

**ANALISIS PERENCANAAN PENERAPAN SIMPANG BER –
APILL PADA SIMPANG 4 PEKAYON DENGAN
PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH:

NI LUH KADEK RIZKA PADMINI

2203020

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

2025

**ANALISIS PERENCANAAN PENERAPAN SIMPANG BER –
APILL PADA SIMPANG 4 PEKAYON 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:

NI LUH KADEK RIZKA PADMINI

2203020

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN
2025**

**HALAMAN PERSETUJUAN
KERTAS KERJA WAJIB**

**ANALISIS PERENCANAAN PENERAPAN SIMPANG BER –
APILL PADA SIMPANG 4 PEKAYON DENGAN
PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

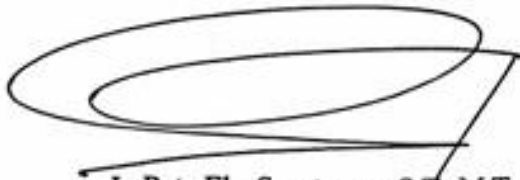
Disusun oleh:

**NI LUH KADEK RIZKA PADMINI
2203020**

Disetujui untuk diajukan pada
Sidang Akhir Kertas Kerja Wajib
Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I



Ir. Putu Eka Suartawan, S.F., M.T.
NIP 19820530 200912 1 003
Tanggal: 07 Jun 2025

DOSEN PEMBIMBING II



Aswin Badarudin Atmajaya, S.S.T.(TD), M.A.P.
NIP 19900513 201012 1 004
Tanggal: 07 Jun 2025

Ditetapkan di : Tabanan

HALAMAN PENGESAHAN
KERTAS KERJA WAJIB
ANALISIS PERENCANAAN PENERAPAN SIMPANG BER – APILL
PADA SIMPANG 4 PEKAYON DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN
VISSIM


Telah dipersiapkan dan disusun oleh:


NI LUH KADEK RIZKA PADMINI


2203020


TELAH DI PERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 17 JULI 2025
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Tim Penguji



Stefanus Sylvan Ryanto, S.S., M.M.
NIP. 19910816 201902 1 002


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


A.A. Bagus Oka Khrisna Surya, S.T., M.T.
NIP. 19910816 201902 1 002


Aswin Badarudin Atmajaya, S.S.T.(TD). M.A.P.
NIP. 19900513 201012 1 004

Mengetahui,
KETUA PROGRAM STUDI
D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN


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

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Ni Luh Kadek Rizka Padmini, Notar. 2203020, menyatakan bahwa Kerta Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Perencanaan Penerapan Simpang Ber – APILL Pada Simpang 4 Pekayon Dengan Pendekatan PKJI 2023 Dan Vissim”** merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kerta 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 Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau keserjanaan 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, 07 Juli 2025

Penulis,



Ni Luh Kadek Rizka Padmini

Notar. 2203020

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, angan dan pertanyaan waktu yang menjawabnya, berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu, sebagai manusia.”

Baskara Putra – Hindia

"Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha."

B.J Habibie

PERSEMBAHAN:

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Kertas Kerja Wajib ini. Penulis persembahkan Dharma Bhaktiku Kepada Ibundaku Tercinta “Ni Nyoman Seri Armini” dan Ayahandaku “I Wayan Windiya” yang dengan susah payah telah membesarkan, mendidik, selalu mengusahan dan mendokan keberhasilanku untuk menjadi yang terbaik. Terimakasih juga kepada seseorang yang berperan selalu membantu dan memotivasi penulis untuk meraih keberhasilan penulisan Kertas Kerja Wajib ini, serta terimakasih juga kepada teman terdekatku “Dinda”.

ALMAMATERKU TERCINTA
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah – NYA, sehingga Kerta Kerja Wajib yang berjudul “Analisis Perencanaan Penerapan Simpang Ber – APILL Pada Simpang 4 Pekayon Dengan Pendekatan PKJI 2023 Dan Vissim” dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Orang tua I Wayan Windiya, Ni Nyoman Seri Armini dan Keluarga yang selalu ada untuk memberikan dukungan dalam segala situasi apapun.
2. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali;
3. Bapak Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T Selaku Ketua Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan langsung selama proses penulisan kertas kerja wajib/tugas akhir ini.
4. Bapak Aswin Badarudin Atmajaya, S.S.T.(TD).M.A.P. yang telah membimbing dan mengarahkan penulis secara langsung selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama Pendidikan.
6. Rekan Mahasiswa/I Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan III

Penulis menyadari kertas kerja wajib/tugas akhir ini banyak kekurangan, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan bagi kesempurnaan penulisan.

