

**EVALUASI EFEKTIFITAS PENGATURAN SINYAL PADA
SIMPANG 5 BALAPAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA
SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

KERJA KERTAS WAJIB



DISUSUN OLEH:

I KADEK ARTA BAWA

NOTAR : 2003008

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN
2023**

**EVALUASI EFEKTIFITAS PENGATURAN SINYAL PADA
SIMPANG 5 BALAPAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA
SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Transportasi



DISUSUN OLEH:

I KADEK ARTA BAWA

NOTAR : 2003008

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

KERTAS KERJA WAJIB

EVALUASI EFEKTIFITAS PENGATURAN SINYAL PADA SIMPANG 5 BALAPAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM

Disusun Oleh :

I Kadek Arta Bawa

2003008

Disetujui untuk diajukan pada
Seminar Proposal/Sidang Akhir Kertas Kerja Wajib
Program Studi D-III Manajemen Transportasi Jalan

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



A. A Bagus Oka Khrisna Surya, S. T., M. T

NIP. 19900519 201902 1 002

Tanggal : 31 Juli 2023

Aswin Badarudin Atmajaya S.ST., MAP

NIP. 19900513 201012 1 004

Tanggal : 31 Juli 2023

Ditetapkan di : Tabanan

HALAMAN PENGESAHAN
KERTAS KERJA WAJIB
EVALUASI EFEKTIFITAS PENGATURAN SINYAL PADA SIMPANG 5
BALAPAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN
PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM

Telah dipersiapkan dan disusun oleh :

I Kadek Arta Bawa

200308

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 15 AGUSTUS 2023
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Tim Penguji

Dosen Penguji 1



Putu Eka Suartawan, S.T., M.T
NIP. 19820530 200912 1 003

Dosen Pembimbing 1



A. A Bagus Oka Khrisna Surya, S. T., M. T
NIP. 19900519 201902 1 002

Dosen Penguji 2



I Wayan Arnaya, S. SiT., M. Sc
NIP. 18880628 201012 1 004


Dosen Pembimbing 2



Aswin Badarudin Atmajaya S.ST., MAP
NIP. 19900513 201012 1 004

Mengetahui,

KETUA PROGRAM STUDI MTJ



Putu Eka Suartawan, S.T., M.T
NIP. 19820530 200912 1 003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya Taruna Dewasa I Kadek Arta Bawa, Notar 2003008, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Efektivitas Pengaturan Sinyal pada Simpang 5 Balapan untuk Meningkatkan Kinerja Dengan Pendekatan PKJI 2023 dan Vissim” merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Kertas Kerja Wajib ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau kesarjanaan maupun sertifikat akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali

Tabanan, 31 Juli 2023

Penulis



I KADEK ARTA BAWA

Notar. 2003008

KATA PENGANTAR

Dengan nama Tuhan Yang Maha Esa. Segala Puji dan rasa syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. salah satu nikmat yang diberikan adalah keberhasilan penulis untuk menyelesaikan Kertas Kerja Wajib yang berjudul “Evaluasi Efektivitas Pengaturan Sinyal pada Simpang 5 Balapan untuk Meningkatkan Kinerja Simpang dengan Pendekatan PKJI 2023 dan Vissim” dapat terselesaikan. Banyak pihak yang terlibat dalam membantu penulis untuk menyelesaikan proposal penelitian ini, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Efendhi Parih Raharjo, S.T., S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali beserta staf pegawai lainnya.
2. Bapak Putu Eka Suartawan, S.T, M.T. selaku Kepala Program Studi D-III Manajemen Transportasi Jalan beserta dosen-dosen, yang telah banyak memberikan bimbingan selama pendidikan.
3. Bapak A. A Bagus Oka Khrisna Surya, S.T., M.T. dan Bapak Aswin Badaruddin Atmajaya, S.ST sebagai dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan Proposal Penelitian ini.
4. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari Kertas Kerja Wajib ini masih jauh dari kata sempurna serta banyak kekurangan didalamnya dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penyusun. Untuk itu, penulis sangat berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk penyempurnaan laporan ini

Tabanan, 31 Juli 2023

Penulis



I KADEK ARTA BAWA

Notar. 2003008

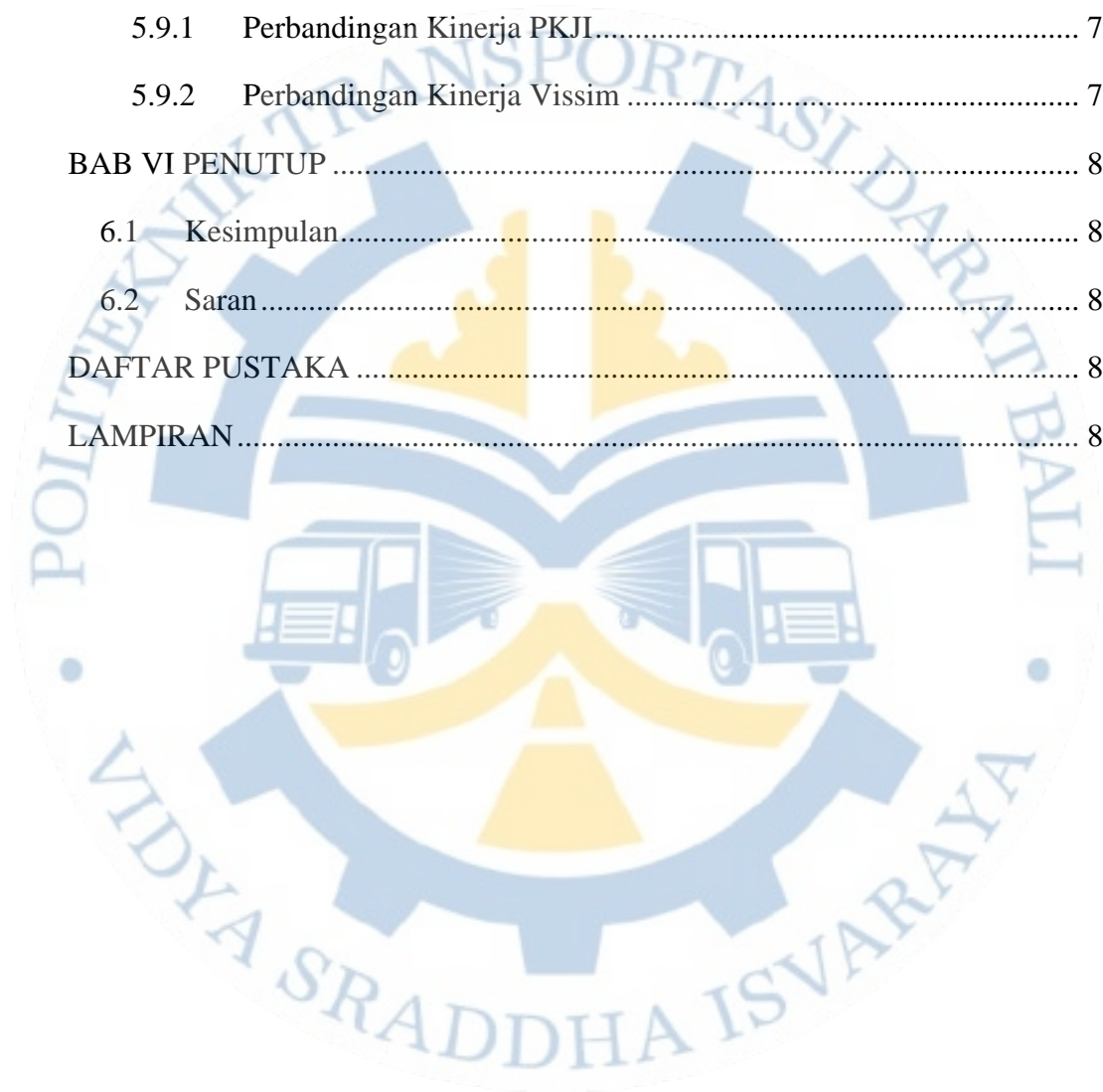
DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II GAMBARAN UMUM.....	5
2.1 Kondisi Wilayah.....	5
2.2 Kondisi Objek.....	6
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	10
3.1 Perhitungan Simpang Bersinyal	10
3.1.1 Data Masukan Simpang	10
3.1.2 Data Geometrik Simpang.....	10
3.1.3 Perhitungan Arus Jenuh	11
3.1.4 Rasio Arus.....	13

