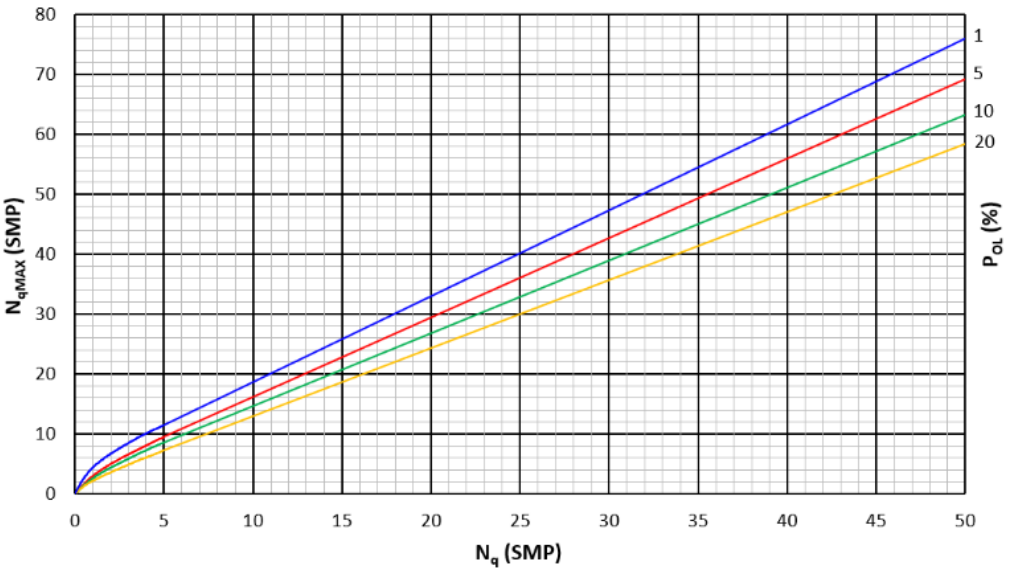
Untuk D_J < 0,5

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-Rh)}{(1-Rh\ x\ Dj)} \times \frac{q}{3600} \quad (3.24)$$

Panjang antrean (PA) dapat diperoleh dengan mengalikan jumlah rata-rata antrean kendaraan (Nq) 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 3.25 sebagai berikut.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{Lm} \quad (3.25)$$

Untuk nilai dari NQ_{MAX} diperoleh dengan cara menghubungkan nilai NQ_{Total} dengan probabilitas overloading Pol (%). Disarankan Pol = 5-10%. Nilai dari NQ_{MAX} dapat dilihat dalam Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3. 9 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.5.2 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 3.26 sebagai berikut.

$$R_{KH} = 0{,}9 \times \frac{Nq}{q\ x\ s} \times 3600 \qquad (3.26)$$

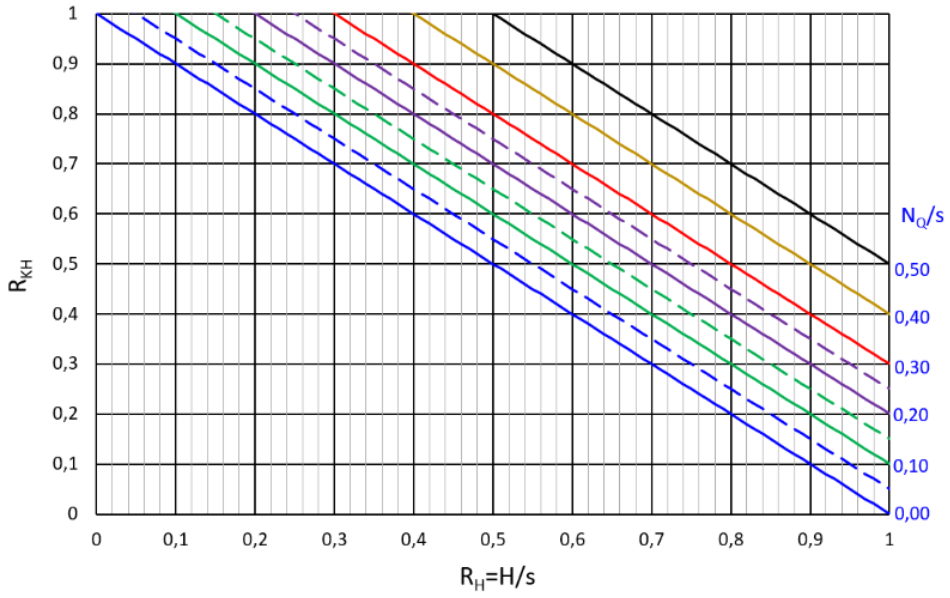
dengan:

Nq = 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 3.27 sebagai berikut.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \qquad (3.27)$$

3.5.3 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. 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 pendekat bisa dilihat pada Persamaan 3.28 sebagai berikut.

$$T_{LL} = s \times \frac{0{,}5 \times (1 - RH)\ 2}{(1 - RH)\ 2\ (1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C} \quad (3.28)$$

2. Tundaan Geometri (TG)

   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 3.29 sebagai berikut.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.29)$$

dengan:

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

3. Tundaan rata-rata (Ti)

   Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat Ti dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.30 sebagai berikut.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (3.30)$$

3.6 Pemodelan *VISSIM*

VISSIM (*Verkehr in Stadten 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

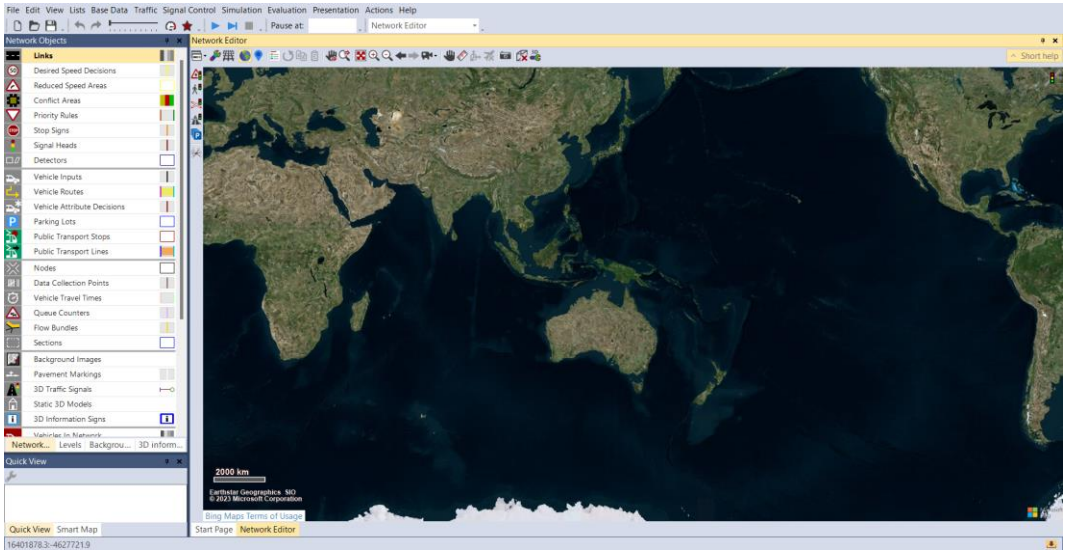
PTV VISSIM menyediakan lingkungan simulasi yang komprehensif untuk memodelkan perilaku kendaraan, pejalan kaki, dan pengguna jalan lainnya di jalan raya, jalan perkotaan, simpang, dan lingkungan transportasi lainnya. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk mempelajari dan menganalisis interaksi 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.

3.6.1 Bagian-bagian *Software* PTV VISSIM

Pada tampilan *interface software* PTV VISSIM, terdapat beberapa menu perintah yang berfungsi untuk melaksanakan atau membuka perintah sesuai dengan ikon yang dipilih. Tampilan *interface software* PTV VISSIM dan penjelasan masing-masing menu yang ada dapat dilihat pada Gambar 3.11 sebagai berikut.



Gambar 3.11 Tampilan *Interface Software* PTV VISSIM

Penjelasan menu-menu pada PTV VISSIM dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menu *File*

   Menu *file* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.7 Penjelasan Menu *File*

Menu	Keterangan
New	Untuk membuat program PTV VISSIM baru
Open	Membuka *File* program

Lanjutan Tabel 3.7 Penjelasan Menu *File*

Menu	Keterangan
Open Layout	Baca di tata letak *file *.lyx* dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
Open Default Layout	Baca *default file layout *.lyx* dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
Read Addiionally	Buka *File* program selain program yang ada
Save	Untuk menyimpan program yang sedang dibuka
Save As	Menyimpan program ke jalur yang baru atau menyalin secara manual ke folder baru
Save Layout As	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke *file layout *.lyx*
Save Layout as Default	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke *file layout default*
Import	*Import* data ANM dari *VISSUM*
Eksport	Mulai *eksport* data ke *PTV VISSUM*
Open Working Directory	Membuka Windows Explorer di direktori kerja saat ini
EXIT	Menutup atau mengakhiri program PTV VISSIM

Sumber: *PTV-AG* (2016)

2. Menu *Edit*
   Menu *edit* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3.8 Penjelasan Menu *Edit*

Menu	Keterangan
Undo	Untuk kembali ke perintah sebelumnya
Redo	Untuk kembali ke perintah sesudahnya
Rotate Network	Masukkan sudut sekitar jaringan yang diputar
Move Network	Memindahkan jaringan
User Preferences	a. Pilih bahasa antarmuka penggunaan PTV VISSIM b. Kembalikan pengaturan *default* c. Tentukan penyisipan obyek jaringan di jaringan editor d. Tentukan jumlah fungsi terakhir dilakukan yang akan disimpan

Sumber: *PTV-AG* (2016)

3. Menu *View*
   Menu *view* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3.9 Penjelasan Menu *View*

Menu	Keterangan
Open New Network Editor	Tambah baru jaringan editor sebagai daerah lain
Network Objects	Membuka jaringan *toolbar* objek
Levels	Membuka *toolbar* tingkat
Background	Membuka *toolbar background*
Quick View	Membuka *Quick View*
Smart Map	Membuka *Smart Map*

Lanjutan Tabel 3.9 Penjelasan Menu *View*

Menu	Keterangan
Messages	Membuka halaman, menunjukkan pesan dan peringatan
Simulation Time	Menampilkan waktu simulasi
Quick Mode	Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek jaringan berikut: a. *Vehicles in Network* b. *Pedestrians in Network* Semua jaringan lainnya yang akan ditampilkan
Simple Network Display	Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek berikut: a. *Desired Speed Decisions* b. *Reduced Speed Areas* c. *Conflict Areas* d. *Priority Rules* e. *Stop Signs* f. *Signal Heads* g. *Detectors* h. *Parking Lots* i. *Vehicle Inputs* j. *Vehicle Routes* k. *Public Transport Stops* l. *Public Transport Lines* m. *Nodes Measurements Areas* n. *Data Collection Points* o. *Pavement Markings* p. *Pedestrians Inputs* *Pedestrians Routes* q. *Pedestrian Travel Time Measurement* Semua objek jaringan yang ditampilkan: r. *Links*

Lanjutan Tabel 3.9 Penjelasan Menu *View*

Menu	Keterangan
	Background Images s. *3D Traffic Signals* t. *Static 3D Models Vehicles in Network* u. *Pedestrians in Network* v. *Areas* *Obstacles Ramps & Stairs*

Sumber: *PTV-AG* (2016)

4. Menu *List*

   Menu *list* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Penjelasan Menu *List*

Menu	Keterangan
Base Data	Daftar untuk mendefinisikan atau mengedit *Base Data*
a. *Network* b. *Intersection Control* c. *Private Transport* d. *Public Transport* *Pedestrians Traffic*	Daftar atribut objek jaringan dengan jenis objek jaringan yang dipilih
Graphics and Presentation	Daftar untuk mendefinisikan atau jaringan *editing* objek dan data, yang digunakan untuk persiapan grafis dan representasi yang realistis dari jaringan serta menciptakan presentasi dari simulasi
Measurements Results	Daftar data dari evaluasi simulasi

Sumber: *PTV-AG* (2016)

5. Menu *Base Data*

   Menu *file* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.11 sebagai berikut.