Tabanan, 07 Juli 2025

Penulis



Ni Luh Kadek Rizka Padmini

Notar. 2203020

DAFTAR PUSTAKA

KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR PUSTAKA	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II GAMBARAN UMUM.....	6
2.1 Kondisi Wilayah.....	6
2.2 Kondisi Objek	6
2.3 Karakteristik Geometri Persimpangan	10
2.4 Data Jumlah Penduduk.....	13
2.5 Data Peta Tata Guna Lahan	13
2.6 Data BAP Kecelakaan.....	14
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	15
3.1 Persimpangan	15
3.2 Penentuan Pengaturan Simpang.....	17
3.3 Pengaturan Tipe Fase Pada Simpang 4	18
3.4 Perhitungan Simpang Ber - APILL	21

3.5 Indikator Kinerja Persimpangan.....	28
3.6 Kecepatan Setempat (Spot Speed)	28
3.7 Pemodelan Menggunakan Perangkat Lunak Vissim.....	29
3.8 Penanganan Tingkat Kemacetan Dan Keselamatan Simpang.....	32
3.9 Keaslian Penelitian.....	33
BAB IV METODE PENELITIAN	35
4.1 Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	35
4.2 Metode Analisis Data	39
4.3 Bagan Alir Penelitian	40
4.4 Rencana Kegiatan Penelitian.....	48
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	50
5.1 Hasil Pengumpulan Data.....	50
5.2 Kondisi Eksisting Simpang.....	59
5.3 Pemodelan Vissim.....	63
5.4 Kalibrasi Dan Validasi Model Vissim	81
5.5 Perencanaan Simpang	85
5.6 Perencanaan Tipe Fase Simpang Ber – APILL.....	87
5.7 Perencanaan Plan APILL	89
5.8 Analisis Kondisi Eksisting Dengan Vissim.....	96
5.9 Perencanaan Waktu Siklus Dengan PKJI 2023.....	103
5.10 Analisis Perencanaan Simpang Ber – APILL Dengan Vissim	114
5.11 Perbandingan Rekomendasi Dengan Kondisi Eksisting	122
5.12 Pembahasan.....	126
5.13 Perencanaan Perlengkapan Jalan.....	129
BAB VI PENUTUP	133
6.1 Kesimpulan.....	133

6.2 Saran.....	135
DAFTAR PUSTAKA.....	136
LAMPIRAN.....	139



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Inventarisasi Simpang.....	11
Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk Kota Mojokerto Tahun 2020 - 2024	13
Tabel 2. 3 Data BAP Kecelakaan 5 Tahun Terakhir.....	14
Tabel 3. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota.....	22
Tabel 3. 2 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping.....	23
Tabel 3. 3 Penentuan Waktu Siklus	26
Tabel 3. 4 Indikator Layanan Simpang Ber - APILL.....	28
Tabel 3. 5 Hasil Uji Statistik GEH.....	32
Tabel 3. 6 Penelitian Terdahulu.....	33
Tabel 4. 1 Timeline.....	49
Tabel 5. 1 Inventarisasi Pendekat Simpang.....	51
Tabel 5. 2 Frekuensi Kumulatif Pendekat Utara	53
Tabel 5. 3 Frekuensi Kumulatif Pendekat Selatan	55
Tabel 5. 4 Frekuensi Kumulatif Pendekat Timur	57
Tabel 5. 5 Proporsi Kendaraan Simpang 4 Pekayon.....	60
Tabel 5. 6 Parameter Validasi Model Vissim	81
Tabel 5. 7 Nilai GEH (Geoffrey E. Havers statistic).....	83
Tabel 5. 8 Hasil Volume Eksisting dan Volume Simulasi	84
Tabel 5. 9 Hasil Uji GEH	84
Tabel 5. 10. Penentuan Berakhirnya <i>Flashing</i>	90
Tabel 5. 11 Penentuan Batas Awal <i>Plan 1</i>	91
Tabel 5. 12 Penentuan Batas Awal <i>Plan 2</i>	91
Tabel 5. 13 Penentuan Batas Awal <i>Plan 3</i>	92
Tabel 5. 14 Penentuan Batas Awal <i>Plan 4</i>	92
Tabel 5. 15 Penentuan Batas Awal <i>Plan 5</i>	93
Tabel 5. 16 Penentuan Batas Awal <i>Plan 6</i>	94
Tabel 5. 17 Penentuan Batas Awal <i>Plan 7</i>	95
Tabel 5. 18 Penentuan Batas Awal <i>Flashing</i>	95
Tabel 5. 19 Hasil Kinerja Eksisting Plan 1 Pada Vissim.....	97