3.1.5	Rasio Fase	14
3.1.6	Waktu Siklus	14
3.1.7	Waktu Antar Hijau	14
3.1.8	Waktu Hijau Pra Penyesuaian	15
3.1.9	Kapasitas	15
3.1.10	Derajat Kejenuhan	16
3.1.11	Panjang Antrian	16
3.1.12	Tundaan	16
3.2	Analisis Dengan Vissim	17
3.2.1	Membangun Pemodelan	17
3.2.2	Kalibrasi Vissim	18
3.2.3	Validasi Vissim	19
3.2.4	Output Simulasi Vissim	19
3.3	Penelitian Terdahulu	20
BAB IV METODOLOGI		22
3.1	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data	22
3.2	Metode Analisis Data	23
3.3	Bagan Alir Penelitian	29
3.4	Timeline Kegiatan	32
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		33
5.1	Pengumpulan Data	33
5.1.1	Inventarisasi Simpang	33
5.1.2	Data volume simpang	34
5.1.3	Panjang Antrian	34
5.1.4	Data Kecepatan Sesaat	35

5.2	Kondisi Eksisting.....	39
5.2.1	Fluktuasi Volume Lalu Lintas.....	39
5.2.2	Proporsi Kendaraan.....	39
5.2.3	<i>Plan</i> Eksisting	40
5.2.4	Diagram Flow Simpang	42
5.3	Analisis Kondisi Eksisting Dengan PKJI 2023.....	44
5.3.1	Manginput data CTMC	44
5.3.2	Rasio Kendaraan Berbelok.....	45
5.3.3	Mencari Arus Jenuh (J).....	45
5.3.4	Mencari Kapasitas (C).....	46
5.3.5	Mencari Derajat Kejenuhan (Dj).....	47
5.3.6	Mencari Panjang Antrian	47
5.3.7	Mencari Tundaan	49
5.3.8	Tabulasi Kinerja Simpang Eksisting.....	51
5.4	Kalibrasi dan Validasi Vissim.....	52
5.4.1	Kalibrasi Vissim.....	53
5.4.2	Validasi Vissim.....	53
5.5	Analisis Kondisi Eksisting Dengan Vissim.....	55
5.5.1	<i>Plan</i> 1 (05.00-10.00).....	55
5.5.2	<i>Plan</i> 2 (10.00-14.00).....	56
5.5.3	<i>Plan</i> 3 (14.00-19.00).....	57
5.6	Perencanaan <i>Plan</i>	59
5.7	Analisis Perencanaan Dengan PKJI 2023	61
5.7.1	Analisis Perencanaan Usulan 1	61
5.7.2	Analisis Perencanaan Usulan 2	63

5.8	Analisis Perencanaan Dengan Vissim.....	65
5.8.1	Analisis Perencanaan Usulan 1	65
5.8.2	Analisis Perencanaan Usulan 2	69
5.9	Perbandingan Kinerja.....	72
5.9.1	Perbandingan Kinerja PKJI.....	72
5.9.2	Perbandingan Kinerja Vissim	75
BAB VI PENUTUP		80
6.1	Kesimpulan.....	80
6.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN.....		87



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Nilai EMP	10
Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping	11
Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Akibat Ukuran Kota	12
Tabel 3. 4 Waktu Siklus Yang Disarankan	14
Tabel 3. 5 Tabel Waktu Antar Hijau	15
Tabel 3. 6 Kesimpulan Hasil Uji Statistik Geoffrey E. Havers (GEH).....	19
Tabel 4. 1 Timeline Kegiatan.....	32
Tabel 5. 1 Lebar Efektif Simpang	34
Tabel 5. 2 Data Panjang Antrian Pagi Hari.....	34
Tabel 5. 3 Data Panjang Antrian Siang Hari.....	35
Tabel 5. 4 Data Panjang Antrian Sore Hari.....	35
Tabel 5. 5 Kecepatan Persentil 85% Pagi Hari	36
Tabel 5. 6 Kecepatan Persentil 85% Siang Hari	36
Tabel 5. 7 Kecepatan Persentil 85% Sore Hari	36
Tabel 5. 8 Komposisi Kendaraan	40
Tabel 5. 9 Formulir SA-II	45
Tabel 5. 10 Rasio Kendaraan Berbelok.....	45
Tabel 5. 11 Arus Jenuh Simpang Kondisi Eksisting pada Plan 1	46
Tabel 5. 12 Kapasitas Simpang Kondisi Eksisting pada Plan 1.....	47
Tabel 5. 13 Derajat Kejenuhan Simpang Kondisi Eksisting pada Plan 1	47
Tabel 5. 14 NQ 1 pada Pendekat Simpang	48
Tabel 5. 15 NQ 2 pada Pendekat Simpang	49
Tabel 5. 16 NQ pada Pendekat Simpang	49
Tabel 5. 17 Panjang Antrian pada Plan 1 Kondisi Eksisting	49
Tabel 5. 18 Tundaan Lalu Lintas pada Plan 1	50
Tabel 5. 19 Tundaan Geometri pada Plan 1	51
Tabel 5. 20 Tundaan Kondisi Eksisting pada Plan 1	51
Tabel 5. 21 Tabulasi Kinerja Simpang Eksisting.....	51
Tabel 5. 22 parameter kalibrasi Vissim.....	53

Tabel 5. 23 Kesimpulan Rumus Statistik Geoffrey E. Havers.....	54
Tabel 5. 24 Perbandingan Volume pada Proses Validasi Model.....	54
Tabel 5. 25 Hasil Validasi dengan Uji GEH.....	54
Tabel 5. 26 Hasil Validasi Panjang Antrian dengan Uji GEH.....	55
Tabel 5. 27 Tabulasi Kinerja Plan 1 Eksisting Dengan Vissim.....	56
Tabel 5. 28 Tabulasi Kinerja Plan 2 Dengan Vissim.....	57
Tabel 5. 29 Tabulasi Kinerja Plan 3 Dengan Vissim.....	58
Tabel 5. 30 Tabulasi Kinerja Plan 4 Dengan Vissim.....	59
Tabel 5. 31 Rasio Arus Simpang Plan 1 Eksisting	61
Tabel 5. 32 Perbandingan waktu hijau eksisting dan waktu hijau usulan 1.....	62
Tabel 5. 33 Tabel Tabulasi Kinerja dengan Perubahan Distribusi Waktu Hijau ..	63
Tabel 5. 34 Perbandingan Waktu Hijau Eksisting dan Setelah Perencanaan	64
Tabel 5. 35 Tabulasi Kinerja Simpang Dengan Perubahan Waktu Siklus.....	64
Tabel 5. 36 Tabulasi Kinerja Plan 1 Usulan 1 Dengan Vissim.....	66
Tabel 5. 37 Tabulasi Kinerja Plan 2 Usulan 1 Dengan Vissim.....	67
Tabel 5. 38 Tabulasi Kinerja Plan 3 Usulan 1 Dengan Vissim.....	68
Tabel 5. 39 Tabulasi Kinerja Plan 1 Usulan 2 Dengan Vissim.....	69
Tabel 5. 40 Tabulasi Kinerja Plan 2 Usulan 2 Dengan Vissim.....	70
Tabel 5. 41 Tabulasi Kinerja Plan 1 Usulan 2 Dengan Vissim.....	72
Tabel 5. 42 Perbandingan Kinerja Derajat Kejenuhan dengan Pendekatan PKJI 2023.....	72
Tabel 5. 43 Perbandingan Kinerja Panjang Antrian dengan Pendekatan PKJI 2023	73
Tabel 5. 44 Perbandingan Kinerja Tundaan dengan Pendekatan PKJI 2023.....	74
Tabel 5. 45 Penentuan Usulan Terbaik dengan Pendekatan PKJI 2023	75
Tabel 5. 46 Perbandingan Kinerja Panjang Antrian <i>Plan 1</i> dengan Pendekatan Vissim	75
Tabel 5. 47 Perbandingan Tundaan <i>Plan 1</i> dengan Pendekatan Vissim.....	76
Tabel 5. 48 Perbandingan Kinerja Panjang Antrian <i>Plan 2</i> dengan Pendekatan Vissim	77
Tabel 5. 49 Perbandingan Tundaan <i>Plan 2</i> dengan Pendekatan Vissim.....	77