Tabel 3.11 Penjelasan Menu *Base Data*

Menu	Keterangan
Network Setting	Pengaturan *default* untuk jaringan
2D/3D Model Segment	Menentukan ruas untuk kendaraan
2D/3D Models	Membuat model 2D dan 3D untuk kendaraan dan pejalan kaki
Functions	Percepatan dan perlambatan perilaku kendaraan
Distribution	Distribusi untuk kecepatan yang diinginkan, kekuatan, berat kendaraan, waktu, lokasi, model 2D atau 3D, dan warna
Vehicle Types	Menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi teknis serupa di jenis kendaraan
Vehicle Classes	Menggabungkan jenis kendaraan
Driving Behaviors	Perilaku pengemudi
Link Behaviors Types	Tipe *link*, perilaku untuk *link* dan konektor
Pedestrians Types	Menggabungkan pejalan kaki dengan sifat yang mirip dalam jenis pejalan kaki
Pedestrians Classes	Pengelompokan dan penggabungan jenis pejalan kaki ke dalam kelas pejalan kaki
Walking Behaviors	Parameter perilaku berjalan
Area Behaviors Types	Perilaku daerah untuk jenis daerah, tangga, dan landai
Display Types	Tampilan untuk *link*, konektor, dan elemen konstruksi dalam jaringan
Levels	Level untuk bangunan bertingkat atau struktur jembatan untuk *link*
Time Intervals	Interval waktu

Sumber: *PTV-AG* (2016)

6. Menu *Traffic*

   Menu *traffic* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.12 sebagai berikut.

Tabel 3.12 Penjelasan Menu *Traffic*

Menu	Keterangan
Vehicle Compositions	Menentukan jenis kendaraan untuk komposisi kendaraan
Pedestrians Compositions	Menentukan jenis pejalan kaki untuk komposisi pejalan kaki
Pedestrian OD Matrix	Menentukan permintaan pejalan kaki atas dasar hubungan *OD*
Dynamic Assignment	Mendefinisikan tugas parameter

Sumber: *PTV-AG* (2016)

7. *Signal Control*

   Menu *control* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.13 sebagai berikut.

Tabel 3.13 Penjelasan Menu *Control*

Menu	Keterangan
Signal Controllers	Membuka daftar *Signal Controllers*: Menetapkan atau mengedit *SC*
Signal Controllers Comunication	Membuka daftar *SC Comunication*
Fixed Time Signal Controllers	Menentukan waktu dalam jaringan

Sumber: *PTV-AG* (2016)

8. Menu *Simulation*

   Menu *simulation* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.14 sebagai berikut.

Tabel 3.14 Penjelasan Menu *Simulation*

Menu	Keterangan
Parameter	Masukkan parameter simulasi
Continuous	Mulai menjalankan simulasi
Single Step	Memulai simulasi dalam mode satu langkah
Stop	Berhenti menjalankan simulasi

Sumber: *PTV-AG* (2016)

9. Menu *Evaluation*

   Menu *evaluation* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.15 sebagai berikut.

Tabel 3.15 Penjelasan Menu *Evaluation*

Menu	Keterangan
Configuration	*a. Result attribute*: mengkonfigurasi hasil tampilan atribut
	b. Direct output: konfigurasi *output* ke *file* atau *database*
Database Configuration	Mengkonfigurasi koneksi *database*
Measurement Definition	Tampilkan dan mengkonfigurasi daftar pengukuran yang diinginkan
Windows	Mengkonfirmasi waktu sinyal, catatan *SC detector* atau perubahan sinyal pada *window*
Result Lists	Menampilkan hasil atribut dalam daftar hasil

Sumber: *PTV-AG* (2016)

10. Menu *Presentation*

Menu *presentation* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.16 sebagai berikut.

Tabel 3.16 Penjelasan Menu *Presentation*

Menu	Keterangan
Camera Position	Membuka daftar *Camera Position*
Storyboards	Membuka daftar *Storyboards* atau *Keyframes*
AVI Recording	Merekam simulasi 3D sebagai *file* video dalam format *file *.avi*
3D Anti-Alising	Beralih *3D anti-alising*
Camera Position	Membuka daftar *Camera Position*

Sumber: *PTV-AG* (2016)

11. Menu *Help*

Menu *help* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.17 sebagai berikut.

Tabel 3.17 Penjelasan Menu *Help*

Menu	Keterangan
Online Help	Membuka *Online Help*
FAQ online	Menampilkan PTV VISSIM *FAQ* di halaman web dari *PTV GROUP*
Servive Pack Download	Menampilkan PTV VISSIM *& VISWALK Service Pack Download Area* pada halaman web dari *PTV GROUP*

Lanjutan Tabel 3.17 Penjelasan Menu *Help*

Menu	Keterangan
Technical Support	Menunjukkan bentuk dukungan dari PTV VISSIM Teknis *Hotline* pada halaman web dari *PTV GROUP*
Register COM	*Server* mendaftarkan PTV VISSIM sebagai *server COM*
License	Membuka jendela *License*
About	Membuka jendela *About*

Sumber: *PTV-AG* (2016)

3.6.2 Langkah-langkah Pengoperasian *Software* PTV VISSIM

Dalam proses pemodelan yang menggunakan *software* PTV VISSIM terdapat beberapa langkah-langkah dalam membuat suatu model terutama pemodelan suatu ruas jalan sebagai berikut.

1. Pengaturan *Network*, memasukkan *Background Images*, dan mengatur skala pada *Background*

   Pada tahapan ini terdapat beberapa hal yang harus dilakukan. Hal pertama yang dilakukan adalah pengaturan *Network* atau *Network Setting*. *Network Setting* bertujuan untuk menyesuaikan penggunaan jalur, yakni perubahan penggunaan jalur seperti di Eropa terkhusus Jerman menjadi penggunaan jalur seperti di Indonesia. Langkah selanjutnya adalah memasukkan *Background Images*. *Background Images* berfungsi sebagai latar dari pemodelan yang akan dikerjakan. Setelah memasukkan *Background Images* maka kita perlu melakukan penyesuaian skala antara skala pada lokasi penelitian di lapangan dan *Background Images*.
2. Pembuatan *link* dan *connectors*

   Tahapan selanjutnya adalah pembuatan *link* dan *Connectors*. *Link* adalah jalur jalan pada ruas dan *Connectors* adalah penghubung antar *links*.
3. Pembuatan dan pengaturan *vehicle inputs*, *vehicle compositions*, dan *vehicles routes*

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan dan pengaturan penginputan kendaraan (*vehicle inputs*), komposisi kendaraan (*vehicle compositions*), dan rute kendaraan (*vehicles routes*). *Vehicle input* digunakan untuk memasukkan volume arus lalu lintas selama jam puncak ke dalam simulasi. Selain volume kendaraan, dibutuhkan juga komposisi dari setiap jenis kendaraan beserta kecepatannya pada jam puncak yang akan dimasukkan dalam pengaturan *Vehicle Composition*. Setelah proses penginputan kendaraan (*Vehicle Input*) dan komposisi kendaraan (*Vehicle Composition*) selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan proses rute kendaraan (*vehicles routes*). Rute kendaraan berfungsi untuk membuat pergerakan kendaraan.

4. Pembuatan dan pengaturan *conflict areas, priority rules,* dan *reduced speed areas*

   Pada tahapan ini dilakukan pembuatan dan pengaturan *conflict areas, priority rules,* dan *reduced speed areas*. *Conflict area* digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling bertabrakan antara satu sama lain. Selain itu, *Conflict area* juga dapat digunakan untuk memberikan prioritas pada kendaraan tertentu agar mendapatkan akses jalan terlebih dahulu sesuai dengan keinginan pemodel. Selain *conflict area,* pada tahapan ini juga membuat dan melakukan pengaturan pada *priority rules*. *Priority rules* memiliki kesamaan dengan *conflict area* dalam pengaturan prioritas kendaraan, namun perbedaannya terletak pada penggunaannya. *Priority rules* digunakan untuk mengatur titik di mana kendaraan mulai menunggu, sehingga kendaraan tersebut dapat melintas saat kendaraan dari arus lain kosong atau telah melewati daerah yang telah ditentukan. *Priority rules* memungkinkan kendaraan diberi prioritas untuk melintas dengan efisien dan menghindari tumpang tindih yang tidak diinginkan. Selanjutnya, pada bagian ini juga membuat dan melakukan pengaturan pada pengurangan kecepatan atau *reduced speed*. Pengurangan kecepatan atau *reduced speed* merupakan salah satu parameter kalibrasi yang berusaha menyerupai kenyataan pengemudi dalam berkendara di jalan dan pada saat kendaraan memasuki area tertentu, seperti pada persimpangan atau area *U-turn*, maka pengemudi akan memperlambat kendaraannya.

5. Pembuatan dan pengaturan *signal controllers*

   Signal Controllers digunakan untuk mengatur lampu APILL pada jaringan jalan. Sebelum membuat *signal controllers* diperlukan data waktu persinyalan yang ada di lapangan.

6. Pembuatan dan pengaturan *data collection points*, *vehicle travel times*, *Measurement Definition*, dan *driving behaviour*

   Setelah proses desain pada pemodelan selesai maka akan dilakukan analisis data. Proses analisis yang dilakukan dapat menggunakan beberapa parameter, antara lain dengan cara memasang *Data Collection Points*, *Vehicle Travel Times*, dan *Measurement Definition*. Proses kalibrasi dilakukan dengan mengatur *Driving Behaviour* agar keadaan pada pemodelan mendekati atau sesuai dengan kenyataan yang ada. *Data Collection Points* berfungsi untuk membaca hasil volume kendaraan yang melewati *link* atau jalan per lajur pada titik yang ditentukan. Data yang dikumpulkan dari *Data Collection* Points dapat digunakan untuk memvalidasi hasil simulasi yang dijalankan dengan PTV VISSIM. Selain itu, parameter lain yang penting dalam melakukan analisis adalah *Vehicle Travel Times*. *Vehicle Travel Times* berperan dalam menghitung kecepatan perjalanan kendaraan berdasarkan jarak yang telah ditentukan, serta dapat digunakan untuk menghitung tundaan (*delay*) kendaraan yang terjadi. Parameter selanjutnya adalah *Measuremet Definition* yang berfungsi untuk pengelompokan *data collection measurement* dan *delay measurement* sehingga *data collection points* dan *vehicle travel times* yang sudah diatur dapat keluar pada hasil *running*. Parameter yang terakhir adalah *Driving Behaviour* atau perilaku pengemudi. Parameter-parameter ini merupakan bagian dari PTV VISSIM yang memiliki pengaruh langsung terhadap kondisi antar kendaraan. *Driving Behaviours* harus disesuaikan dengan kondisi saat ini di lapangan agar simulasi yang dibuat pada *software* PTV VISSIM dapat mewakili kondisi lapangan. Pengaturan ini disebut sebagai proses kalibrasi. Apabila hasil dari pemodelan pada *Software* PTV VISSIM tidak dapat mewakili kondisi di lapangan maka diperlukan pengaturan ulang atau kalibrasi agar simulasi dapat sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Salah satu metode untuk melakukan

kalibrasi adalah dengan memasukkan data survei lapangan ke dalam model simulasi.

7. Pembuatan dan pengaturan 3D *models*

   Pembuatan 3D *models* bertujuan untuk memperindah tampilan simulasi PTV VISSIM. Terdapat beberapa objek yang bisa ditambahkan pada pemodelan yang dilakukan pada *software* PTV VISSIM, seperti objek kendaraan, objek bangunan, pohon, dan lain-lain. Selain itu, pada tahapan ini juga bisa dilakukan penambahan *texture* pada median atau trotoar yang tercakup di *link* dan pembuatan marka jalan.