Tabel 5. 20 Hasil Kinerja Eksisting Plan 2 Pada Vissim.....	98
Tabel 5. 21 Hasil Kinerja Eksisting Plan 3 Pada Vissim.....	99
Tabel 5. 22 Hasil Kinerja Eksisting Plan 4 Pada Vissim.....	100
Tabel 5. 23 Hasil Kinerja Eksisting Plan 5 Pada Vissim.....	101
Tabel 5. 24 Hasil Kinerja Eksisting Plan 6 Pada Vissim.....	102
Tabel 5. 25 Hasil Kinerja Eksisting Plan 7 Pada Vissim.....	103
Tabel 5. 26 Nilai EMP.....	104
Tabel 5. 27 Rekapitan Rasio Kendaraan Berbelok.....	104
Tabel 5. 28 Hasil Perhitungan Arus Jenuh Tiap Plan.....	107
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Waktu Siklus Dan Waktu Hijau.....	111
Tabel 5. 30 Rekapitulasi Waktu Siklus Tiap Plan	112
Tabel 5. 31 Output Vissim Rekomendasi Plan 1	115
Tabel 5. 32 Output Vissim Rekomendasi Plan 2.....	116
Tabel 5. 33 Output Vissim Rekomendasi Plan 3	117
Tabel 5. 34 Output Vissim Rekomendasi Plan 4.....	118
Tabel 5. 35 Output Vissim Rekomendasi Plan 5	119
Tabel 5. 36 Output Vissim Rekomendasi Plan 6.....	120
Tabel 5. 37 Output Vissim Rekomendasi Plan 7.....	121
Tabel 5. 38 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 1	122
Tabel 5. 39 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 2.....	123
Tabel 5. 40 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 3	123
Tabel 5. 41 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 4.....	124
Tabel 5. 42 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 5.....	125
Tabel 5. 43 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 6.....	125
Tabel 5. 44 Perbandingan Rekomendasi Dengan Eksisting Pada Plan 7.....	126

DAFTAR GAMBAR

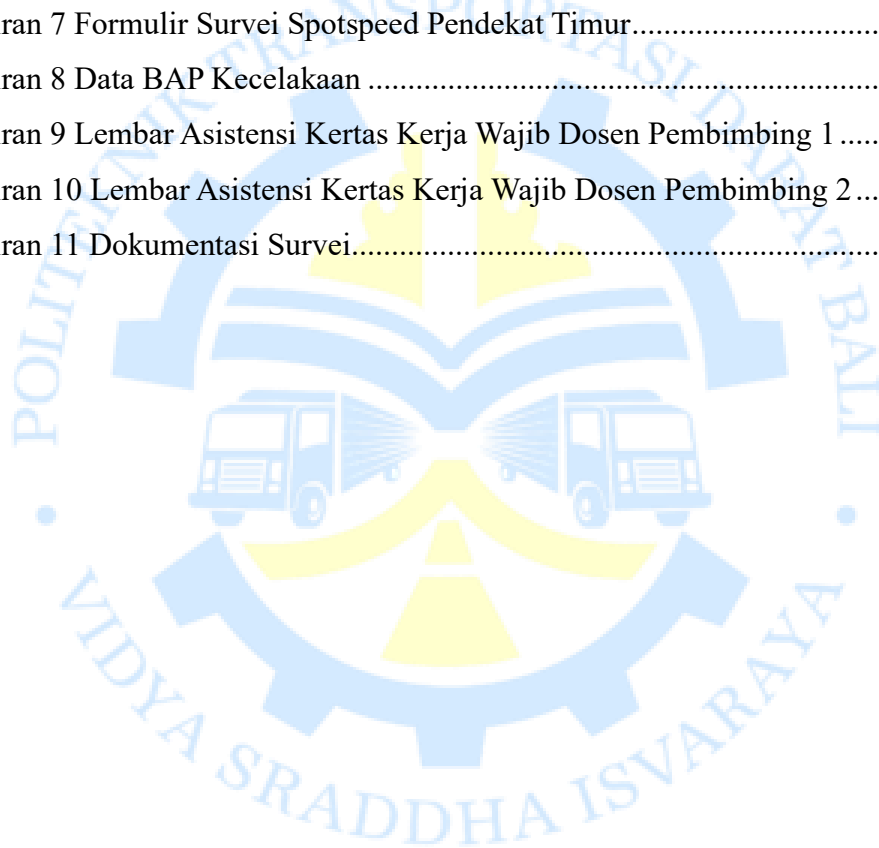
Gambar 1. Peta Persebaran Simpang dan U – Turn.....	6
Gambar 2. Tampak Atas Simpang 4 Pekayon	7
Gambar 3. Pendekat Utara Jl. Mojopahit	7
Gambar 4. Pendekat Selatan Jl. Pekayon	8
Gambar 5. Pendekat Timur Jl. Raden Wijaya	9
Gambar 6. Pendekat Barat Jl. Mojopahit	9
Gambar 7. Sketsa Kondisi Geometri Simpang 4 Pekayon.....	10
Gambar 8. Peta Tata Guna Lahan Eksisting.....	14
Gambar 9. Penentuan Pengendalian Simpang	17
Gambar 10. Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 4.....	19
Gambar 11. Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 4.....	19
Gambar 12. Arus Dasar J0 Terlawan.....	22
Gambar 13. Faktor Penyesuaian Kelandaian	24
Gambar 14. Diagram Alir.....	42
Gambar 15. Hasil Inventarisasi Simpang 4 Pekayon.....	50
Gambar 16. Grafik Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang.....	54
Gambar 17. Grafik Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.....	54
Gambar 18. Grafik Frekuensi Kumulatif kendaraan Sedang	55
Gambar 19. Grafik Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang.....	56
Gambar 20. Grafik Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.....	56
Gambar 21. Grafik Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang	57
Gambar 22. Grafik Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang.....	58
Gambar 23. Grafik Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.....	58
Gambar 24. Grafik Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang	59
Gambar 25. Fluktuasi 16 Jam Simpang 4 Pekayon	60
Gambar 26. Persentase Kendaraan Simpang 4 Pekayon.....	61
Gambar 27. Diagram Flow Simpang Pada Peak Hour Dalam Satu Hari.....	62
Gambar 28. Titik Konflik Eksisting	63
Gambar 29. Pengaturan Units Pada <i>Network Setting</i>	64