Tabel 5. 50 Perbandingan Kinerja Panjang Antrian <i>Plan</i> 3 dengan Pendekatan Vissim	78
Tabel 5. 51 Perbandingan Tundaan <i>Plan</i> 2 dengan Pendekatan Vissim.....	78
Tabel 5. 52 Penentuan Usulan Terbaik dengan Pendekatan Vissim.....	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Jaringan Jalan dan Simpang Bersinyal Kota Surakarta.....	5
Gambar 2. 2 Tampak Atas Simpang 5 Balapan	6
Gambar 2. 3 Pendekat Utara (Jalan Letjen S. Parman Segmen 3).....	7
Gambar 2. 4 Pendekat Selatan (Masuk Simpang).....	7
Gambar 2. 5 Pendekat Selatan (Keluar Simpang).....	8
Gambar 2. 6 Pendekat Timur	8
Gambar 2. 7 Pendekat Barat.....	9
Gambar 3. 1 Visualisasi Lebar Efektif.....	11
Gambar 3. 2 Faktor Koreksi Akibat Kelandaian.....	12
Gambar 3. 3 Faktor Koreksi Akibat Adanya Parkir.....	12
Gambar 3. 4 Faktor Koreksi Akibat Arus Lalu Lintas Yang Belok Kiri	13
Gambar 3. 5 Faktor Koreksi Akibat Arus Lalu Lintas Yang Belok Kanan	13
Gambar 4. 1 Membuat Link dan Conector.....	24
Gambar 4. 2 Tahap 2D/3D Model.....	24
Gambar 4. 3 Tahap 2D/3D Model Distributions.....	25
Gambar 4. 4 Tahap Vehicle Types dan Vehicle Class.....	25
Gambar 4. 5 Tahap Vehicle Compotitions.....	25
Gambar 4. 6 Tahap Vehicle Input.....	26
Gambar 4. 7 Tahap Vehicle Routes	26
Gambar 4. 8 Tahap Desire Speed.....	26
Gambar 4. 9 Tahap Signal Control	27
Gambar 4. 10 Tahap Driving Behavior.....	27
Gambar 4. 11 Tahap Nodes.....	28
Gambar 4. 12 Tahap Evaluation.....	28
Gambar 4. 13 Tahap Simulation	28
Gambar 5. 1 Inventarisasi Simpang 5 Balapan	33
Gambar 5. 2 Desire Speed Mobil Pendekat Utara	37
Gambar 5. 3 Desire Speed Kendaraan Sedang Pendekat Utara	38
Gambar 5. 4 Desire Speed Sepeda Motor Pendekat Utara.....	38

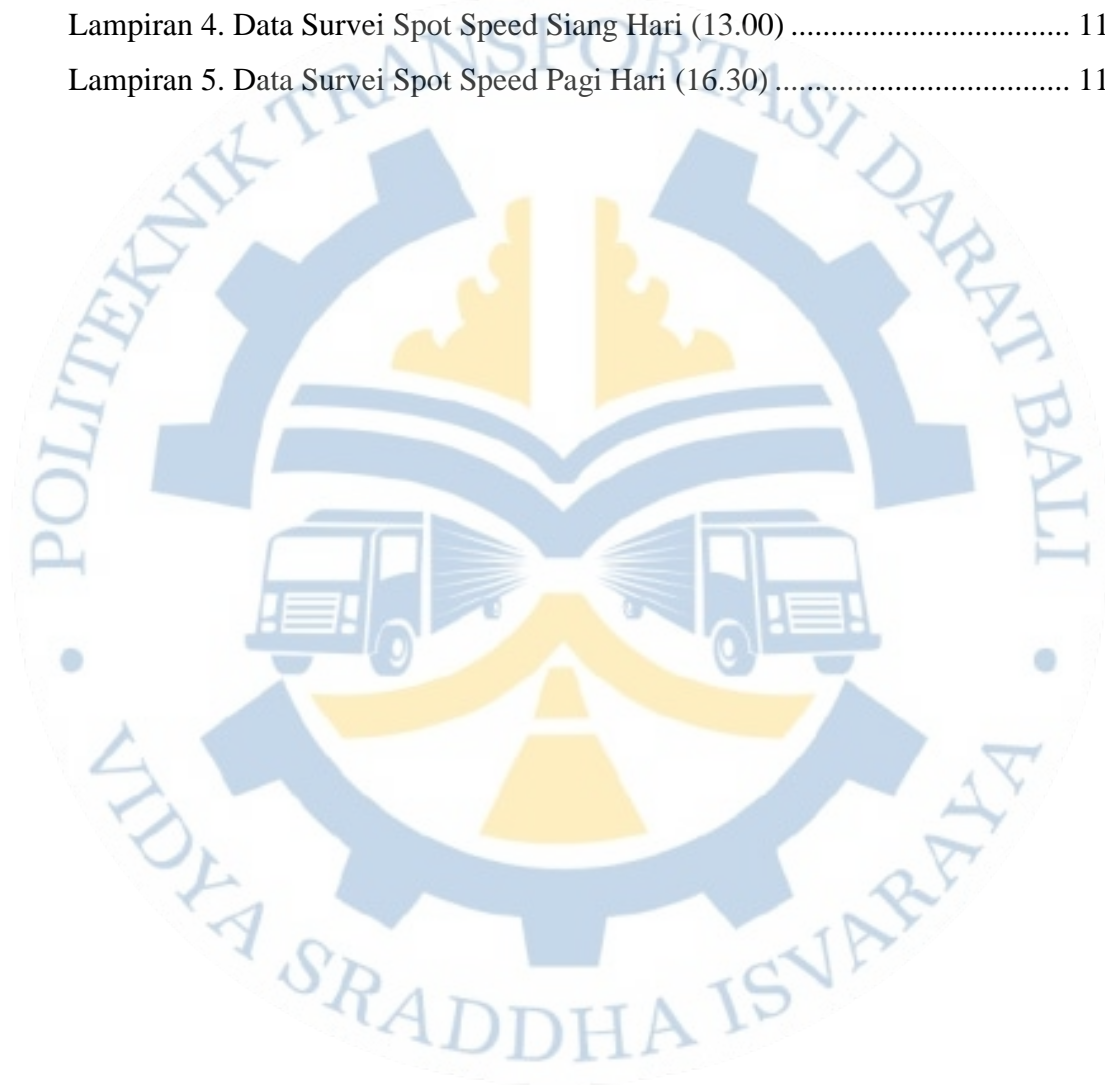
Gambar 5. 5 Fluktuasi Volume Lalu Lintas Simpang 5 Balapan	39
Gambar 5. 6 Proporsi Kendaraan pada Simpang 5 Balapan	40
Gambar 5. 7 Waktu Siklus Plan 1	40
Gambar 5. 8 Waktu Siklus Plan 2	41
Gambar 5. 9 Waktu Siklus Plan 3	41
Gambar 5. 10 Waktu Siklus Plan 4	41
Gambar 5. 11 Waktu Siklus Plan 5	42
Gambar 5. 12 Diagram Arus Simpang Plan 1	42
Gambar 5. 13 Diagram Arus Simpang 2	43
Gambar 5. 14 Diagram Arus Simpang 3	43
Gambar 5. 15 Diagram Arus Simpang 4	44
Gambar 5. 16 Waktu Siklus Plan 1 Eksisting	55
Gambar 5. 17 Visualisasi Panjang Antrian Plan 1 Eksisting Dengan Vissim	56
Gambar 5. 18 Waktu Siklus Plan 2 Eksisting	56
Gambar 5. 19 Visualisasi Panjang Antrian Plan 2 Dengan Vissim	57
Gambar 5. 20 Waktu Siklus Plan 3 Eksisting	57
Gambar 5. 21 Visualisasi Panjang Antrian Plan 3 Dengan Vissim	58
Gambar 5. 22 Waktu Siklus Plan 4 Eksisting	59
Gambar 5. 23 Visualisasi Panjang Antrian Plan 4 Dengan Vissim	59
Gambar 5. 24 Fluktuasi Volume Simpang	60
Gambar 5. 25 Waktu Siklus Plan 1 Usulan 1	66
Gambar 5. 26 Visualisasi Panjang Antrian Plan 1 Usulan 1	66
Gambar 5. 27 Waktu Siklus Plan 2 Usulan 1	67
Gambar 5. 28 Visualisasi Panjang Antrian Plan 2 Usulan 1	67
Gambar 5. 29 Waktu Siklus Plan 3 Usulan 1	68
Gambar 5. 30 Visualisasi Panjang Antrian Plan 3 Usulan 1	68
Gambar 5. 31 Waktu Siklus Plan 1 Usulan 2	69
Gambar 5. 32 Panjang Antrian Plan 1 Usulan 2	70
Gambar 5. 33 Waktu Siklus Plan 2 Usulan 2	70
Gambar 5. 34 Panjang Antrian Plan 2 Usulan 2	71
Gambar 5. 35 Waktu Siklus Plan 3 Usulan 2	71