8. Pengaturan *random seed, result list, configuration*, *running*, dan *running result*

   Validasi merupakan proses yang sangat penting dalam melakukan analisis menggunakan *software* PTV VISSIM. Validasi adalah proses membandingkan parameter yang diperoleh dari pengamatan lapangan dengan hasil simulasi yang dihasilkan oleh PTV VISSIM. Kalibrasi dilakukan jika hasil validasi tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Salah satu metode validasi yang dapat dilakukan adalah dengan mengubah nilai *random seed*. Nilai *Random Seed* merupakan nilai yang digunakan untuk menginisialisasi generator bilangan acak dalam PTV VISSIM. Variasi nilai *Random Seed* akan menghasilkan urutan bilangan acak yang berbeda, sehingga dapat mempengaruhi fungsi *stokastik* dalam simulasi. Misalnya, memungkinkan untuk mensimulasikan variasi *skokastik* kedatangan kendaraan. Program akan menghitung *mean* atau rata-rata aritmatik dari hasil yang diperoleh. Proses validasi dilakukan dengan cara mengubah nilai *random seed* sekurang-kurangnya 5 kali pengubahan sehingga didapatkan nilai rata-rata dari hasil *running* tersebut. Selanjutnya adalah pengaturan *result list configuration*. *Result List* digunakan untuk menampilkan jendela hasil dari simulasi yang telah dijalankan. Setelah mengatur *result list configuration*, langkah selanjutnya adalah *running* PTV VISSIM. Proses simulasi dapat dimulai dengan menggunakan tombol *icon play* yang terdapat pada *toolbar* di PTV VISSIM. Selain itu juga memulai simulasi dengan cara klik *simulation* dari menu utama, kemudian memilih *continues* untuk memulai simulasi tanpa henti.

a. *Running* PTV VISSIM dilakukan selama 3600 detik. Apabila menggunakan PTV VISSIM *Student Version*, waktu *running* simulasi terbatas hingga 600 detik. Hasil yang lebih akurat didapatkan dengan cara menjalankan simulasi minimal 5 kali dengan mengganti nilai *random seed* setiap kali simulasi dilakukan. Setelah itu, hasil dari kelima simulasi dapat diambil rata-rata (*average*) untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif.
b. Untuk mempercepat proses *running*, dapat menggunakan klik *icon quick mode* yang berada di samping *icon play* pada *toolbar*.
c. Untuk mengubah tampilan menjadi 3D, dapat dilakukan dengan cara mengeklik *icon 2D/3D* yang ada di *toolbar*.
d. Hasil *running* dapat dilihat melalui dua jendela utama pada PTV VISSIM, yaitu *Data Collection Result* dan *Vehicle Travel Time Result*.

3.6.3 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 3.31 pada halaman selanjutnya.

$$\text{GEH} = \frac{2 \text{ x } (q_{simulated} - q_{observed})^2}{(q_{simulated} + q_{observed})} \quad (3.31)$$

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 3.18 sebagai berikut.

Tabel 3. 18 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik *Geoffery E. Havers*

GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ *GEH* ≤ 10,0	Peringatan: kemungkinan model *error* 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 3.32 sebagai berikut.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \times \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \quad (3.32)$$

Kesimpulan dari hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.19 berikut.

Tabel 3. 19 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE

MAPE <10%	Kemampuan pemodelan sangat baik
10%≤MAP≤20%	Kemampuan pemodelan baik
20%≤MAPE≤50%	Kemampuan pemodelan layak
MAPE>50%	Kemampuan pemodelan buruk

Sumber: Gustavsson, 2007

3.7 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 manajemen Rekayasa Lalu Lintas merupakan serangkaian usaha yang dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan seluruh jaringan jalan guna peningkatan keselamatan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas. Manajemen lalu lintas dikelompokan menjadi 4 bagian, Malkhamah (1995) yaitu sebagai berikut.

1. Manajemen lalu lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara fisik, seperti : perubahan pada lay out pertemuan jalan, pengaturan kecepatan lalu lintas dengan pengkasaran permukaan jalan, pemasangan lampu lintas, dan sebagainya.
2. Manajemen lalu lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara non fisik, seperti : pengaturan dengan lalu lintas, penerapan sistem jalan satu arah, pengaturan waktu dan tempat untuk parkir, dan sebagainya.
3. Penyedian informasi bagi pemakai, seperti informasi mengenai arah, marka pembagian badan jalan, pemberian nama jalan, informasi trayek angkutan umum, dan sebagainya.
4. Penetapan tarif untuk pemakai prasarana lalu lintas, misalnya pemberlakuan tarif parkir sesuai waktunya (jam sibuk atau diluar jam sibuk), tarif angkutan umum, *road pricing,* dan sebagainya.

Manajemen lalu lintas dengan pengaturan dengan pengoptimalan waktu fase lalu lintas juga harus disesuaikan dengan syarat dan aturan yang sudah ditetapkan. Berikut ini merupakan tabel waktu siklus yang layak menurut MKJI 1997. Manajemen lalu lintas dengan penerapan sistem jalan satu arah merupakan salah satu cara untuk mengatasi kepadatan pada suatu jaringan jalan. Sistem jalan satu arah merupakan suatu pola lalu lintas yang dilakukan dengan merubah jalan dua arah menjadi jalan satu arah yang berfungsi untuk meningkatkan keselamatan dan kapasitas jalan dan persimpangan sehingga meningkatkan kelancaran lalu lintas yang biasanya diterapkan diwilayah perkotaan. Berikut merupakan karakteristik jalan satu arah adalah sebagai berikut.

1. Lebar jalur lalu lintas 5-10,5 m.
2. Lebar bahu efektif paling sedikit 2 m pada setiap sisi.

3. Tidak ada median.
4. Hambatan samping rendah.
5. Tipe alinyemen datar.

3.8 Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan merupakan tingkat pelayanan atau kenyamanan jalan yang ditentukan dari nilai v/c dan kecepatan. Tujuan dari tingkat pelayanan yaitu melayani segala kebutuhan lalu lintas dengan baik. Tingkat pelayanan akan semakin sangat baik jika waktu siklus semakin pendek dan dapat meminimalisir tundaan kendaraan. Ukuran kualitas interupsi lalu lintas, kebebasan maneuver, kenyamanan, keamanan kendaraan serta ongkos suatu volume pelayanan yang mana harus lebih kecil dari kapasitas jalan tersebut sangat bergantung pada baiknya pelayanan yang ada.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas bahwa tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Tingkat pelayanan atau Level Of Service (LOS) berdasarkan tundaan rata – rata simpang dapat dilihat pada Tabel 3.20 sebagai berikut.

Tabel 3.20 Tingkat Pelayanan Pada Simpang

Tingkat Pelayanan (LOS)	Tundaan (detik per kendaraan)
A	≤ 5,0
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	> 60,0

Sumber : Peraturan Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Arikunto (2019) menyatakan bahwa metode penelitian adalah cara atau metode utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang ditentukan. Salah satu jenis dari metode penelitian adalah metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif menurut Silaen (2018) adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data berupa angka-angka dan pada umumnya dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif atau inferensial. Metode penelitian kuantitatif sendiri terdiri dari beberapa metode seperti yang dinyatakan oleh Sanjaya (2013) sebagai berikut.

1. Eksperimen.
2. Survei.
3. Penelitian korelasi.
4. Studi perbandingan.
5. Studi perkembangan.

Penelitian kinerja Simpang Tilingsing ini termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif karena penelitian ini menggunakan data-data yang berupa angka. Selain itu, metode yang dilakukan untuk mendapatkan data pada penelitian ini adalah dengan cara melakukan survei yang selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

4.2 Metode Pengumpulan Data

4.2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Dari kedua jenis data tersebut akan dilakukan analisis sehingga dapat diambil sebuah kesimpulan penelitian. Penjelasan mengenai kedua jenis data dan contoh dari kedua jenis data tersebut adalah sebagai berikut.

1. Data Primer

   Menurut Hasan (2008) data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya. Data primer didapat dari sumber informan yaitu individual tau perseorangan, seperti hasil wawancara yang dilakukan oleh peneliti. Data primer terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

   a. catatan hasil wawancara,
   b. hasil observasi lapangan, dan
   c. data-data mengenai informan.

   Cara yang dilakukan untuk mendapatkan data primer pada penelitian ini adalah dengan melakukan observasi lapangan dan data-data primer pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

   a. Data kondisi geometri pada Simpang Tilingsing Kudus. Data ini didapat dengan cara melakukan pengukuran di lokasi penelitian.
   b. Data volume kendaraan pada lokasi yang sudah ditentukan. Data ini didapat dengan cara melakukan perekaman kondisi lalu lintas pada kedua simpang yang sudah disebutkan pada bagian lokasi penelitian. Setelah perekaman kondisi lalu lintas selesai maka dilakukan pencatatan berdasarkan pengelompokan kendaraan yang melintas di empat simpang tersebut. Pengelompokkan jenis kendaraan yang disurvei adalah sebagai berikut.
      1. Sepeda motor (SM)

         Contoh lain dari klasifikasi ini adalah kendaraan bermotor roda 3 (tiga).
      2. Mobil Penumpang (MP)

         Contohnya adalah sedan, jeep, minibus, mikrobus, pickup, dan truk kecil.
      3. Kendaraan sedang (KS)

         Contohnya adalah bus tanggung, bus metromini, dan truk sedang.
      4. Kendaraan tidak bermotor (KTB)
   c. Data hambatan samping. Data ini didapatkan dengan cara melakukan pengamatan pada lokasi penelitian.

d. Data kecepatan tempuh kendaraan. Data ini didapat dengan cara melakukan pencatatan di lapangan.
e. Data *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.
f. Panjang antrean didapatkan dengan cara melakukan pada pengamatan langsung di lokasi penelitian dan mengukur panjang antrean saat kendaraan berhenti.

2. Data Sekunder

   Menurut Hassan (2008) data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada. Data ini digunakan untuk mendukung informasi primer yang telah diperoleh yaitu dari bahan Pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku, dan lain sebagainya. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa data peta lokasi survei Simpang Tilingsing Kudus dan juga data jumlah penduduk Kabupaten Kudus.

4.2.2 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.

4.2.3 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 yang disiarkan secara online. Waktu pengambilan data geometri dilakukan pada saat malam hari agar tidak mengganggu arus lalu lintas.

4.2.4 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. Memposisikan 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 pendekat 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 lengang 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.