Gambar 30. Pengaturan Link Pada Vissim.....	65
Gambar 31. Pengaturan Connectors Pada Vissim.....	66
Gambar 32. Langkah-Langkah Pengaturan 2/3D Model.....	67
Gambar 33. Langkah-Langkah Pengaturan 2/3D Model.....	67
Gambar 34. Pengaturan <i>Vehicle Type</i>	68
Gambar 35. Pengaturan <i>Vehicle Type</i>	68
Gambar 36. Pengaturan <i>Vehicle Class</i>	69
Gambar 37. Pengaturan <i>Vehicle Composition</i>	69
Gambar 38. Pengaturan <i>Vehicle Input</i>	70
Gambar 39. Data <i>Vehicle Input</i> , <i>Vehicle Compodition</i> , dan <i>Vehicle Routes</i>	71
Gambar 40. Pengaturan <i>Vehicle Routes</i>	71
Gambar 41. Pengaturan <i>Disered Speed Distribution</i>	72
Gambar 42. Input Data Disered Speed.....	72
Gambar 43. Langkah-Langkah Pengaturan <i>Conflik Areas</i>	73
Gambar 44. Pengaturan <i>Signal Control</i> Pada Vissim.....	74
Gambar 45. Langkah-Langkah Pengaturan <i>Signal Control</i>	75
Gambar 46. Input Data <i>Signal Control</i>	76
Gambar 47. Langkah-langkah Pengaturan <i>Signal Head</i>	76
Gambar 48. Input Data <i>Driving Behavior</i>	77
Gambar 49. Langkah-langkah Pengaturan <i>Nodes</i>	78
Gambar 50. Pengaturan <i>Result List</i>	79
Gambar 51. Langkah-langkah Pengaturan <i>Evaluation</i>	79
Gambar 52. Langkah-Langkah Pengaturan <i>Simulation</i>	80
Gambar 53. Tampilan Hasil <i>Simulation</i>	81
Gambar 54. Tipe Penentuan Simpang.....	86
Gambar 55. Tipe 2 Fase.....	87
Gambar 56. Titik Konflik Setelah Penerapan APILL.....	89
Gambar 57. Grafik Time Series Simpang Selama 16 Jam.....	90
Gambar 58. Volume Lalu Lintas Pada Plan 1.....	97
Gambar 59. Volume Lalu Lintas Pada Plan 2.....	98
Gambar 60. Volume Lalu Lintas Pada Plan 3.....	99