Gambar 5. 36 Panjang Antrian Plan 3 Usulan 3 72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir Inventarisasi Simpang	87
Lampiran 2. Formulir Survei CTMC 16 Jam.....	88
Lampiran 3. Data Survei Spot Speed Pagi Hari (07.00)	110
Lampiran 4. Data Survei Spot Speed Siang Hari (13.00)	113
Lampiran 5. Data Survei Spot Speed Pagi Hari (16.30)	117



INTISARI

**EVALUASI EFEKTIFITAS PENGATURAN SINYAL PADA
SIMPANG 5 BALAPAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG
DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

Oleh
I Kadek Arta Bawa

2003008

Sim pang 5 Balapan merupakan simpang yang terletak di Kota Surakarta. Berdasarkan analisis Tim PKL Kota Surakarta, Sim pang 5 Balapan memiliki kinerja yang kurang optimal, dimana memiliki derajat kejenuhan tertinggi pada pendekat timurnya mencapai 0,99, panjang antrian 168 m serta tundaan sebesar 165,94 det/smp. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja simpang serta melakukan optimalisasi agar lebih baik kinerjanya dengan metode pendekatan PKJI 2023 dan Vissim. Pendekatan PKJI 2023 digunakan untuk mencari indikator kinerja derajat kejenuhan, panjang antrian, serta tundaan. Sedangkan untuk Vissim digunakan untuk mencari panjang antrian dan tundaannya, serta mendapatkan hasil simulasinya. Kedua pendekatan ini digunakan untuk melihat perbedaan hasil kinerja rencana perbaikan yg diusulkan.

Hasil dari penelitian didapatkan kinerja eksisting pada pukul 05.00-10.00 (*plan 1*), 10.00-14.00 (*plan 2*), dan pada pukul 14.00-19.30 (*plan 3*) memiliki kinerja yang belum optimal karena memiliki derajat kejenuhan yang melebihi 0,85 sehingga perlu dilakukan evaluasi. Adapun hasil setelah dilakukan evaluasi dengan PKJI 2023 maupun Vissim yaitu pada *plan 1*, *plan 2*, dan *plan 3* peningkatan kinerja terbaik dilakukan dengan pengaturan ulang waktu siklus. Peningkatan kinerja terbukti dari menurunnya panjang antrian dan tundaannya.

Kata kunci : PKJI 2023, Vissim, Derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SIGNAL SETTINGS AT THE 5-RACE JUNCTIONS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF THE JUMPING USING THE PKJI 2023 AND VISSIM APPROACH

By

I Kadek Arta Bawa

2003008

Simpang 5 Balapan is an intersection located in Surakarta City. Based on the analysis of the Surakarta City PKL Team, Simpang 5 Balapan has less than optimal performance, which has the highest degree of saturation on the east approach reaching 0.99, a queue length of 168 m and a delay of 165.94 sec/smp. So the purpose of this research is to evaluate the performance of the intersection and to optimize it so that its performance is better. The calculation method used is the PKJI 2023 approach and the Vissim microsimulation. The PKJI 2023 approach is used to look for performance indicators of degree of saturation, queue length, and delays. Whereas Vissim is used to find queue lengths and delays, and get the simulation results.

The results of the study showed that the existing performance at 05.00-10.00 (plan 1), 10.00-14.00 (plan 2), and at 14.00-19.30 (plan 3) has not optimal performance because it has a degree of saturation that exceeds 0.85 so it is necessary evaluation is carried out. The results after evaluating with PKJI 2023 and Vissim, namely in plan 1, plan 2, and plan 3, the best performance improvement is carried out by rearranging the cycle time. Improved performance is evident from decreasing queue length and delays.

Key Words : PKJI 2023, Vissim, degree of saturation, queue length, delays

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surakarta adalah salah satu kota yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Dengan jumlah penduduk sejumlah 583.961 jiwa, Kota Surakarta memiliki luas administratif sebesar 46,72 Km² yang terdiri dari 5 kecamatan dan 54 Kelurahan (Badan Pusat Statistik 2023). Kota Surakarta masuk kedalam peringkat kota terbesar ketiga di Pulau Jawa bagian selatan menurut jumlah penduduknya. Dengan ramainya kota Surakarta tersebut, itu membuat mobilitas di kota surakarta juga tinggi, baik yang melakukan perjalanan internal-internal, internal eksternal atau sebaliknya, ataupun dari eksternal-eksternal. Kota Surakarta yang merupakan CBD atau pusat dari beberapa wilayah sekitarnya seperti Kabupaten Karanganyar, Sukoharjo, dan Boyolali, membuat tarikan perjalanan ke dalam kota surakarta tinggi.

Dari kondisi tersebut, tentunya berdampak juga terhadap transportasi yang ada di Kota Surakarta. Permasalahan transportasi yang umum terjadi adalah kemacetan, tundaan, dan pencemaran udara (Hidayati, Slamet, and Sumiyattinah 2018). Salah satu penyebab kemacetan di Kota Surakarta disebabkan oleh kinerja simpang yang belum optimal. Persimpangan jalan merupakan suatu daerah atau tempat dimana dua atau lebih jalan raya bertemu atau berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu (Wulandari and Muchlisin 2021). Berdasarkan hasil analisis Tim PKL Kota Surakarta, salah satu simpang yang mengalami permasalahan adalah Simpang 5 Balapan.

Simpang 5 Balapan merupakan simpang yang terletak pada Kecamatan Banjarsari, berada di perbatasan Kelurahan Kestalan, Banjarsari, dan Kelurahan Gilingan. Berdasarkan analisis Tim PKL Kota Surakarta Tahun 2023, Simpang 5 Balapan memiliki kinerja yang buruk. Pendekat utara Simpang 5 Balapan adalah Jalan Letjen S. Parman 3 yang memiliki DS 0,56 dengan panjang antrian 79 m

dengan tundaan 36,48 det/smp. Pendekat selatan merupakan jalan Letjen S. Parman 2 yang memiliki DS 0,83 dengan panjang antrian. 45 m dengan tundaan 71,83 det/smp. Pendekat Timur merupakan jalan Monginsidi 2 yang memiliki DS 0,99 dengan Panjang antrian 168 m serta tundaan 165,94 det/smp. Pendekat barat merupakan jalan Monginsidi 1 yang memiliki DS 0,86 dengan panjang antrian. 77 m, serta tundaan 75,44 det/smp. Pengaturan fase sinyal yang belum efektif membuat kinerja simpang menjadi buruk. Dilihat dari kinerjanya, Simpang 5 Balapan ini merupakan simpang yang perlu dilakukan upaya penanganan karena memiliki DS yang lebih dari 0,85.