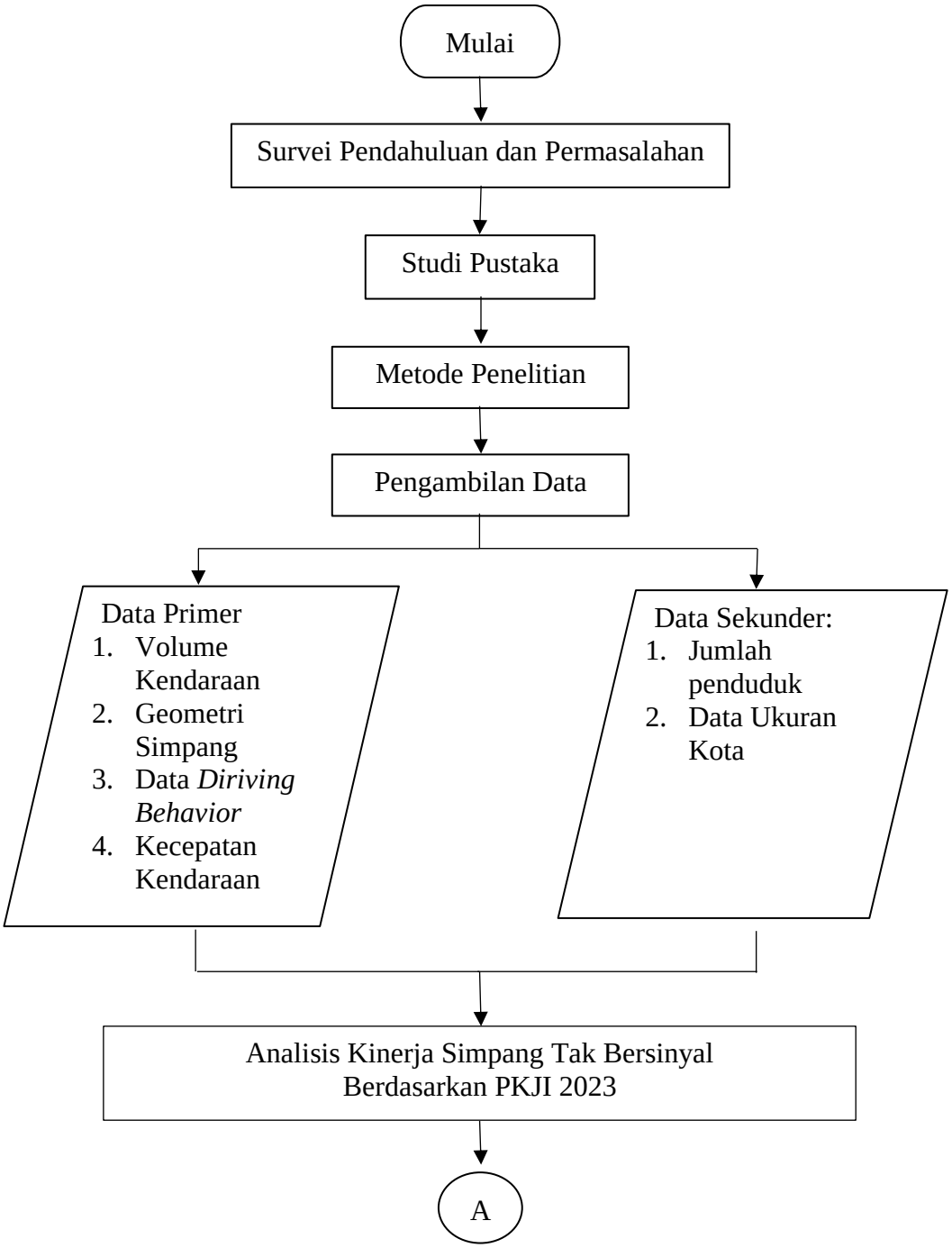
4.3 Analisis Data

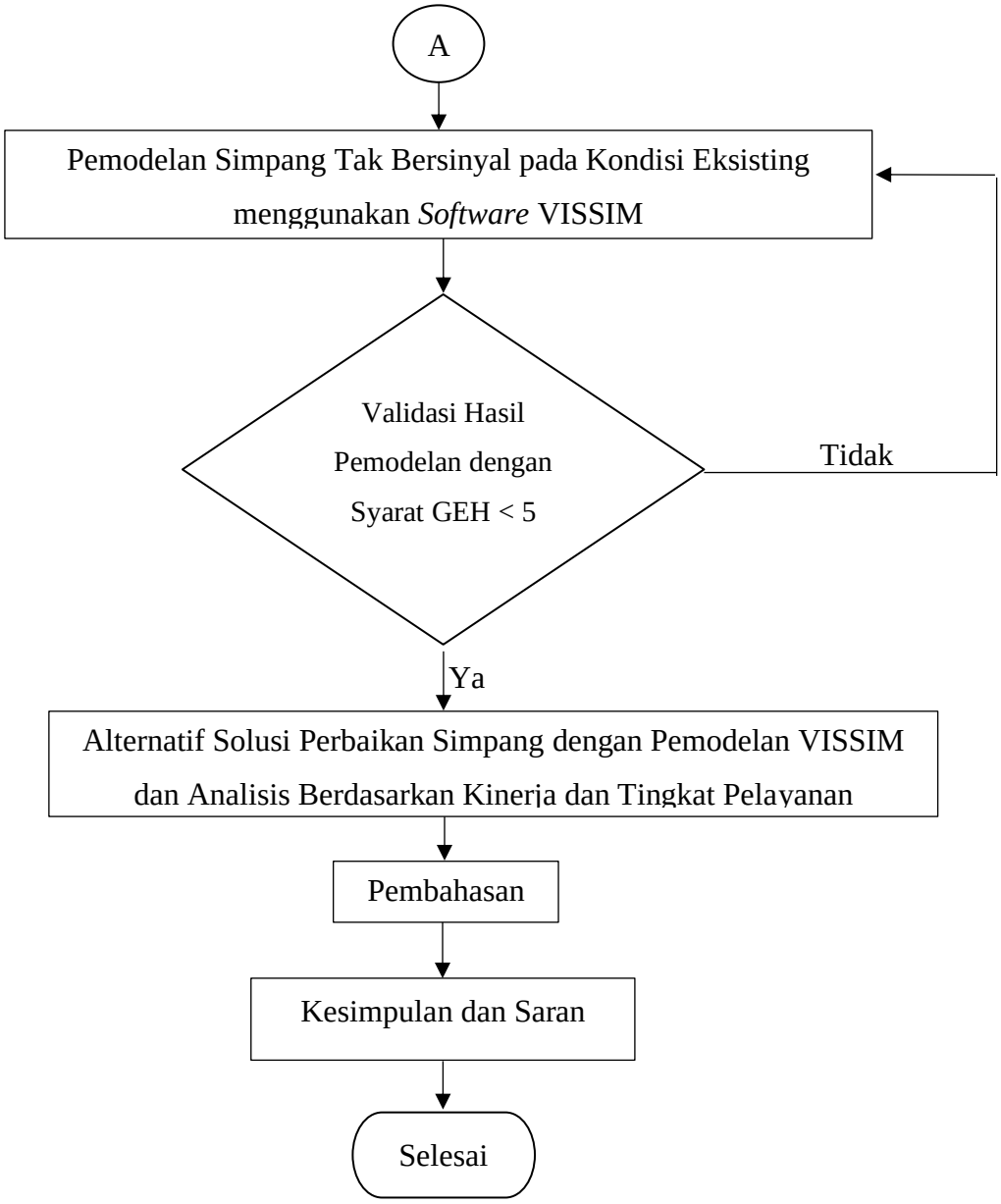
Tahap analisis data pada penelitian ini secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan perangkat lunak PTV VISSIM. Data yang diperlukan diperoleh dari hasil pengamatan lapangan dan instansi terkait yang selanjutnya dianalisis dalam bentuk simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM untuk mengetahui kinerja Simpang Tilingsing Kudus. 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 Kudus.
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.
8. Kesimpulan yang didapatkan berupa kinerja dan tingkat pelayanan lalu lintas Telingsing pada kondisi eksisting dan didapatkan alternatif solusi penanganan di simpang Telingsing dengan menggunakkan *software vissim.*

4.4 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat bagan alir atau *flowchart* yang menunjukkan urutan atau tahap-tahap pekerjaan yang akan dilakukan selama penelitian. Bagan alir dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.


Mulai
Survei Pendahuluan dan Permasalahan
Studi Pustaka
Metode Penelitian
Pengambilan Data
Data Primer
1. Volume Kendaraan
2. Geometri Simpang
3. Data *Diriving Behavior*
4. Kecepatan Kendaraan
Data Sekunder:
1. Jumlah penduduk
2. Data Ukuran Kota
Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Berdasarkan PKJI 2023
A



Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian
Sumber: Hasil Penelitian

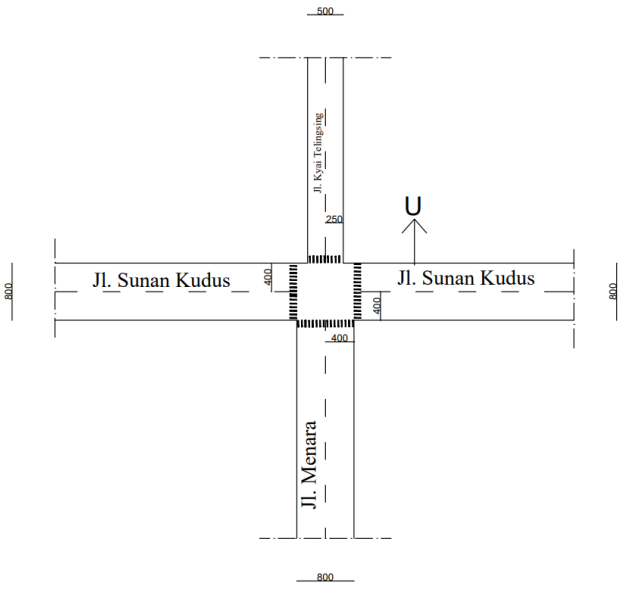
BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Survei

Data yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan. Data primer dalam penelitian ini terdiri dari data volume lalu lintas, data kecepatan kendaraan, data panjang antrean, data *driving behaviour*, dan data geometri simpang. Sedangkan data sekunder merupakan yang diperoleh dari jurnal penelitian sebelumnya.

5.1.1 Data Geometri Simpang

Simpang Telingsing merupakan simpang tak bersinyal yang terdiri dari 4 lengan jalan. Data geometri simpang Telingsing didapat`kan melalui pengamatan langsung dilapangan berupa jumlah lajur, lebar pendekat, tipe simpang dan ketersediaan median. Data geometri simpang Telingsing dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Data geometri simpang dapat dilihat pada Tabel 5.1.



Gambar 5.1 Denah Geometri Eksisting

Tabel 5.1 Data Geometri Simpang

No.	Lengan Simpang	Tipe Jalan	Lebar Pendekat (m)	Median
1	Jl. Kyai Telingsing (Utara)	2/2-TT	5	Tidak ada
2	Jl. Menara (Selatan)	2/2-TT	8	Tidak ada
3	Jl. Sunan Kudus (Timur)	2/2-TT	8	Tidak ada
4	Jl. Sunan Kudus (Barat)	2/2-TT	8	Tidak ada

5.1.2 Data Volume Lalu Lintas Berdasarkan PKJI 2023

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 berdasarkan pada penelitian terdahulu yang terletak di simpang Telingsing. 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 data volume lalu lintas Simpang Telingsing yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Volume Lalu Lintas Simpang Telingsing

Periode Waktu (WIB)	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (kend/jam)	
	Senin, 12 September 2024	Sabtu, 14 September 2024
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

Lanjutan Tabel 5.2 Volume Lalu Lintas Simpang Telingsing

Periode Waktu (WIB)	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (kend/jam)	
	Senin, 12 September 2024	Sabtu, 14 September 2024
08.00-09.00	2718	2267
11.00-12.00	2082	2317
11.15-12.15	2320	2583
11.30-12.30	2408	**2680**
11.45-12.45	2407	2580
12.00-13.00	2255	2382
15.00-16.00	3471	2359
15.15-16.15	3608	2470
15.30-16.30	3671	2685
15.45-16.45	**3696**	2926
16.00-17.00	3576	3076
16.15-17.15	3374	3120
16.30-17.30	3107	2962
16.45-17.45	2902	2688
17.00-18.00	2931	2627

5.1.3 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan didapatkan dengan cara pengamatan waktu tempuh sepeda motor, mobil penumpang atau kendaraan ringan yang melewati setiap lengannya dengan panjang segmen yang diamati 20 meter. Rekapitulasi Data kecepatan kendaraan pada jam puncak dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan

No.	Lengan Simpang	Panjang yang diamati (m)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)
1	Jl. Kyai Telingsing (Utara)	20	24
2	Jl. Menara (Selatan)	20	24
3	Jl. Sunan Kudus (Timur)	20	33
4	Jl. Sunan Kudus (Barat)	20	31

5.1.4 Data Panjang Antrean

Data Panjang antrean dan tundaan didapatkan pada pengemtan dilokasi penelitian. Hasil pengamatan data panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Data Panjang Antrean

No.	Lengan Simpang	Panjang Antrean (m)
1	Jl. Kyai Telingsing (Utara)	29
2	Jl. Menara (Selatan)	23
3	Jl. Sunan Kudus (Timur)	43
4	Jl. Sunan Kudus (Barat)	51

5.2 Data Sekunder

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 12 September 2024 dan 14 September 2024 jam 06.00-09.00, 11.00-13.00, 15.00-18.00. Penentuan jam dan hari tersebut berdasarkan penelitian terdahulu. Penelitian dilakukan pada simpang Telingsing yang terletak di Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Data jumlah penduduk Kabupaten Kudus didapatkan dari Badan Pusat Statistik Daerah Kabupaten Kudus dalam angka 2024. Data jumlah penduduk di Kabupaten Kudus pada tahun 2024 sebanyak 874.800 jiwa.

5.3 Analisis Simpang Berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang eksisting berdasarkan PKJI 2023 bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan perilaku lalu lintas seperti tundaan dan peluang antrean. Proses perhitungan kinerja simpang sebagai berikut.

5.3.1 Perhitungan Volume lalu Lintaas

Data distribusi volume lalu lintas simpang Telingsing pada satuan kendaraan/jam dapat dilihat pada Tabel 5.2. Untuk mendapatkan jam puncak dilakukan konversi satuan EMP dari kendaraan/jam menjadi smp/jam. Hasil perhitungan volume (smp/jam) dapat dilihat sebagai berikut.

Dari Tabel 5.4 diatas, didapatkan volume lalu sintas Simpang Telingsing pada periode jam puncak terjadi pada hari Senin jam 15.45 – 16.45 WIB dengan jumlah 3696 smp/jam.