Gambar 61. Volume Lalu Lintas Pada Plan 4	100
Gambar 62. Volume Lalu Lintas Pada Plan 5	101
Gambar 63. Volume Lalu Lintas Pada Plan 6	102
Gambar 64. Volume Lalu Lintas Pada Plan 7	103
Gambar 65. Hasil Inventarisasi Simpang 4 Pekayon	108
Gambar 66. Diagram Fase Plan 1	113
Gambar 67. Diagram Fase Plan 2	113
Gambar 68. Diagram Fase Plan 3	113
Gambar 69. Diagram Fase Plan 4	113
Gambar 70. Diagram Fase Plan 5	114
Gambar 71. Diagram Fase Plan 6	114
Gambar 72. Diagram Fase Plan 7	114
Gambar 73. Visualisasi Panjang Antrian Plan 1.....	115
Gambar 74. Visualisasi Panjang Antrian Plan 2.....	116
Gambar 75. Visualisasi Panjang Antrian Plan 3.....	117
Gambar 76. Visualisasi Panjang Antrian Plan 4.....	118
Gambar 77. Visualisasi Panjang Antrian Plan 5.....	119
Gambar 78. Visualisasi Panjang Antrian Plan 6.....	120
Gambar 79. Visualisasi Panjang Antrian Plan 7.....	121
Gambar 80. Titik Konflik Kondisi Eksisting	127
Gambar 81. Titik Konflik Rekomendasi Pengaturan 2 Fase.....	128
Gambar 82. Rekomendasi Perencanaan Perlengkapan Jalan.....	129

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Inventarisasi Simpang	139
Lampiran 2 Formulir Survei CTMC Pendekat Utara.....	140
Lampiran 3 Formulir Survei CTMC Pendekat Selatan.....	142
Lampiran 4 Formulir Survei CTMC Pendekat Timur.....	144
Lampiran 5 Formulir Survei Spotspeed Pendekat Utara.....	146
Lampiran 6 Formulir Survei Spotspeed Pendekat Selatan.....	147
Lampiran 7 Formulir Survei Spotspeed Pendekat Timur.....	148
Lampiran 8 Data BAP Kecelakaan	149
Lampiran 9 Lembar Asistensi Kertas Kerja Wajib Dosen Pembimbing 1	150
Lampiran 10 Lembar Asistensi Kertas Kerja Wajib Dosen Pembimbing 2.....	152
Lampiran 11 Dokumentasi Survei.....	154



INTISARI

ANALISIS PERENCANAAN PENERAPAN SIMPANG BER – APILL PADA SIMPANG 4 PEKAYON DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM

Oleh

NI LUH KADEK RIZKA PADMINI

2203020

Simpang 4 Pekayon yang terletak di Kecamatan Prajurit Kulon, Kota Mojokerto, merupakan salah satu simpang tidak ber – Apill yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas cukup tinggi, terutama pada jam – jam sibuk. Berdasarkan kondisi eksisting, tundaan kendaraan di simpang ini bisa mencapai lebih dari 30 detik dengan panjang antrian dominan hingga 100 meter.

Penelitian ini bertujuan merancang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) dengan menggunakan pendekatan PKJI 2023 dan perangkat lunak VISSIM. Analisis dilakukan terhadap data volume selama 16 jam, menghasilkan perencanaan pengaturan waktu siklus yang dibagi menjadi 7 plan waktu dan 2 periode *flashing* untuk menyesuaikan dinamika volume lalu lintas harian.

Dari hasil perhitungan dan simulasi, ditentukan pengaturan fase dengan 2 fase siklus dan 7 plan waktu, diperoleh bahwa Plan 2 dan Plan 6 merupakan pengaturan paling optimal dengan penurunan panjang antrian hingga 56,24 meter dan tundaan menjadi 11,58 detik. Penggunaan metode PKJI 2023 dalam perhitungan siklus dan pengujian kinerja simpang memberikan hasil yang sistematis dan terukur.

Kata kunci: PKJI 2023, Vissim, Rekayasa Lintas, Waktu Siklus

ABSTRACT

ANALYSIS OF PLANNING FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SIGNALLED JUNCTION AT JUNCTION 4 PEKAYON WITH THE APPROACH OF PKJI 2023 AND VISSIM

By

NI LUH KADEK RIZKA PADMINI

2203020

Simpang 4 Pekayon which is located in Prajurit Kulon District, Mojokerto City, is one of the non-Apilla intersections that has a fairly high level of traffic density, especially during peak hours. Based on existing conditions, vehicle delays at this intersection can reach more than 30 seconds with the dominant queue length of up to 100 meters.

This research aims to design a Traffic Signaling Device (APILL) using the PKJI 2023 approach and VISSIM software. Analysis was carried out on 16 hours of volume data, resulting in a cycle timing plan that was divided into 7 time plans and 2 *flashing* periods to adjust the dynamics of daily traffic volume.

From the results of calculations and simulations, it was determined that the phase settings with 2 cycle phases and 7 time plans were determined, it was found that Plan 2 and Plan 6 were the most optimal settings with a decrease in queue length to 56.24 meters and a delay to 11.58 seconds. The use of the PKJI 2023 method in cycle calculation and intersection performance testing provides systematic and measurable results.