Penelitian terkait peningkatan kinerja sudah terdapat di berbagai jurnal, seperti penelitian dari (Amal 2017) yang berjudul “Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal” (Studi Kasus Simpang Empat Taman Dayu Kabupaten Pasuruan). Dimana metode yang digunakan pada peningkatan kinerja simpang dilakukan dengan pedoman MKJI 1997 yang merubah jumlah fase simpang. Kemudian ada penelitian dari (Risky, Kadir, and Desei 2022) yang berjudul Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim Pada Perpotongan Jalan Prof. Dr. H.B Jassin dan Jalan Jendral Sudirman. Dimana metode yang digunakan adalah dengan pendekatan Vissim, dimana berisi mengenai penyesuaian *driving behavior* pada simpang. Sehingga dalam hal ini, penulis akan meningkatkan kinerja simpang dengan menggunakan dua metode yaitu dengan Vissim untuk mendapatkan kinerja beserta simulasinya pendekatan PKJI 2023 yang merupakan pembaruan dari MKJI 1997 (Negara 2022).

Dari uraian tersebut, maka penelitian dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang dengan judul **“Evaluasi Efektivitas Pengaturan Sinyal pada Simpang 5 Balapan untuk Meningkatkan Kinerja Dengan Pendekatan PKJI 2023 dan Vissim”**

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, adapun rumusan masalah pada Simpang 5 Balapan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja eksisting harian Simpang 5 Balapan dengan pendekatan PKJI 2023 dan Vissim?
2. Bagaimana *schedule plan* harian yang efektif berdasarkan fluktuasi volume lalu lintas dari pukul 05.00-21.00?
3. Bagaimana kinerja harian Simpang 5 Balapan dengan pendekatan PKJI 2023 dan Vissim setelah dilakukan optimalisasi?
4. Bagaimana usulan terbaik setiap *plan* untuk peningkatan kinerja simpang

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka adapun tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana kinerja eksisting harian simpang dengan menggunakan pendekatan PKJI 2023 dan Vissim
2. Untuk mengetahui *schedule plan* harian yang efektif berdasarkan fluktuasi volume lalu lintas dari pukul 05.00-21.00
3. Untuk mengetahui kinerja harian Simpang 5 Balapan dengan pendekatan PKJI 2023 dan Vissim setelah dilakukan optimalisasi
4. Untuk mengetahui usulan terbaik setiap *plan* untuk peningkatan kinerja simpang

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

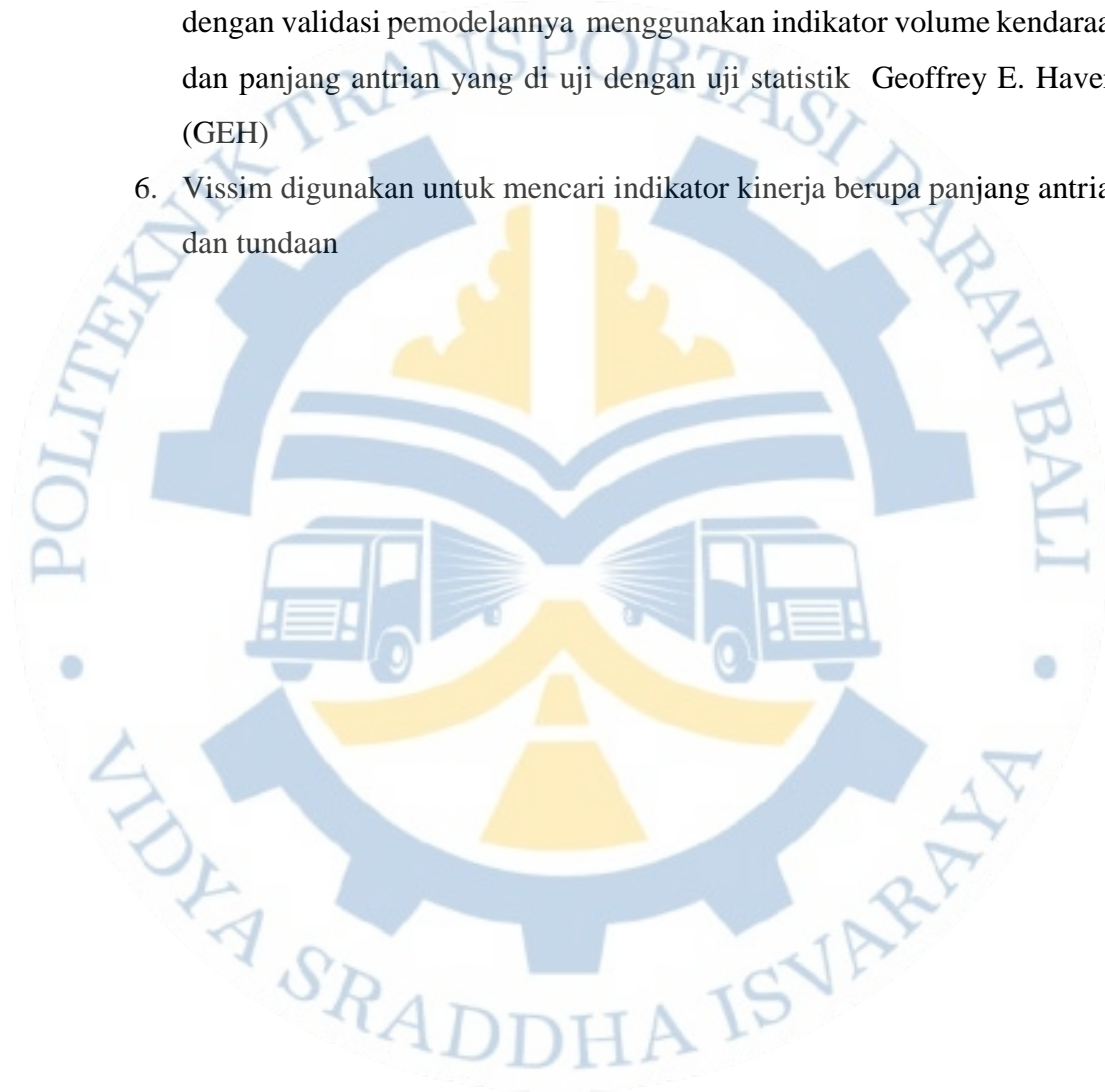
1. Memperoleh hasil pengaturan sinyal yang paling optimal sehingga dapat meningkatkan kinerja simpang
2. Dapat memberikan usulan kepada pihak terkait agar lalu lintas di persimpangan menjadi lebih optimal

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dimaksudkan agar mempermudah dalam pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data. Adapun batasan yang digunakan adalah sebagai berikut

1. Daerah studi hanya berfokus di Simpang 5 Balapan
2. Pengambilan data volume melalui survei CTMC dilakukan 1 hari saat hari normal selama 16 jam, yaitu pada pukul 05.00-21.00

3. Analisis hanya dilakukan terhadap data volume jam puncak pada setiap *Plan*
4. Perhitungan dengan PKJI 2023 dilakukan untuk mencari indikator kinerja berupa derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan
5. Adapun indikator yang digunakan untuk kalibrasi adalah *driving behavior* dengan validasi pemodelannya menggunakan indikator volume kendaraan dan panjang antrian yang di uji dengan uji statistik Geoffrey E. Havers (GEH)
6. Vissim digunakan untuk mencari indikator kinerja berupa panjang antrian dan tundaan



BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Berdasarkan data yang didapat dari Dinas PUPR, panjang ruas jalan Kota Surakarta sepanjang 128.807 Km dengan 12 ruas jalan arteri, 36 ruas jalan kolektor dan 203 ruas jalan lokal. Kota surakarta memiliki 67 simpang bersinyal. Berikut dibawah ini merupakan peta jaringan jalan dan simpang bersinyal Kota Surakarta.



Gambar 2. 1 Peta Jaringan Jalan dan Simpang Bersinyal Kota Surakarta
Sumber : Analisis Tim PKL Kota Surakarta Tahun 2023

Jaringan jalan di Kota Surakarta mempunyai pola jaringan jalan grid. Ciri-ciri jaringan yang memiliki pola grid adalah memiliki jalur utama yang relatif lurus, rute-rute yang paralel bertemu dengan interval yang teratur dengan rute-rute lainnya yang memiliki karakteristik yang hampir mirip. Pola tersebut dapat terjadi di wilayah yang memiliki geografi yang datar. Untuk wilayah yang aktivitas kegiatannya tersebar, sangat cocok dengan sistem jaringan jalan ini. Akan tetapi kerugian dari pola jaringan jalan grid adalah terdapat banyak perpotongan jalan yang menyebabkan banyak terdapat simpang.