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

a. Jalan Minor

1) Pendekat Utara (Jl. Kyai Telingsing)

a) Mobil Penumpang (MP), emp = 1

Belok kiri (LT) = 47 x 1 = 47 smp/jam

Lurus (ST) = 128 x 1 = 128 smp/jam

Belok kanan (RT) = 82 x 1 = 82 smp/jam

Total LV = LT + ST + RT = 47 + 128 + 82 = 257 smp/jam

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

Belok kiri (LT) = 6 x 1,8 = 10,8 smp/jam

Lurus (ST) = 30 x 1,8 = 54 smp/jam

Belok kanan (RT) = 11 x 1,8 = 19,8 smp/jam

Total HV = LT + ST + RT = 10,8 + 54 + 19,8 = 85 smp/jam

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

Belok kiri (LT) = 236 x 0,2 = 47 smp/jam

Lurus (ST) = 568 x 0,2 = 114 smp/jam

Belok kanan (RT) = 337 x 0,2 = 67 smp/jam

Total MC = LT + ST + RT = 47 + 114 + 64 = 228 smp/jam

Total = LV + HV + MC = 257 + 85 + 228 = 570 smp/jam

Total Minor = 570 + 359 = 929 smp/jam

b. Jalan Mayor

1) Pendekat Timur (Jl. Sunan Kudus)

a) Mobil Penumpang (SM), emp = 1

Belok kiri (LT) = 69 x 1 = 69 smp/jam

Lurus (ST) = 161 x 1 = 161 smp/jam

Belok kanan (RT) = 84 x 1 = 84 smp/jam

Total LV = LT + ST + RT = 69 + 161 + 84 = 314 smp/jam

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

Belok kiri (LT) = 5 x 1,8 = 9 smp/jam

Lurus (ST) = 7 x 1,8 = 13 smp/jam

Belok kanan (RT) = 5 x 1,8 = 9 smp/jam

Total HV = LT + ST + RT = 9 + 13 + = 31 smp/jam

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

Belok kiri (LT) = 292 x 0,2 = 58 smp/jam

Lurus (ST) = 1535 x 0,2 = 307 smp/jam

Belok kanan (RT) = 286 x 0,2 = 57 smp/jam

Total MC = LT + ST + RT = 58 + 307 + 57 = 2113 smp/jam

Total = LV + HV + MC = 314 + 31 + 2113 = 2,458 smp/jam

Total Mayor = 415

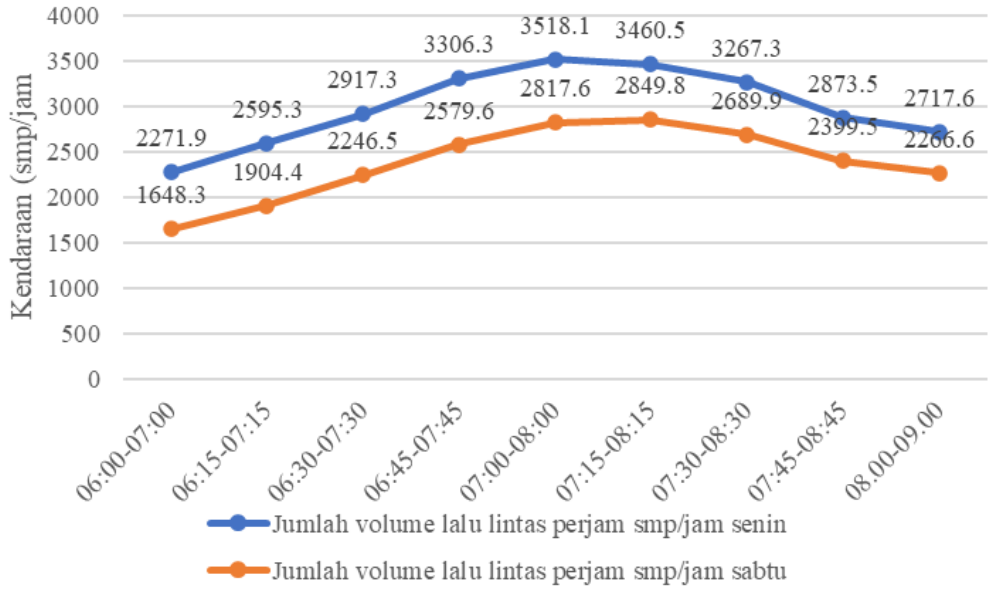
Total Minor + Mayor = 415 + 314 = 729 smp/jam

Berdasarkan perhitungan di bawah didapatkan volume kendaraan smp/jam. Rekapitulasi volume kendaraan smp/jam dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Volume Lalu Lintas Simpang Telingsing

Periode Waktu (WIB)	Jumlah Volume Lalu Lintas perjam (kend/jam)	
	Senin, 12 September 2024	Sabtu, 14 September 2024
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
11.00-12.00	2082	2317
11.15-12.15	2320	2583
11.30-12.30	2408	**2680**
11.45-12.45	2407	2580
12.00-13.00	2255	2382
15.00-16.00	3471	2359
15.15-16.15	3608	2470
15.30-16.30	3671	2685
15.45-16.45	**3696**	2926
16.00-17.00	3576	3076
16.15-17.15	3374	3120
16.30-17.30	3107	2962
16.45-17.45	2902	2688
17.00-18.00	2931	2627

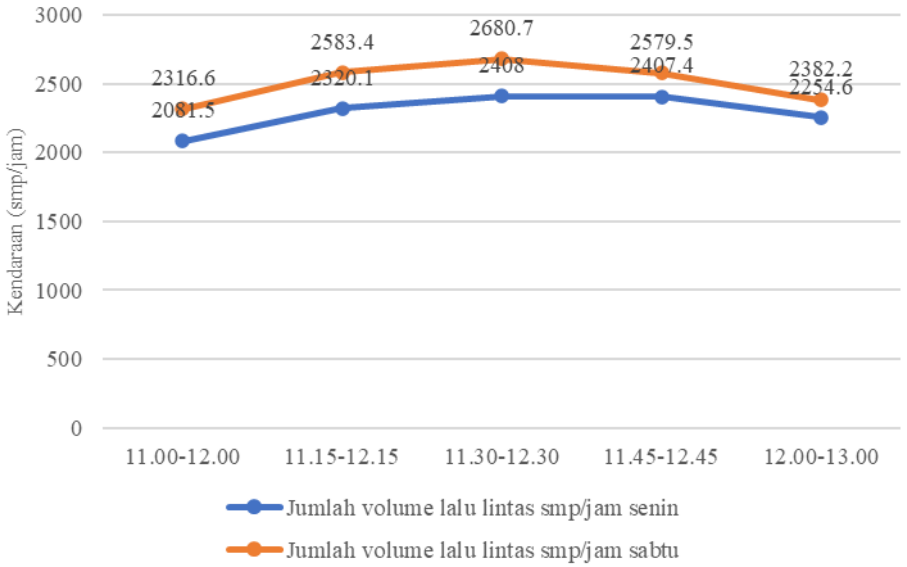
Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas Simpang Telingsing pada periode jam puncak terjadi pada hari Senin jam 15.45 – 16.45 WIB dengan jumlah 3697 smp/jam. Untuk memudahkan pembacaan volume lalu lintas jam puncak, berikut disajikan histogram mengenai yang dibagi tiap periode pagi, siang, dan sore. Histogram volume lalu lintas periode pagi pada hari Senin dan Sabtu.



Gambar 5. 2 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Pagi (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Gambar 5.2 didapatkan jam puncak pada pagi hari terjadi pada hari Senin dan Sabtu jam 06.00 – 09.00 WIB.

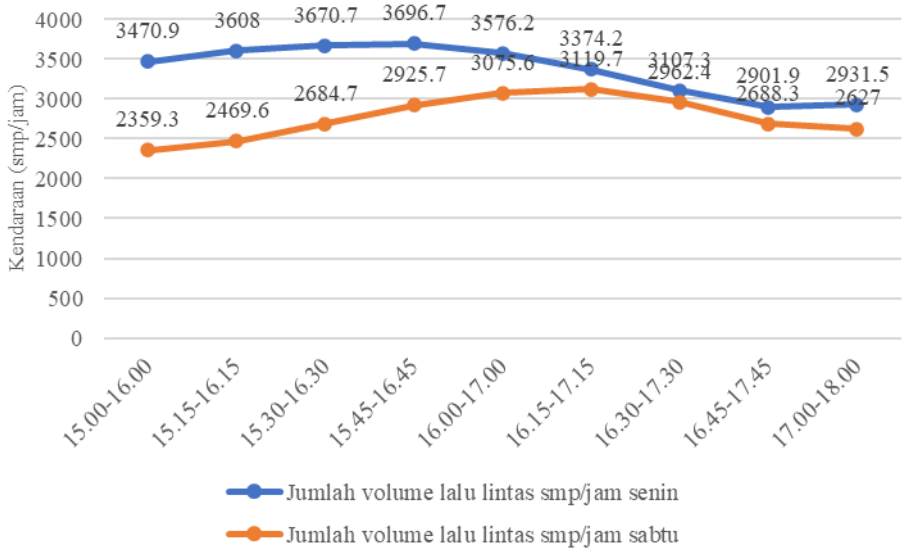
Berdasarkan perhitungan hasil survey didapatkan volume lalu lintas jam puncak siang. Volume lalu lintas jam puncak pagi. Dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 3 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Gambar 5.3 didapatkan jam puncak pada siang hari terjadi pada hari Senin dan Sabtu jam 11.00 – 13.00 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 5.3 berikut.



Gambar 5. 4 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Sore (smp/jam) Berdasarkan PKJI 2023

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Gambar 5.4 didapatkan jam puncak pada sore hari terjadi pada hari Senin dan Sabtu jam 15.00 - 18.00 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 5.3 berikut.

5.3.2 Perhitungan kapasitas

1) Kapasitas Dasar (Co)

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

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

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

   $F_{LP} = 0,7 + (0,08666 \times W_1)$
   $= 0,7 + (0,08666 \times 3,63)$
   $= 1,014$

3) Faktor Koreksi Tipe Median (F_M)

   Pada Simpang Telingsing 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 2024 jumlah penduduk Kabupaten Kudus adalah 874.800 jiwa. Berdasarkan jumlah tersebut Kabupaten Kudus termasuk dalam ukuran kota besar dengan faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK}) = 0,94

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

   Tipe lingkungan pada simpang Telingsing termasuk dalam lingkungan Pemukiman karena berdasarkan aktifitas disekitar simpang. Aktifitas-aktifitas tersebut terdapatnya pasar, pertokoan, perkantoran, dan wisata religi. Sedangkan untuk kelas hambatan samping sedang. Maka didapatkan F_{HS} = 0,96.

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

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

$F_{BKi} = 0,84 + 1,61 \times P_{LT}$

$= 0,84 + 1,61 \times 0,19$

$= 1,143$

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

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 untuk simpang tak bersinyal empat lengan didapatkan (F_{BKa}) = 1,0.

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

Faktor Penyesuaian rasio jalan minor untuk simpang tipe 422 menggunakan dihitung sebagai berikut.

$(F_{RMi}) = 1,19 \times P_{MI2} - 1,19 \times P_{MI} + 1,19$

$= 1,19 \times 0,42 - 1,19 \times 0,42 + 1,19$

$= 0,90$

9) Kapasitas (C)

Kapasitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11. Perhitungan kapasitas dapat dihitung sebagai berikut.

$C = Co \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$

$= 2900 \times 1,014 \times 1,00 \times 0,94 \times 0,96 \times 1,143 \times 1,00 \times 0,90$

$= 2726$ smp/jam

5.3.3 Derajat Kejenuhan

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

$DJ = q / C$

$= 2169 / 2726$

$= 0,80$ detik/kend

5.3.4 Perhitungan Perilaku lalu Lintas

Berdasarkan Direktorat jenderal Bina Marga 2-23 meliputi Tundaan (T) dan peluang antrean (Pa). Tundaan lalu lintas meliputi tundaan lalu lintas (T_{LL}), tundaan

lalu lintas jalan utama (T_{LLma}), tundaan lalu lintas jalan minor (T_{LLMi}), dan tundaan geometri simpang (T_G).

1) Tundaan Lalu Lintas (T_{LL})

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

Untuk DJ > 0,6

T_{LL} = 1,0504 / (0,2742 – 0,2042 x DS) – (1-DS) x 2

= 1,0504 / (0,2742 – 0,2042 x 0,80) – (1-0,80) x 2

= 8,99 detik/kend

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

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

Untuk DJ > 0,6

(T_{LLma}) = 1,05034 / (0,346 – 0,246 x DJ) - (1-DJ) x 1,8

= 1,05034 / (0,346 – 0,246 x 0,80) - (1-0,80) x 1,8

= 6,93 detik/kend

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

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

(T_{LLMi}) = q_{KB} x T_{LL} – q_{MA} x T_{LLMa} / q_{MI}

= 2168 x 8,99 – 1239 x 6,93 / 8,99

= 11,74 detik/kend

4) Tundaan Geometrik Simpang (T_G)

Untuk DJ < 1, tundaan geometrik simpang dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

T_G = (1- DJ) x (6 x RB + 3 x (1 – RB)) + 4 x DJ

= (1- 0,80) x (6 x 0,39 + 3 x (1 – 0,39)) + 4 x 0,80

= 1,50 detik/kend

5) Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.18, Di bawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari Senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

$T = T_{LL} + T_G$

$= 1{,}50 + 8{,}99$

$= 10{,}49$ detik/kend

6) 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. Di bawah ini merupakan contoh perhitungan untuk hari Senin periode 15.45-16.45 sebagai berikut.