Keywords: PKJI 2023, Vissim, Cross-Engineering, Cycle Time

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Mojokerto merupakan salah satu kota strategis di Provinsi Jawa Timur yang secara administratif merupakan enklave dari Kabupaten Mojokerto. Dengan luas wilayah hanya 16,47 km² dan jumlah penduduk mencapai 142.272 jiwa pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2024). Kota ini menunjukkan pertumbuhan pesat, baik dari segi demografi maupun kepemilikan kendaraan. Data menunjukkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor dari 229.709 unit pada tahun 2022 menjadi 236.493 unit pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024). Peningkatan ini menimbulkan tekanan terhadap kapasitas jaringan jalan, khususnya pada area persimpangan yang merupakan titik konflik utama dalam sistem lalu lintas.

Pertumbuhan yang tidak diimbangi dengan manajemen lalu lintas yang efektif berisiko menimbulkan kemacetan dan kecelakaan lalu lintas (Hidayat et al., 2018). Dengan melihat faktor utama yang berkontribusi terhadap kemacetan di Kota Mojokerto adalah pengelolaan lalu lintas di beberapa persimpangan yang masih kurang optimal (Rofi'ah et al., 2023). Salah satu simpang yang mengalami permasalahan signifikan adalah Simpang 4 Pekayon yang terletak di Kecamatan Prajurit Kulon, Kota Mojokerto. Simpang ini merupakan simpang tidak ber – APILL yang saat ini masih mengandalkan pengaturan manual oleh petugas lapangan atau masyarakat setempat. Struktur geometrik simpang ini terdiri dari tiga lengan utama yang memasuki simpang, yakni dari arah selatan, timur, dan satu lengan dari arah utara yang merupakan jalan satu arah menuju ke simpang. Dengan nilai derajat kejenuhan simpang yang melebihi 0,85, sesuai dengan kriteria PKJI 2023, maka simpang tersebut memerlukan penanganan atau perbaikan untuk meningkatkan kinerjanya.

Pada pemantauan awal kondisi ini semakin diperparah pada saat jam puncak, di mana tundaan di tengah simpang melebihi 30 detik dengan panjang antrian mencapai lebih dari 100 meter, terutama pada lengan timur. Titik temu ini menjadi lokasi krusial karena pergerakan kendaraan dari berbagai arah saling berinteraksi

dan sering kali tidak searah. Akibatnya, terjadi konflik lalu lintas yang dapat mempengaruhi kelancaran dan keselamatan berkendara. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), konflik lalu lintas dibedakan menjadi dua, yaitu konflik primer konflik yang terjadi antara arus kendaraan dari arah yang saling memotong langsung dan konflik sekunder muncul akibat interaksi antar arus yang tidak memotong langsung, seperti antara kendaraan yang berbelok kanan dengan arus lalu lintas lainnya.

Berdasarkan data Berita Acara Pemeriksaan dari Satlantas Polres Kota Mojokerto, jumlah kecelakaan di Simpang 4 Pekayon mengalami dari tahun ke tahun. Tahun 2020 tercatat 2 kasus, menurun menjadi 1 kasus pada tahun 2021 dan tetap 1 kasus di tahun 2022, namun meningkat kembali menjadi 2 kasus pada tahun 2023. Dengan rata – rata jenis kecelakaan tabrak depan – samping dari pendekat timur yang akan lurus menuju pendekat barat dan dari selatan yang akan menuju pendekat timur atau *crossing*, dengan tingkat kecelakaan ringan, hal ini menunjukkan perlunya penanganan serius pada simpang ini agar keselamatan dan kelancaran lalu lintas dapat terjamin.

Selain itu, tata guna lahan di sekitar simpang yang didominasi oleh kawasan pertokoan menyebabkan tingginya aktivitas keluar – masuk kendaraan dari parkir, yang memperbesar interaksi lalu lintas pada simpang tersebut. Simpang ini juga merupakan jalur akses dari dan ke zona *eksternal* Kota Mojokerto, sehingga saat hari kerja terjadi peningkatan arus kendaraan dari luar kota yang memperberat beban lalu lintas.