2.2 Kondisi Objek

Simpang 5 Balapan merupakan simpang yang terletak pada Kecamatan Banjarssari, berada di perbatasan Kelurahan Kestalan, Banjarsari, dan Kelurahan Gilingan. Berikut ini merupakan tampak atas Simpang 5 Balapan.



Gambar 2. 2 Tampak Atas Simpang 5 Balapan
Sumber : Google Earth

Simpang 5 Balapan merupakan Simpang yang memiliki tipe 411 yang terdiri dari empat kaki simpang dengan satu lajur jalan minor dan satu lajur jalan mayor. Kaki mayor yaitu jalan Letjen. S. Parman memiliki tipe 2/2 D yaitu 2 lajur 2 arah dengan pemisah arah. Sedangkan jalan minornya yaitu Jalan Monginsidi memiliki tipe 2/2 UD yaitu 2 lajur 2 arah tanpa pemisah arah. Walaupun memiliki 5 kaki simpang, tetapi untuk pendekat selatan yaitu jalan Letjen S. Parman dan Jalan Syamsurizal yang merupakan jalan satu arah, dianggap menjadi satu pendekat, dimana Jalan Letjen S. Parman menjadi jalan masuk simpang sedangkan Jalan Syamsurizal menjadi jalan keluar simpang.

Adapun ruas jalan Simpang 5 Balapan ini terdiri dari Jalan Letjen S. Parman segmen 3 untuk pendekat utaranya. Untuk pendekat selatan terdiri dari 2 segmen jalan dengan masing-masingnya adalah jalan satu arah. Untuk pendekat selatan yang hanya menuju ke utara adalah jalan Letjen S. Parman segmen 3 sedangkan yang pendekat selatan yang menuju ke selatan adalah jalan Syamsurizal. Sedangkan

pendekat barat merupakan jalan Monginsidi segmen 1 dan pendekat timur merupakan Jalan Monginsidi segmen 2.



Gambar 2. 3 Pendekat Utara (Jalan Letjen S. Parman Segmen 3)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2023)

Pendekat utara Simpang 5 Balapan adalah Jalan Letjen S. Parman segmen 3. Tipe jalan ini adalah 2/2 D yaitu 2 lajur 2 arah dan dipisahkan dengan median. Adapun tata guna lahan dari jalan ini adalah terdapat beberapa pertokoan, dan terdapat Rumah Sakit Triharsi, sehingga jalan ini tergolong ke dalam hambatan samping sedang.



Gambar 2. 4 Pendekat Selatan (Masuk Simpang)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2023)



Gambar 2. 5 Pendekat Selatan (Keluar Simpang)

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2023)

Pendekat selatan merupakan Jalan Letjen S. Parman segmen 2 untuk jalur memasuki simpang, dan Jalan Syamsurizal untuk jalur keluar simpang. Tipe kedua jalan ini adalah 2/1 UD atau 2 lajur 1 arah. Adapun tata guna lahannya adalah daerah pertokoan serta dekat dengan Pasar Elpabes. Adapun hambatan samping dari simpang ini tergolong sedang.



Gambar 2. 6 Pendekat Timur

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2023)

Pendekat timur merupakan Jalan Monginsidi segmen 2 yang memiliki tipe jalan 2/2 UD . Pada jalan ini terdapat Rumah Sakit Triharsi, Kantor Logistik, serta

beberapa warung dan pertokoan, sehingga jalan ini memiliki hambatan samping sedang.



Gambar 2. 7 Pendekat Barat
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2023)

Pendekat barat merupakan Jalan Monginsidi segmen 1 dengan tipe jalan 2/2 UD. Adapun tata guna lahan jalan ini terdapat SPBU, dan beberapa warung dan pertokoan sehingga jalan ini memiliki hambatan samping sedang.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Perhitungan Simpang Bersinyal

3.1.1 Data Masukan Simpang

Arus lalu lintas dinyatakan dalam SMP/jam untuk satu atau lebih periode. Periode yang dimaksud bisa jadi pada jam puncak pagi, siang, atau sore. Arus lalu lintas dalam kend/jam dikonversi menjadi satuan SMP/jam menggunakan nilai EMP yang sesuai dengan masing-masing pendekatan; terlindung atau terlawan. Dalam satu pendekatan bisa terjadi dua tipe pendekatan yang berbeda dengan fase yang berbeda. Jika ditemukan permasalahan yang serupa, maka nilai EMP yang digunakan juga menjadi dua, sesuai tipe pendekatan tiap-tiap fase simpang tersebut.

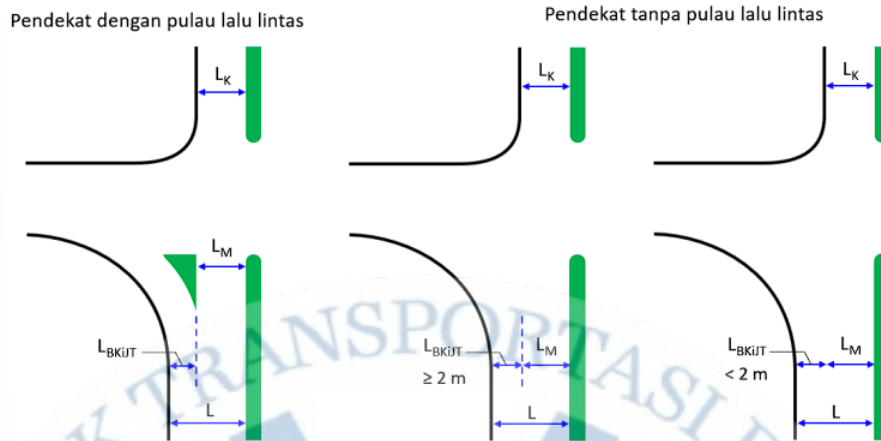
Tabel 3. 1 Tabel Nilai EMP

Jenis	EMP untuk tipe	
	pendekat	
kendaraan	Terlindung	Terlawan
MP	1	1
KS	1,3	1,3
SM	0,15	0,4

Sumber : PKJI 2023

3.1.2 Data Geometrik Simpang

Data geometrik simpang yang paling penting disini adalah lebar efektif simpang, sebab nilai ini yang akan dimasukkan untuk mencari kapasitas. Cara menentukan lebar pendekatan efektif yaitu dengan berdasar 3 parameter yaitu pendekatan awal (L), lebar masuk (Lm) dan lebar keluar (Lk). Berikut merupakan visualisasi dari lebar efektif:



Gambar 3. 1 Visualisasi Lebar Efektif
 Sumber : PKJI 2023

3.1.3 Perhitungan Arus Jenuh

Arus jenuh dapat ditentukan dengan rumus:

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3.1)$$

Berikut ini merupakan penjelasan terhadap masing-masing faktor koreksi tersebut

1. Arus Jenuh Dasar (J_0)

Merupakan kondisi arus jenuh ideal tanpa adanya hambatan lain.