P_a batas atas $= 47{,}71 \times DJ - 24{,}68 \times DJ^2 + 56{,}47 \times DJ^3$

$= 47{,}71 \times 0{,}80 - 24{,}68 \times 0{,}80^2 + 56{,}47 \times 0{,}80^3$

$= 50{,}77\%$

P_a batas bawah $= 9{,}02 \times DJ + 20{,}66 \times DJ^2 + 10{,}49 \times DJ^3$

$= 9{,}02 \times 0{,}80 + 20{,}66 \times 0{,}80^2 + 10{,}49 \times 0{,}80^3$

$= 25{,}53\%$

5.3.5 Penentuan Tingkat pelayanan Simpang

Penentuan tingkat pelayanan simpang menggunakan pada Tabel 3.20. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tundaan simpang sebesar 10,49 det/smp dengan kategori tingkat pelayanan simpang B. Jalan pada simpang Telingsing termasuk jalan lingkungan. Hasil tingkat pelayanan simpang tersebut sesuai syarat yang berlaku yaitu jalan lingkungan sekurang-kurangnya D.

5.3.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang

Rekapitulasi analisis simpang Telingsing dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Simpang

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
Kapasitas (C)	smp/jam	2726
Volume lalu Lintas (q)	smp/jam	2169
Derajat Kejenuhan (DJ)	-	0,8
Tundaan lalu Lintas (TLL)	detik/smp	8,99
Tundaan Geometri (TG)	detik/smp	1,50
Tundaan (T)	detik/smp	10,49
Tingkat pelayanan	-	B
Batas Atas Peluang Antrean	%	50,77
Batas Bawah Peluang Antrean	%	25,53

5.4 Analisis Kinerja Simpang Eksisting dengan VISSIM

VISSIM merupakan singkatan dari *Verkehr In Stadten Slmulation Modell (Traffic in towns simulation model)*. Dari analisis dengan metode PJKI 2023 pada Simpang Telingsing didapat nilai DS sebesar 0,8 dan disebutkan bahwa nilai DJ > 0,8 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.

5.4.1 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 Telingsing 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 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Perubahan Konfigurasi *Driving Behaviour*

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

5.4.2 Hasil Pemodelan VISSIM Sebelum Kalibrasi

Berikut merupakan perhitungan uji GEH hasil dari pemodelan *software* VISSIM.

1. Hasil Volume Kendaraan

   Nilai GEH dapat dihitung menggunakan rumus Persamaan 3.20 dan hasil perhitungan sebagai berikut.

   a. Lengan Simpang Barat

   $$\text{Uji GEH} = \sqrt{\frac{2\,(1.772-1.644)^2}{1.772+1.664}}$$
   $$= 3{,}10$$

   b. Lengan Simpang Selatan

   $$\text{Uji GEH} = \sqrt{\frac{2\,(1.347-1.290)^2}{1.347+1.290}}$$
   $$= 1{,}57$$

   c. Lengan Simpang Timur

   $$\text{Uji GEH} = \sqrt{\frac{2\,(2.463-2.304)^2}{2.463+2.304}}$$
   $$= 3{,}26$$

   d. Lengan Simpang Utara

   $$\text{Uji GEH} = \sqrt{\frac{2\,(882-780)^2}{882+780}}$$
   $$= 3{,}54$$

2. Hasil Kecepatan

   Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan rumus persamaan

a. Lengan Simpang Barat

MAPE $= \left|\frac{39.82-42.33}{39.82}\right|$ x 100 %

= 6

b. Lengan Simpang Selatan

MAPE $= \left|\frac{42.10-44.11}{42.10}\right|$ x 100 %

= 5

c. Lengan Simpang Timur

MAPE $= \left|\frac{41.01-40.78}{41.01}\right|$ x 100 %

= -1

d. Lengan Simpang Utara

MAPE $= \left|\frac{43.13-43.21}{43.13}\right|$ x 100 %

= 0

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 5.8 berikut.

Tabel 5. 8 Hasil Uji GEH Setelah Kalibrasi

Lokasi	Pendekat Kaki Simpang	Volume Kendaraan (kend/jam)		GEH	Keterangan
		Observasi	Vissim		
Simpang Telingsing	Barat	1772	1644	3,10	diterima
	Utara	882	780	3,54	diterima
	Timur	2463	2304	3,26	diterima
	Selatan	1347	1290	1,57	diterima

Berdasarkan Tabel 5.8 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 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Uji MAPE Setelah Kalibrasi

Lokasi	Pendekat Kaki Simpang	Kecepatan Kendaraan (km/jam)		MAPE (%)	Keterangan
		Eksisting	VISSIM		
Simpang Telingsing	Barat	42,33	39,82	6	diterima
	Utara	43,21	43,13	0	diterima
	Timur	40,8	41,01	1	diterima
	Selatan	44,11	42,10	5	diterima

Berdasarkan hasil validasi diatas dapat diketahui bahwa pemodelan VISSIM dapat dikatakan valid sehingga dapat dilakukan evaluasi untuk mengetahui kinerja Simpang Telingsing. 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 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Panjang Antrean Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	20
Utara	0
Timur	14
Selatan	0

2. Tundaan (*Delay*)

   Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil tundaan dari pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Hasil Tundaan Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	47,5
Utara	2,2
Timur	19,2
Selatan	1,5

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada Simpang Telingsing 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 5.12 berikut.

Tabel 5. 12 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	**Tundaan Tiap Lengan**	**Volume (Kendaraan)**	**Tundaan Simpang**	**Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)**	**Tingkat Pelayanan (HCM)**
Barat	47,5	1644	15,182	C	C
Utara	2,2	780			
Timur	19,2	2304			
Selatan	1,5	1290			

5.5 **Alternatif Solusi Peningkatan Kinerja Simpang**

5.5.1 Alternatif Solusi 1 Pelebaran Pada Jalan Kyai Telingsing Menjadi 4 m.

Pada alternatif solusi 1 ini dilakukan dengan pelebaran jalan pada Jl Kyai Telingsing menjadi 4 m. Adapun hasil alternatif solusi 1 dengan pelebaran menjadi 4 m pada Jl. Kyai Telingsing berdasarkan PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Alternatif Solusi 1 Berdasarkan PKJI 2023

Kinerja	Hasil
Arus Lalu Lintas (Q)	2169
Derajat Kejenuhan (Dj)	0,77
Tundaan Lalu Lintas Simpang (det/kend)	8,54
Tundaan lalu Lintas Jl. Utama (det/kend)	6,65
Tundaan Lalu Lintas Jl. Minor (det/kend)	11,06
Tundaan Geometrik Simpang (det/kend)	1,66
Tundaan Simpang (det/kend)	10,20
Tingkat Pelayanan	B

Berdasarkan hasil analisis menggunakan PKJI 2023 dan perhitungan diatas, didapatkan nilai DJ yaitu 0,77. Berdasarkan pemodelan alternatif solusi 1 dapat disimpulkan bahwa nilai derajat kejenuhan mengalami penurunan dengan tingkat pelayanan B berdasarkan PM 96 2015 dan tingkat pelayanan B berdasarkan Highway Capacity Manual. Nilai tundaan juga mengalami penurunan berdasarkan analisis PKJI 2023 yaitu sebesar 10,20.

Berikut merupakan hasil evaluasi berdasarkan pemodelan VISSIM pada alternatif solusi 1.

1. Panjang Antrean (*Queue Length*)

   Pada pemodelan VISSIM, nilai panjang antrean dapat dilihat pada kolom *Queue length* (Qlen). Panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 Panjang Antrean Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	13,9
Utara	0
Timur	4,6
Selatan	0

2. Tundaan (*Delay*)

Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil tundaan dari pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Hasil Tundaan Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	20,5
Utara	1,9
Timur	16,65
Selatan	1,6

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada Simpang Telingsing 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 5.16 berikut.

Tabel 5. 16 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	**Tundaan Tiap Lengan**	**Volume (Kendaraan)**	**Tundaan Simpang**	**Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)**	**Tingkat Pelayanan (HCM)**
Barat	20,5	1644	10,8	B	B
Utara	1,9	780			
Timur	16,65	2304			
Selatan	1,6	1290			

5.5.2 Alternatif Solusi 2 Pelebaran Jalan Kyai Telingsing Sebesar 4 m dan Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 130 detik dengan 4 fase.

Pada alternatif solusi 2 ini dilakukan dengan Pelebaran Jalan Kyai Telingsing Sebesar 4 m dan penambahan sinyal dengan waktu siklus 130 detik dengan 4 fase. Hasil perhitungan analisis setelah dilakukan dengan penambahan sinyal dengan

menggunakan 4 fase sinyal pada simpang berdasarkan PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.17, 5.18 dan Gambar 5.5 berikut.

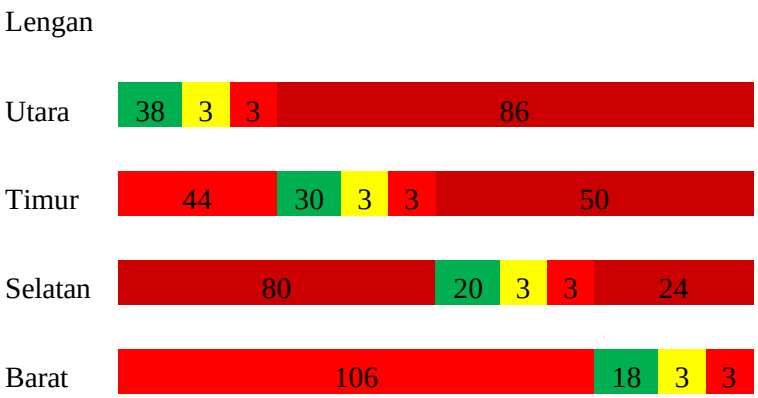
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus Berdasarkan PJKI 2023

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Barat	Timur	Selatan	Utara
Arus Jenuh (J)	SMP/jam	546	758,7	351,6	460
Arus Jenuh Dasar (J0)	SMP/jam	3120	3120	3120	3120
Lebar Efektif Pendekat (Le)	Meter	4,00	4,00	4,00	4,00
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)	-	0,965	0,972	0,972	0,970
Faktor Peneyesuaian Belok Kanan (FBKa)	-	1,022	1,051	1,058	1,078
Arus Jenuh (S)	Smp/jam	2891	2994	3016	3067

Tabel 5. 18 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	130	130	130	130
Waktu hijau (g)	detik	18	30	20	38

Diagram waktu siklus Simpang Telingsing pada analisis alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5. 5 Diagram Waktu Siklus Simpang Telingsing pada Alternatif 2

Adapun rekapitulasi hasil analisis alternatif 2 berdasarkan PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 2

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Barat	Timur	Selatan	Utara
Derajat Kejenuhan	-	0,998	0,998	0,999	0,999
Kapasitas	Smp/jam	546	758,7	351,6	460
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau (NQ1)	smp	0,996	0,997	0,998	0,997
Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang	det/smp	58,5			
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 130 detik dengan 4 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 5.20 berikut.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Panjang Antrean

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	109,42
Timur	55,15
Selatan	32,3
Utara	42,9

‘

2. Tundaan (*Delay*)

   Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil pemodelan tundaan pada VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5. 21 Tundaan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	86,87
Timur	106,56
Selatan	53
Utara	78,26

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 5.22 sebagaerikut.

Tabel 5. 22 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	**Tundaan Tiap Lengan**	**Volume (Kendaraan)**	**Tundaan Simpang**	**Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)**	**Tingkat Pelayanan (HCM)**
Barat	86,87	1644	88,89	F	F
Timur	106,56	780			
Selatan	53	2304			
Utara	78,26	1290			

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 1,117, pada lengan B menjadi 1,116 , pada lengan C menjadi 1,118 dan pada lengan D menjadi 1,117. Berdasarkan pemodelan alternatif solusi 2 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.

5.5.3 Alternatif Solusi 3 Pelebaran Jalan Kyai Telingsing Sebesar 4 m dan Penambahan Sinyal Pada Simpang dengan Waktu Siklus 100 detik dengan 3 fase.

Pada alternatif solusi 3 ini dilakukan dengan penambahan sinyal dengan waktu siklus 100 detik dengan 3 fase. Hasil perhitungan analisis setelah dilakukan dengan penambahan sinyal dengan menggunakan fase sinyal pada simpang dapat dilihat pada Tabel 5.23, 5.24 dan Gambar 5.6 berikut.