Melihat kompleksitas permasalahan yang ada, diperlukan pendekatan teknis yang mampu menganalisis dan memodelkan pergerakan lalu lintas secara komprehensif. Menurut Suartawan et al. (2023), perangkat lunak PTV Vissim terbukti efektif dalam simulasi dan analisis lalu lintas kawasan perkotaan yang kompleks. Sementara itu, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 memberikan dasar perhitungan kuantitatif seperti perhitungan siklus waktu, derajat kejenuhan, peluang antrian, dan tundaan. Selain itu, untuk mendukung perencanaan teknis penerapan simpang ber – APILL, diperlukan metode lain yang mampu memberikan dasar analisis kuantitatif. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)

2023 dapat digunakan untuk menghitung waktu siklus ideal simpang, serta menganalisis kinerja simpang secara sistematis (Aswin Badarudin Atmajaya¹, Dwi Wahyu Hidayat², Putu Eka Suartawan³, 2023).

Setelah dilakukan perencanaan rekayasa lalu lintas dengan menerapkan sistem sinyal lalu lintas (APILL) menggunakan metode PKJI 2023 dan simulasi VISSIM, diharapkan terjadi perbaikan terhadap kinerja simpang. Dengan pengaturan fase yang optimal dan waktu siklus yang disesuaikan dengan volume lalu lintas saat jam puncak dan non – puncak, panjang antrian pada lengan utara diharapkan berkurang secara signifikan, serta tundaan rata – rata dibawah 30 detik. Alur lalu lintas menjadi lebih teratur karena konflik antar arah kendaraan dapat diminimalkan melalui pengaturan sinyal. Selain itu, visualisasi rekayasa dalam VISSIM dapat menunjukkan peningkatan kelancaran arus lalu lintas serta penurunan potensi kecelakaan akibat konflik pergerakan. Penerapan APILL juga berdampak positif terhadap lingkungan sekitar, terutama aktivitas ekonomi dan mobilitas masyarakat yang menjadi lebih efisien dan aman.

Selain melakukan penerapan Simpang APILL pada simpang tak ber – APILL, salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja lalu lintas adalah dengan melakukan penambahan perlengkapan jalan. Penambahan perlengkapan jalan dalam penerapan simpang ber – Apill untuk meningkatkan keteraturan lalu lintas dan mengurangi potensi kecelakaan. Penambahan perlengkapan jalan seperti rambu larangan, rambu peringatan, marka jalan, dan zebra cross dapat membantu memperjelas alur kendaraan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan (Bina Marga, 2024).

Penggunaan kombinasi antara metode PKJI 2023 dan perangkat lunak Vissim dapat memberikan hasil analisis yang lebih komprehensif, karena Vissim mampu memvisualisasikan simulasi lalu lintas berdasarkan parameter perhitungan dari PKJI 2023 (Rafi & Widyatami, 2023). Dengan mempertimbangkan kondisi dan kebutuhan tersebut, maka penulis menetapkan Simpang 4 Pekayon sebagai lokasi studi kasus dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian perencanaan penerapan simpang ber – APILL menggunakan pendekatan PKJI 2023 dan pemodelan simulasi lalu lintas dengan Vissim guna meningkatkan kinerja

simpang. Judul yang diangkat dalam penelitian ini adalah: “Analisis Perencanaan Penerapan Simpang Ber – APILL Pada Simpang 4 Pekayon Dengan Pendekatan PKJI 2023 Dan Vissim.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diteliti dalam kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting lalu lintas pada Simpang 4 Pekayon Kota Mojokerto dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM?
2. Bagaimana pengaturan sinyal lalu lintas (APILL) lalu lintas harian rata – rata dan pengaturan plan berdasarkan analisis Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan hasil simulasi VISSIM?
3. Bagaimana simulasi kinerja harian untuk simulasi yang direncanakan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi tugas Kertas Kerja Wajib (KKW). Adapun tujuan khusus dari kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan lalu lintas pada kondisi eksisting di Simpang 4 Pekayon Kota Mojokerto untuk mengidentifikasi konflik arus kendaraan yang terjadi.
2. Merancang pengaturan sinyal lalu lintas (APILL) berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata dengan mengacu pada perhitungan analisis dari PKJI 2023 serta menguji efektivitas pengaturan tersebut melalui simulasi di perangkat lunak VISSIM.
3. Melakukan simulasi harian rencana pengaturan simpang, guna mengevaluasi kinerja alternatif pengaturan yang diusulkan, termasuk pengujian terhadap parameter kinerja seperti tundaan, dan panjang antrian, sehingga dapat ditentukan solusi terbaik yang dapat diterapkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membantu mengurangi potensi konflik antar kendaraan dan meningkatkan performa operasional di Simpang 4 Pekayon, Kota Mojokerto.

2. Menjadi bahan pertimbangan serta acuan evaluasi bagi instansi pemerintah terkait dalam upaya memperbaiki dan mengoptimalkan pengelolaan lalu lintas di Simpang 4 Pekayon.
3. Hasil penelitian ini bisa menjadi model edukasi dalam mata kuliah rekayasa lalu lintas.