Arus Jenuh Dasar Terlindung

$$J_0 = L_e \times 600 \quad (3.2)$$

2. Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping (F_{HS})

Berikut ini merupakan tabel koreksi akibat hambatan samping

Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,8	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	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
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	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	0,9	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (AT)	Tinggi /Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,8	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88

Sumber : PKJI 2023

3. Faktor Koreksi Akibat Ukuran Kota

Berikut ini merupakan tabel koreksi akibat ukuran kota

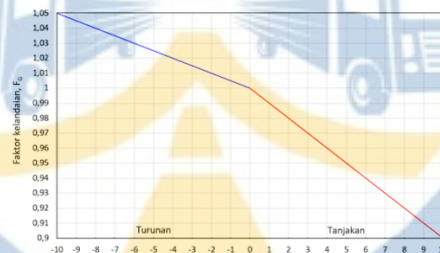
Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Akibat Ukuran Kota

Ukuran Kota	Penduduk (Juta)	Faktor Koreksi Ukuran Kota
Sangat Kecil	< 0,1	0.82
Kecil	0,1 - 0,5	0.88
Sedang	0,5 - 1.0	0.94
Besar	1,0 - 3,0	1.00
Sangat Besar	> 3,0	1.05

Sumber : PKJI 2023

4. Faktor Koreksi Akibat Kelandaian

Berikut ini merupakan tabel koreksi akibat kelandaian

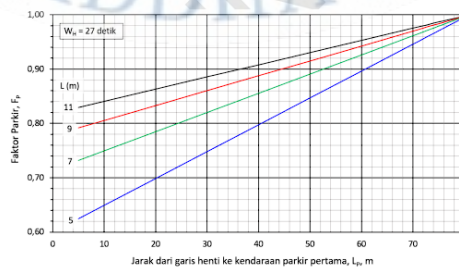


Gambar 3. 2 Faktor Koreksi Akibat Kelandaian

Sumber : PKJI 2023

5. Faktor Koreksi Akibat Adanya Parkir

Berikut ini merupakan tabel koreksi akibat adanya parkir

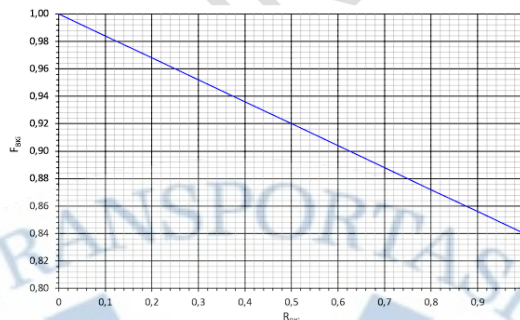


Gambar 3. 3 Faktor Koreksi Akibat Adanya Parkir

Sumber : PKJI 2023

6. Faktor Koreksi Akibat Arus Lalu Lintas Yang Belok Kiri

Berikut ini merupakan tabel koreksi akibat arus lalu lintas yang belok kiri

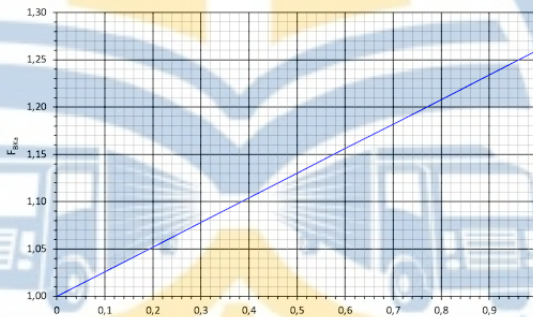


Gambar 3. 4 Faktor Koreksi Akibat Arus Lalu Lintas Yang Belok Kiri

Sumber : PKJI 2023

7. Faktor Koreksi Akibat Arus Lalu Lintas Yang Belok Kanan

Berikut ini merupakan tabel koreksi akibat arus lalu lintas yang belok kanan



Gambar 3. 5 Faktor Koreksi Akibat Arus Lalu Lintas Yang Belok Kanan

Sumber : PKJI 2023

3.1.4 Rasio Arus

Rasio arus masing-masing pendekat dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$R_{Q/J} = Q/J \quad (3.3)$$

Dengan :

Ras : Rasio arus masing-masing pendekat

Q : Arus lalu lintas (smp/jam)

J : Arus Jenuh

Rasio Arus Simpang (IFR) merupakan jumlah dari seluruh Ras pada masing-masing pendekat. Jika dalam satu pendekat terdapat lebih dari satu Ras, maka dipilih satu saja yang paling tinggi (FR_{crit})

3.1.5 Rasio Fase

Rasio fase masing-masing pendekatan dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$PR = \text{Ras}/\text{IFR} \quad (3.4)$$

3.1.6 Waktu Siklus

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan <10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus yang lebih singkat daripada nilai yang disarankan, akan menimbulkan kerugian bagi pejalan kaki. Sementara waktu siklus yang lebih dari 130 detik lamanya harus dihindari kecuali memang simpang tersebut sangat besar. Berikut ini merupakan tabel waktu siklus yang disarankan.

Tabel 3. 4 Waktu Siklus Yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Pengaturan 2 fase	40 - 80
Pengaturan 3 fase	50 - 100
Pengaturan 4 fase	80-130

Sumber : PKJI 2023

1. Waktu Siklus Pra Penyesuaian

Waktu siklus pra penyesuaian merupakan waktu siklus perencanaan dan bisa juga dicari dengan menggunakan rumus:

$$s = (1,5 \times W_{HH} + 5) / (1 - Rq/J \text{ kritis}) \quad (3.5)$$

Dimana :

S = Waktu siklus sebelum penyesuaian

WHH = Waktu hilang total per siklus (det)

Rq/J = Rasio arus simpang

2. Waktu Siklus Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan merupakan waktu siklus yang diperoleh saat melaksanakan survei inventarisasi. Adapun untuk menghitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasarkan rumus di bawah ini

$$c = \sum Wh + W_{HH} \quad (3.6)$$

3.1.7 Waktu Antar Hijau

Untuk keperluan praksis, nilai waktu antar hijau dapat ditentukan/mengacu pada tabel seperti di bawah:

Tabel 3. 5 Tabel Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai Normal WAH
Kecil	6 sampai kurang dari 10	4
Sedang	10 sampai kurang dari 15	5
Besar	lebih dari atau sama dengan 15	≥ 6

Sumber : PKJI 2023

3.1.8 Waktu Hijau Pra Penyesuaian

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari karena dapat menyebabkan pelanggaran lampu merah. Selain itu dapat menyebabkan pejalan kaki kesulitan untuk menyeberang. Penghitungan waktu hijau untuk tiap fase dapat dihitung menggunakan rumus:

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J \text{ kritis}}}{\sum (R_{q/J \text{ kritis}})_i} \quad (3.7)$$

Dimana :

s = Waktu siklus sebelum penyesuaian

W_{HH} = Waktu hilang total per siklus (det)

PR_i = Rasio Fase

W_h = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

3.1.9 Kapasitas

Kapasitas merupakan jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat melewati persimpangan (Direktorat Jenderal Bina Marga 1997). Kapasitas tiap pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C = J \times W_h / s \quad (3.8)$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

J = Arus Jenuh (smp/jam)

W_h = Waktu Hijau (det)

s = Waktu Siklus disesuaikan (c)

3.1.10 Derajat Kejenuhan

Perbandingan antara arus lalu lintas (Q) dengan kapasitas adalah derajat kejenuhan (Direktorat Jenderal Bina Marga 2023). Semakin tinggi nilai derajat kejenuhan maka kinerjanya semakin buruk. Rumus untuk mencari derajat kejenuhan adalah

$$D_j = Q/C \quad (3.9)$$

3.1.11 Panjang Antrian

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja simpang adalah panjang antrian. Adapun rumus dari panjang antrian adalah sebagai berikut:

$$QL = (NQ \times 20) / We \quad (3.10)$$

Dimana:

NQ = Jumlah antrian maksimum

We = Lebar masuk (m)

3.1.12 Tundaan

1. Tundaan Lalu Lintas

Tundaan lalu lintas rata-rata merupakan tundaan yang terjadi akibat adanya hubungan timbal balik antar kendaraan di simpang yang didapat dengan rumus:

$$TLL = s \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \quad (3.11)$$

dimana:

DT = Tundaan lalu-lintas rata-rata (det/smp)

s = waktu siklus yang disesuaikan (det) dari Form SIG-IV

$$A = \frac{0,5 (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} \quad (3.12)$$

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/ jam)

NQ 1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau

2. Tundaan Geometrik

Tundaan geometrik rata-rata merupakan tundaan masing-masing pendekat (DT) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada

suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah yang didapat dari rumus:

$$TG = (1 - R_{kh}) \times P_b \times 6 + (R_{kh} \times 4) \quad (3.13)$$

TG = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det / smp)

R_{kh} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $\text{Min}(NS, 1)$

P_b = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

3. Tundaan Rata-Rata

Tundaan rata-rata dapat dicari dengan menjumlahkan TLL dengan TG

3.2 Analisis Dengan Vissim

Vissim merupakan kepanjangan dari *Verkehr In Stadten Simulation Model* atau dalam bahasa Indonesia berarti *Model Simulasi Lalu Lintas Dalam Kota* merupakan program simulasi mikroskopik dalam pemodelan transportasi multimoda. Dengan visual yang dapat dilihat secara 3D, VISSIM mampu menampilkan sebuah animasi yang realistis dari simulasi yang dibuat dan tentunya penggunaan VISSIM akan mengurangi biaya dari perancangan yang akan dibuat secara nyata (Winnetou and Munawar 2015).