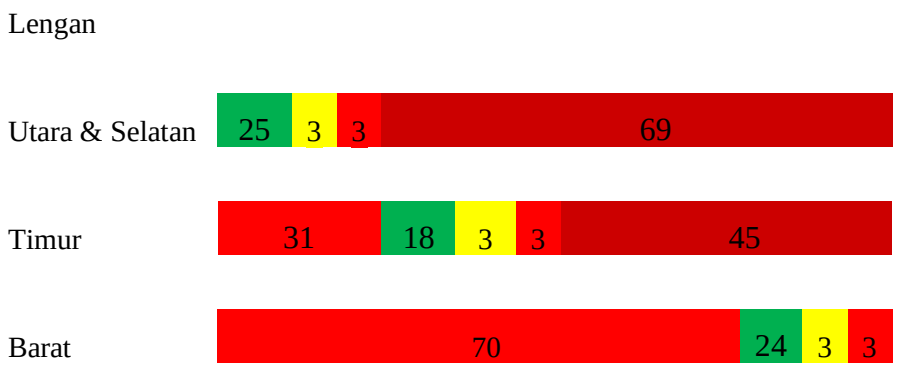
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Rasio Arus

Parameter	Satuan	Pendekat		
		Barat	Timur	Selatan dan Utara
Arus Jenuh (J)	SMP/jam	546	758,7	812
Arus Jenuh Dasar (J0)	SMP/jam	3120	3120	3120
Lebar Efektif Pendekat (Le)	Meter	4,00	4,00	4,00
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)	-	0,965	0,972	0,970
Faktor Peneyesuaian Belok Kanan (FBKa)	-	1,051	1,022	1,078
Arus Jenuh (S)	Smp/jam	2891	2994	3067

Tabel 5. 24 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	22	29	25

Diagram waktu siklus Simpang Telingsing pada analisis alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5. 6 Diagram Waktu Siklus Simpang Telingsing pada Alternatif 3

Adapun rekapitulasi hasil analisis alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 3

Parameter	Satuan	Pendekat		
		Barat	Timur	Selatan dan Utara
Derajat Kejenuhan	-	0,93	0,93	0,93
Kapasitas	Smp/jam	587	816	873
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau (NQ1)	smp	0,699	0,696	0,697

Lanjutan Tabel 5. 25 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 3

Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang	det/smp	39,238
Tingkat pelayanan (PM 96 2015)	-	C
Tingkat Pelayanan (HCM)	-	C

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 4 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 5.26 berikut.

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Panjang Antrean

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Barat	103,88
Timur	42,38
Selatan	27,3
Utara	14,42

2. Tundaan (*Delay*)

   Pada pemodelan VISSIM, nilai tundaan dapat dilihat pada kolom *VehDelay*. Hasil pemodelan tundaan pada VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5. 27 Tundaan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (det/kend)
Barat	91,68
Timur	110,45
Selatan	44,82
Utara	39,97

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. 28 sebagai berikut.

Tabel 5. 28 Tingkat Pelayanan Hasil Permodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan Tiap Lengan	Volume (Kendaraan)	Tundaan Simpang	Tingkat Pelayanan (PM 96 2015)	Tingkat Pelayanan (HCM)
Barat	91,68	1644	66,56	D	D
Timur	110,45	780			
Selatan	44,82	2304			
Utara	39,97	1290			

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 0,93, pada lengan B menjadi 0,93 , pada lengan C menjadi 0,93. Berdasarkan pemodelan alternatif solusi 3 dapat disimpulkan bahwa nilai derajat kejenuhan mengalami kenaikan dengan tingkat pelayanan D berdasarkan PM 96 2015 dan tingkat pelayanan D berdasarkan Highway Capacity Manual. Nilai tundaan mengalami penurunan berdasarkan pemodelan VISSIM.

5.6 Pembahasan Kinerja Simpang

Berdasarkan analisis menggunakan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM terdapat perbedaan hasil. Tujuan dari penilitian ini diharapkan dapat memberikan solusi atas permasalahan yang ada pada simpang sehingga perlu dilakukan perbandingan hasil analisis pada kondisi eksisting dengan hasil analisis pada alternatif solusi perbaikan untuk mengetahui alternatif solusi terbaik. Analisis

kinerja berdasarkan PKJI 2023 berupa derajat kejenuhan, peluang antrean atau panjang antrean, dan tundaan pada simpang. Hasil pemodelan VISSIM berupa panjang antrean dan tundaan. Analisi PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM dilakukan 4 kali perhitungandan pemodelan dengan kondisi yang berbeda-beda yaitu kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3. Adapun perbandingan hasil dengan kondisi yang berbeda sebagai berikut.

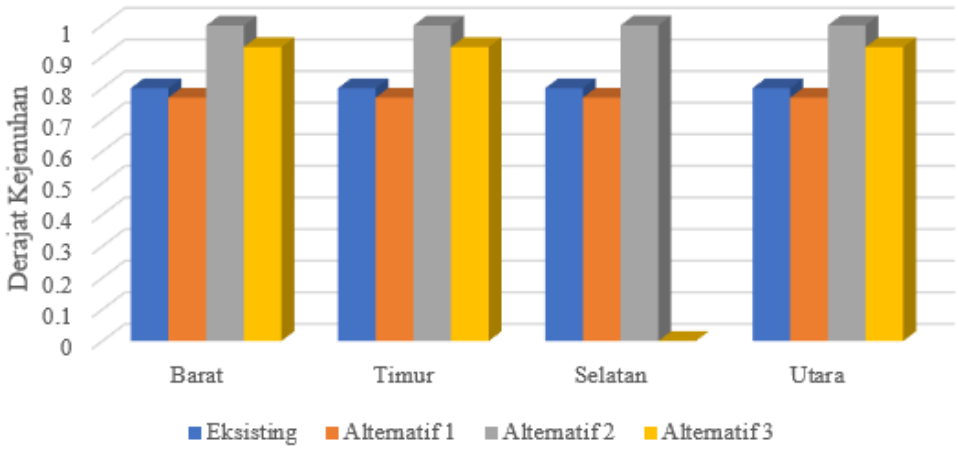
5.6.1. Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan

Terdapat perbedaan nilai derajat kejenuhan dari kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3. Perbandingan nilai derajat kejenuhan berdasarkan Perhitungan PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5. 29 Perbandingan Derajat Kejenuhan

	Barat	Timur	Selatan	Utara
Eksisting	0.8	0.8	0.8	0.8
Alternatif 1	0.77	0.77	0.77	0.77
Alternatif 2	0.998	0.998	0.999	0.999
Alternatif 3	0.93	0.93	0.93	0.93

Adapun histogram perbadingan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagai berikut



Gambar 5.7 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan

Berdasarkan Gambar 5.7 alternatif 1 memilik penurunan derajat kejenuhan yang paling tinggi dibandingkan dengan alternatif 2 dan 3. Pada alternatif 2 lengan timur tidak terdapat nilai derajat kejenuhan sebab pada alternatif tersebut tidak terdapat arus masuk dari lengan selatan

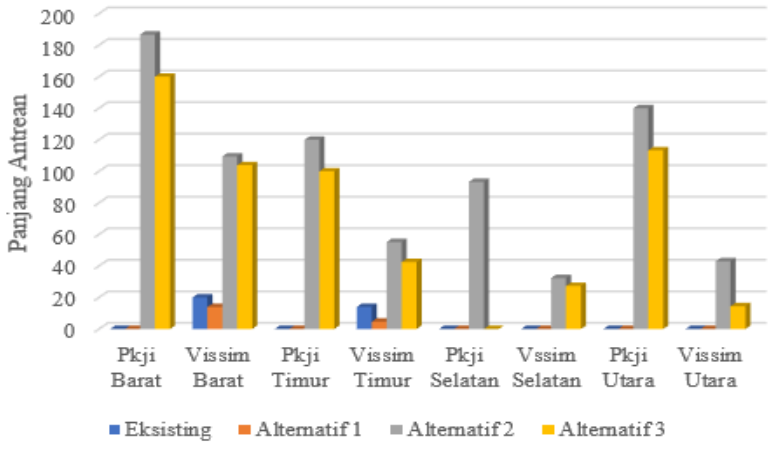
5.6.2 Perbandingan Nilai Panjang Antrean

Terdapat perbedaan hasil panajang antrean dari perhitungan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3. Perbandingan nilai derajat kejenuhan berdasarkan perhitungan PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut.

Tabel 5. 30 Perbandingan Panjang Antrean

	PKJI BARAT	VISSIM BARAT	PKJI TIMUR	VISSIM TIMUR	PKJI SELATAN	VISSIM SELATAN	PKJI UTARA	VISSIM UTARA
Eksisting	0	20	0	14	0	0	0	0
Alternatif 1	0	13,9	0	4,6	0	0	0	0
Alternatif 2	186,667	109,42	120	55,15	93,3	32,3	140	42,9
Alternatif 3	160	103,88	100	4238	0	27,3	113,3	14,42

Adapun histogram perbadingan panjang antrean dapat dilihat pada Gambar 5.8 sebagai berikut.



Gambar 5.8 Histogram Perbandingan Panjang Antrean

Pada Gambar 5.8 terdapat perbedaan nilai panjang antrean yang lumayan jauh antara hasil PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM. Perhitungan PKJI 2023 panjang antrean pada kondisi eksisting PKJI 2023 dan alternatif 1 PKJI 2023 tidak dapat hasil nilai panjang antran sebab termasuk simpang tak bersinyal.

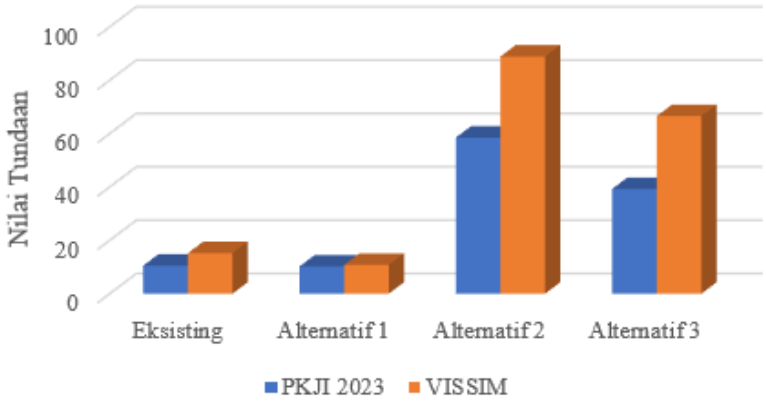
5.6.3 Perbandingan Nilai Tundaan

Terdapat perbedaan hasil panjang antrean dari perhitungan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3. Perbedaan hasil tundaan dari berbagai kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.31 sebagai berikut.

Tabel 5.31 Perbandingan Nilai Tundaan

	PKJI 2023	VISSIM
Eksisting	10,49	15,182
Alternatif 1	10,2	10,8
Alternatif 2	58,5	88,9
Alternatif 3	39,238	66,56

Adapun histogram perbadingan nilai tundaan dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5.9 Histogram Perbandingan Nilai Tundaan

Pada Gambar 5.9 terdapat perbedaan hasil tundaan alternatif 1 berdasarkan pemodelan VISSIM 2023 yang lumayan jauh dari kondisi eksisting. Tundaan pada alternatif 1 mendapatkan hasil yang paling rendah dari pada kondisi ekisiting, alternatif 2, dan alternatif 3.

5.6.4 Perbandingan Kinerja Simpang

Perbandingan kinerja simpang pada kondisi ekisiting alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 berdasarkan perhitungan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 3.32 sebagai berikut.

Tabel 5.32 Perbandingan Kinerja Simpang Telingsing

Parameter	Lengan	Eksisting		Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
		PKJI 2023	VISSIM	PKJI 2023	VISSIM	PKJI 2023	VISSIM	PKJI 2023	VISSIM
Derajat Kejenuhan	B	0,8		0,77		0,998		0,93	
	T					0,998		0,93	
	S					0,999			
	U					0,999		0,93	
Panjang Antrean (m)	B		20		13,9	186,667	109,42	160	103,88
	T		14		4,6	120	55,15	100	42,38
	S		0		0	93,3	32,3	0	27,3
	U		0		0	140	42.9	113,3	14,42
Tundaan Simpang (det/smp)		10,49	15,182	10,2	10,8	58,5	88,9	39,238	66,56
Tingkat Pelayanan		B	C	B	B	E	F	C	D

Kondisi eksisting pada Simpang Telingsing dengan perhitungan PKJI 2023 memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 0,8. Nilai derajat kejenuhan tersebut di bawah 0,85 tetapi sudah mendekati 0,85. Agar nilai derajat kejenuhan tidak melampui batas maka diperlukan solusi alternatif untuk meningkatkan tingkat pelayanan. Panjang antrean pada pemodelan VISSIM pada lengan Barat sebesar 20 m, lengan Timur sebesar 14 m, lengan Utara dan lengan Selatan tidak memiliki panjang antrean. Nilai tundaan simpang pada kondisi eksisting berdasarkan perhitungan PKJI 2023 sebesar 10,49 det/smp dan berdasarkan pemodelan VISSIM sebesar 15,182 det/smp.

Alternatif 1 dengan pelebaran pada Jalan Kyai Telingsing menjadi 4 m memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,77. Nilai derajat kejenuhan tersebut mengalami penurunan dari kondisi eksisting. Nilai panjang antrean kondisi alternatif 1 berdasarkan pemodelan VISSIM pada lengan Barat sebesar 13,9 m, lengan Timur sebesar 4,6 m, lengan Utara dan lengan Selatan tidak memiliki nilai panjang antrean. Berdasarkan perhitungan PKJI 2023 nilai tundaan mengalami penurunan sebesar 10,2 det/smp. Berdasarkan pemodelan VISSIM juga didapatkan penurunan nilai tundaan sebesar 10,8 det/smp.

Altternatif 2 dengan penambahan APPIL 4 fase waktu siklus 130 deik memiliki nilai panjang antrean pada lengan Barat sebesar 186,667 m, lengan Timur sebesar 120 m, lengan Selatan sebesar 93,3 m, dan lengan Utara sebesar 140 m. Berdasarkan perhitungan PKJI 2023 nilai tundaan simpang mengalami kenaikan sebesar 58,5 det/smp dan mengalamai kenaikan berdasarkan pemodelan VISSIM sebesar 88,9 det/smp.

Alternatif 3 dengan penambahan APPIL 3 fase waktu siklus 100 detik memiliki nilai nilai tundaan sebesar 39,238 det/smp. Nilai tundaan pada alternatif 3 mengalami penurunan dari alternatif 2. Tingkat pelayanan pada alternatif 3 juga lebih baik yaitu dengan tingkat pelayanan berdasarkan PKJI 2023 sebesar C dan berdasarkan pemodelan VISSIM yaitu D.

Berdasarkan dari hasil ketiga alternatif solusi tersebut bahwa alternatif solusi 1 yaitu pelebaran pada jalan kyai Telingsing menjadi 4 m dapat menurunkan derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan sehingga tingkat pelaqyanan pada simpang Telingsing dapat naik menjadi B. Oleh karena itu, alternatif solusi ini paling terbaik dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang.

5.6.5 Prediksi 5 Tahun Mendatang

Analisis kinerja Simpang 5 tahun mendatang dilakukan untuk memperkirakan kondisi kelayakan jalan pada 5 tahun mendatang berdasarkan nilai derajat kejenuhan (Dj) dan tundaan (D) sesuai dengan PKJI 2023. Untuk mengetahui kinerja simpang pada tahun 2024 – 2029 perlu dilakukan analisis pertumbuhan penduduk dan jumlah arus kendaraan yang melewati simpang tersebut. Untuk mendapatkan angka pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor sesuai dengan

jenisnya, digunakan data sekunder berupa data jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Kudus pada tahun 2018 – 2022 sebagai berikut.

Tabel 5.33 Jumlah Kendaraan Bermotor Kabupaten Kudus 2018 - 2022

Tahun	Jumlah Kendaraan
2018	488,798
2019	518,074
2020	536,160
2021	554,246
2022	588,765

Untuk menghitung pertumbuhan volume kendaraan (i) dapat diihat pada perhitungan sebagai berikut.

Pertumbuhan (%) : $\frac{Jumlah\ Kendaraan\ 2022 - Jumlah\ Kendaraan\ 2018}{Jumlah\ Kendaraan\ 2018} \times 100\%$

$$\frac{588{,}765 - 488{,}798}{488{,}798} \times 100\%$$

: 20,090%

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan pertumbuhan jumlah kendaraan dalam 4 tahun sebesar 20,90% dan rata – rata pertahun sebesar 4,18%.

Perhitungan pertumbuhan lalu lintas dengan metode eksponensial di hitung berdasarkan LHRT, LHRo serta umur rencana (n). Rumus umum yang dipergunakan adalah

LHRT = LHRo (1+i)n

Dimana : LHRT =

LHRo : LHR awal umur rencana

n : umur rencana tahun

i : angka pertumbuhan

dengan menggunakan persamaan diatas, maka nilai pertumbuhan arus kendaraan pada tiap lengan simpang dapat dilihat pada Tabel 5.34 sebagai berikut.

Tabel 5.34 Pertumbuhan Arus Kendaraan Tiap Tahun

Tahun	Jl. Kyai Telingsing			Jl. Menara			Jl. Sunan Kudus			Jl. Sunan Kudus		
	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
2024	944	876	1022	860	830	987	1234	1087	1397	1288	1112	1432
2025	1011	941	1087	926	897	1054	1299	1152	1462	1353	1117	1497
2026	1084	1011	1158	997	970	1135	1369	1222	1533	1423	1247	1568
2027	1161	1087	1236	1074	1047	1221	1443	1297	1608	1498	1323	1645
2028	1242	1168	1320	1157	1130	1311	1524	1378	1688	1577	1403	1726
2029	1327	1257	1409	1244	1218	1402	1610	1464	1768	1661	1488	1811

Pada sub bab sebelumnya dipilih alternatif I yang menjadi alternatif paling efektif untuk simpang Jl. Telingsing Kabupaten Kudus. Oleh karena itu alternatif tersebut digunakan untuk lima tahun mendatang yang bertujuan melihat kinerja simpang yang terjadi pada masa mendatang sesuai persyaratan yang ada di PKJI 2023. Untuk hasil Derajat Kejenuhan (DJ) dan Tundaan Simpang dapat dilihat pada Tabel 5.35 dan 5.36 sebagai berikut:

Tabel 5.35 Derajat Kejenuhan Tiap Tahun Sesuai Alternatif I

	Derajat Kejenuhan					
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
DJ	0.77	0,8	0,83	0,86	0,9	0,94

Tabel 5.36 Tundaan Tiap Tahun

	Tundaan					
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
T	10,20	10,60	11,05	12,50	13,70	15,80

Berdasarkan perhitungan pada prediksi 5 Tahun mendatang didapatkan nilai derajat kejenuhan pada Tahun 2029 sebesar 0,94. Tundaan simpang pada Tahun 2029 sebesar 15,80 dengan tingkat pelayanan. Sehingga pada 5 tahun mendatang diperlukan solusi alternatif untuk mengatasi simpang Telingsing.

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 Telingsing pada kondisi eksisting didapatkan nilai derajat kejenuhan (DJ) pada simpang tak bersinyal Telingsing sebesar 0,80. Nilai panjang antrean pada lokasi simpang berdasarkan hasil observasi di lapangan untuk Lengan A (Barat) sebesar 30 m, Lengan B (Timur) sebesar 24 m, Lengan C (Selatan) sebesar 12 m, dan Lengan D (Utara) sebesar 10 m dan nilai tundaan Simpang Telingsing sebesar 10,49 det/kend dengan tingkat pelayanan B.
2. Berdasarkan hasil pemodelan VISSIM, didapati alternatif solusi untuk perbaikan pada Simpang Telingsing yang paling efektif yaitu alternatif solusi 1. Alternatif 1 yaitu Pelebaran Pada Jalan Kyai Telingsing Menjadi 4 m Pada Kondisi Eksisting. Dibanding dengan alternatif solusi 2 dan alternatif solusi 3 yaitu penambahan APPIL yang mengalami kenaikan tundaan dan tingkat pelayanan, alternatif solusi 1 lebih efektif yaitu mengalami penurunan waktu tundaan 10,20 det/kend dengan tingkat pelayanan B. Adapun hasil alternatif solusi 1 diperoleh nilai derajat kejenuhan (DJ) pada simpang dengan penambahan sinyal simpang Telingsing yaitu 0,77. Nilai panjang antrean pada lokasi simpang berdasarkan hasil pemodelan VISSIM untuk Lengan A (Barat) sebesar 13,9 m, Lengan B (Timur) sebesar 4,6 m, Lengan C (Selatan) sebesar 0 m, dan Lengan D (Utara) sebesar 0 m. Nilai tundaan Simpang Telingsing berdasarkan pemodelan VISSIM sebesar 10,20 det/kend dengan tingkat pelayanan B berdasarkan PM 96 2015 dan tingkat pelayanan B berdasarkan *HCM*.

6.2 Saran

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

1. Hasil analisis dan pemodelan ini dapat menjadi refrensi bagi Pemerintah Kabupaten Kudus dan Dinas Perhubungan Kabupaten Kudus dalam upaya perbaikan kinerja Simpang Telingsing.
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

Afni, D.N., Juwita, F. Prikurnia, A.K., Putri, I.Y. 2023. Analisis Simpang Tak Bersinyal di Jalan Ahmad Yani – Jalan Raden Intan Gadingrejo Menggunakan PKJI 2023. *Jurnal Teknika Sains*. Volume 08, Nomer 02. Lampung.

Anonim. 2023. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Penerbit Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umuum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.

Artiani, G.P. dan Azhiary, R. 2019. *Upaya Perbaikan Kinerja Simpang Empat Bersinyal Pada Jalan Duren Tiga Selatan Dengan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014*. Jakarta.

Darmawan, A.T. 2023. *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Monumen Jogja Kembali*. Yogyakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Pernerbit Bina Marga. Jakarta.

Fadhlillah, M.R. 2021. *Evaluasi Kinerja dan Usulan Perbaikan Simpang Bersinyal Pogung*. Yogyakarta.

Firdaus, A.Z.G. 2024. *Koordinasi Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Tangan Ringin Cebongan Kabupaten Sleman Dengan Pemodelan PTV Vissim*. Yogyakarta.

Gustavsson, F. N. 2007. New Transportation Research Progress. New York: Nova Science Publisher, Inc.

Hajia, C.M. 2020. *Analisis Perilaku Lalu Lintas Jalan Perkotaan Kota Baubau Dengan Membandingkan Metode MKJI 1997 dan PKJI 2014*, 6(20), pp. 81-85. Tersedia pada:http://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun.

Hidayati, R., Widodo, S. dan 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)*, 5(3). Tersedia pada: https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/29258

Juwita, Farida. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan PTV VISSIM 9.0 (Studi Kasus Jalan AH Nasution – Jalan Way Pangabuan – Jalan Tanggamus). *Jurnal Teknika Sains*. Volume 06, Nomer 01. Lampung.

Menteri Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomer : PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Menteri Perhubungan. Jakarta.

Morlok, Edward k. 1998. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Jakarta: Erlangga.

Nurcahyanto, M.I. 2021. *Kinerja Koordinasi Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Bersinyal UIN Sunan Kalijaga dengan Simpang Bersinyal Demangan)*. Yogyakarta.

Nurfaturohman, A. dan Widodo, W. 2019. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Studi Kasus : Simpang Empat Jalan Selokan Mataram – Jalan Tantular. *Naskah publikasi repository UMY*. Yogyakarta.

Prananda, H.M. 2023. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal dan Tidak Bersinyal Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023. *Tugas Akhir tidak dipubliskan Dspace UII*. Yogyakarta.

Romadhona, P.J. Ikhsan, T.N., Prasetyo, D. 2019. *Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas: PTV VISSIM 9.0*. Yogyakarta.

Sarwanta dan Abdulgani, H. 2022. Pemodelan Kinerja Simpang Tidak Bersinyal menggunakan Perangkat Lunak Vissim. *Jurnal SOSHUMDIK*. Volume 01, Nomer 04. Indramayu.

Sulaeman, M.N., Thalib, A.A.A.D. Annisa, H. 2023. Penggunaan Software Vissim untuk Analisa Simpang Tak Bersinyal. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro*. Volume 01, Nomer 02. Sulawesi Selatan.

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*, 3(10), pp 685-695. Tersedia pada : https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jss/article/view/9956/9542

Wibowo, M.R.A dan Widayanti. 2023. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal pada Ruan Jalan Menur Pumpungan – Jalan Manyar Indah Raya – Jalan Manyar Tirtoyoso di Kota Surabaya dengan Metode PKJI 2014. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*. Volume 10, Nomer 03 2023 Halaman 278 – 190. Surabaya.

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	15
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	12
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	67
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	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
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	1	0	2	0	0
16.45-17.00	2	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0
17.00-17.15	3	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
17.15-17.30	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	1	1
17.30-17.45	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
17.45-18.00	0	1	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