3.2.1 Membangun Pemodelan

Kondisi Lalu Lintas yang terkait dan mempengaruhi satu sama lain, menyebabkan suatu keharusan untuk menyediakan variabilitas tersebut ke dalam software VISSIM. Dalam VISSIM, hal ini diwujudkan dalam penyatuan beberapa parameter yang di-input menggunakan distribusi stokastik (Hidayati et al. 2018). Adapun langkah-langkah secara umum membangun pemodelan Vissim adalah sebagai berikut :

1. Membuat *link* dan *connector* untuk membuat jalan dan simpang
2. Membuat *2D/3D model* dari masing-masing kendaraan dalam pemodelan
3. Mengatur klasifikasi kendaraan dengan *vehicle class* dan *vehicle type*
4. Mengatur komposisi jenis kendaraan dengan *vehicle composition*
5. Mengatur kecepatan setiap jenis kendaraan dengan *desired speed distribution*
6. Memasukkan jumlah kendaraan dengan menggunakan *vehicle input*

7. Mengatur jumlah kendaraan yang berbelok dan lurus dengan *static vehicle routing decisions*
8. Memasang pengaturan sinyal (APILL) dengan menggunakan *signal control*
9. Mengatur *driving behaviour* untuk menyesuaikan perilaku pengemudi agar seperti keadaan sebenarnya
10. Menggunakan *evaluation* untuk mendapatkan output seperti volume kendaraan yang digunakan sebagai dasar parameter untuk validasinya
11. Melakukan validasi volume kendaraan eksisting dengan hasil simulasi di Vissim. Dalam hal ini menggunakan *data collection measurement*
12. Setelah pemodelan valid, maka simulasi dapat dijalankan
13. Mengatur parameter output yang diinginkan dengan menggunakan *nodes*, dimana *nodes* tersebut dapat menghitung seperti panjang antrian, dan tundaan

3.2.2 Kalibrasi Vissim

Pemodelan yang baik merupakan pemodelan yang sebisa mungkin mirip hasilnya dengan yang ada di lapangan. Untuk menghasilkan nilai yang mendekati realita di lapangan, maka kalibrasi pada Vissim harus dilakukan. Parameter yang digunakan untuk kalibrasi adalah dengan mengubah-ubah nilai dari *driving behavior* (Risky et al. 2022). Pada software Vissim terdapat 168 parameter yang ada didalam *software* tersebut. Berdasarkan parameter yang ada, dipilih beberapa parameter yang dapat menggambarkan kondisi lalu lintas yang ada di Indonesia. Adapun parameter yang diubah untuk dijadikan pemodelan adalah sebagai berikut

1. *Average standstill distance* yaitu parameter untuk menentukan jarak aman
2. *Additive part of safety distance* yaitu parameter penentu jarak aman.
3. *Multipl. Part of safety distance* yaitu parameter penentu jarak aman.
4. *Desire position at free flow* yaitu keberadaan/posisi kendaraan pada lajur
5. *Overtake on same line* yaitu perilaku pengemudi kendaraan yang ingin menyalip pada lajur yang sama baik dari sisi sebelah kanan maupun sisi sebelah kiri.
6. *Distance standing* yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berhenti

7. *Distance driving* yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berjalan
8. *Signal controll* adalah perilaku pengemudi saat melewati *amber* dan *red all*

3.2.3 Validasi Vissim

Setelah melakukan kalibrasi, maka langkah selanjutnya adalah validasi. Validasi berfungsi untuk mengetahui seberapa tepat model yang dibuat dengan kondisi eksisting yang ada di lapangan. Acuan untuk melakukan validasi ini adalah volume kendaraan dan panjang antrian. Adapun uji statistik yang digunakan adalah uji menggunakan uji Geoffrey E. Havers (GEH). Berikut ini merupakan persamaan rumus GEH

$$GEH = \sqrt{\frac{(Q \text{ Simulated} - Q \text{ Observed})^2}{0,5 \times (Q \text{ Simulated} + Q \text{ Observed})}} \quad (3.14)$$

Dengan Q merupakan volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

Berikut ini merupakan tabel kesimpulan dari hasil uji statistik Geoffrey E. Havers (GEH)

Tabel 3. 6 Kesimpulan Hasil Uji Statistik Geoffrey E. Havers (GEH)

GEH < 5	diterima
5 < GEH < 10	peringatan: kemungkinan model eror atau data buruk
GEH > 10	ditolak

Sumber : (Irawan and Putri 2015)

3.2.4 Output Simulasi Vissim

Evaluation adalah suatu proses mengevaluasi simulasi sehingga didapat hasil yang diinginkan dari simulasi yang telah dibuat. *Proses Evaluation* akan memeriksa simulasi yang dibuat supaya tidak terdapat error ketika proses Evaluation dieksekusi (Devi and Kriswiharsi 2020). Parameter yang akan dipilih pada proses *Evaluation* adalah *Nodes* digunakan untuk mencari *delay* atau tundaan kendaraan serta panjang antriannya.

3.3 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
1	EVALUASI WAKTU SIKLUS SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus : Simpang Charitas Kota Palembang)	Felly Misdalena (2021)	Peningkatan kinerja simpang hanya dilakukan dengan pengaturan waktu siklus dengan menggunakan MKJI	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu Vissim dan PKJI 2023.
2	ANALISIS KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL (Studi Kasus Simpang Empat Taman Dayu Kabupaten Pasuruan)	Andi Syaiful Amal (2017)	Peningkatan kinerja simpang dilakukan dengan mengubah fase yang pada mulanya merupakan 4 fase pada akhirnya menjadi 3 fase. Serta tidak dilakukan pemodelan	Perbedaan terletak pada lokasi penelitian dan metode yang digunakan, dimana penelitian tersebut hanya menggunakan MKJI 1997 tanpa simulasi dengan Vissim.
3	ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak)	A.A.N.A. Jaya Wikrama (2011)	Alternatif perbaikan dilakukan dengan waktu siklus, pelebaran jalan, dan kombinasi	Perbedaannya adalah dari metode yang digunakan, serta dari rencana perbaikan kinerjanya.
4	ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL MENGGUNAKAN	Mohamad Risky Ibrahim, Yuliyanti Kadir, Frice	Hanya melakukan analisis kinerja, tidak melakukan optimalisasi	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta penelitian yang saya lakukan bertujuan untuk meningkatkan

No	Judul	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
	SOFTWARE VISSIM PADA PERPOTONGAN JALAN PROF. DR. H.B JASSIN DAN JALAN JENDERAL SUDIRMAN	L. Desei (2022)		kinerja dengan memberi beberapa opsi perbaikan
5	KALIBRASI VISSIM UNTUK MIKROSIMULASI ARUS LALU LINTAS TERCAMPUR PADA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS: SIMPANG TUGU, YOGYAKARTA)	Muhammad Zudhy Irawan dan Nurjannah Haryanti Putri (2015)	Jurnal tersebut meneliti tentang bagaimana penyesuaian driving behaviour pada simpang	Perbedaannya adalah terkait tujuan penelitian

Sumber : Analisis 2023

Dari penelitian terdahulu di atas, penelitian yang penulis buat pada intinya berbeda pada lokasi penelitian, metode yang digunakan, dimana penulis menggunakan dua PKJI 2023 yang merupakan pembaruan dari MKJI 1997, serta Vissim. Dimana untuk penelitian terdahulu belum ada yang menggabungkan dua metode tersebut.