1.5 Batasan Masalah

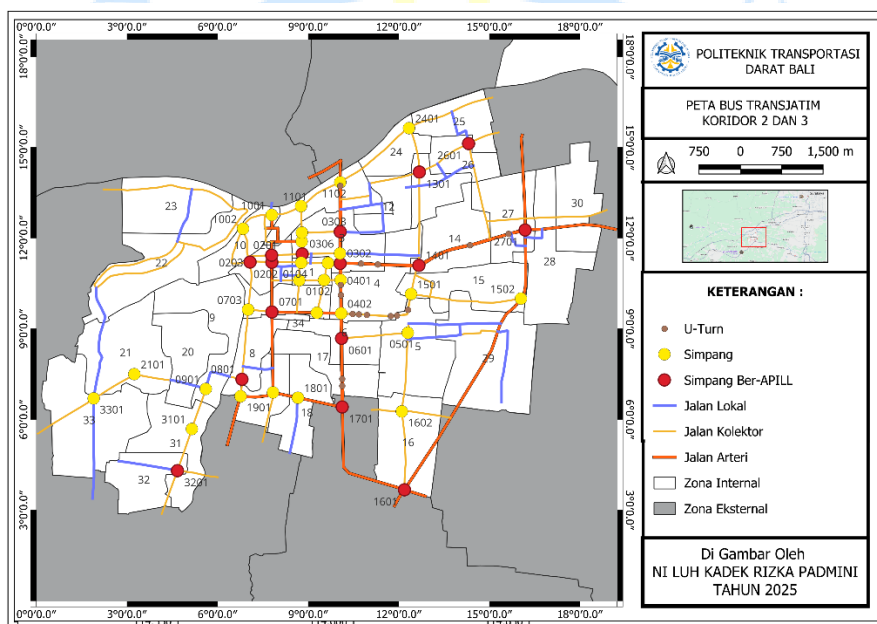
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas di Simpang 4 Pekayon, salah satu simpang di Kota Mojokerto, dengan menggunakan pendekatan berbasis data dan simulasi. Adapun batasan studi ini adalah sebagai berikut:

1. Fokus penelitian ini hanya pada Simpang 4 Pekayon, Mergelo, Kranggan, Kec. Prajurit Kulon, Kota Mojokerto yang menjadi titik temu bagi beberapa ruas jalan Arteri dan Kolektor utama yang menghubungkan pusat kota dengan wilayah lainnya di Kota Mojokerto.
2. Pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan pada hari kerja selama 16 jam.
3. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 digunakan dalam penelitian ini sebagai acuan untuk merancang pengaturan waktu siklus sinyal lalu lintas yang optimal.
4. Perangkat lunak VISSIM dimanfaatkan untuk mencari indikator kinerja dan mensimulasikan kondisi eksisting maupun kondisi rekayasa lalu lintas yang direncanakan pada Simpang 4 Pekayon.
5. Analisis kinerja simpang difokuskan pada dua parameter utama, yaitu panjang antrian dan tundaan.
6. Proses kalibrasi model simulasi dilakukan pada 1 (satu) jam dijam puncak dengan mengoptimalkan parameter perilaku pengemudi.
7. Validasi pemodelan dilakukan menggunakan metode statistik Geoffrey E. Havers (GEH), dengan parameter ujinya volume lalu lintas.

BAB II GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Kota Mojokerto merupakan salah satu kota yang terletak di Provinsi Jawa Timur. Kota ini memiliki jaringan jalan yang cukup berkembang, meskipun tidak sepadat kota – kota besar lainnya. Sebagian besar jaringan jalan di Kota Mojokerto berstruktur radial, yang menghubungkan pusat kota dengan kawasan pinggiran dan wilayah lainnya di sekitar Kota Mojokerto. Struktur jalan pada **Gambar 1.** menciptakan beberapa simpang yang menghubungkan jalur – jalur utama, yang sangat penting untuk kelancaran mobilitas kendaraan.



Gambar 1. Peta Persebaran Simpang dan U – Turn

2.2 Kondisi Objek

Simpang 4 Pekayon yang terletak di Kecamatan Prajurit Kulon, Kota Mojokerto, merupakan simpang tidak bersinyal yang saat ini masih diatur secara manual oleh petugas lapangan maupun masyarakat setempat.



Gambar 2. Tampak Atas Simbang 4 Pekayon

Simbang 4 Pekayon di Kota Mojokerto merupakan simbang tak ber – APILL yang menghubungkan berbagai ruas jalan penting. Simbang ini memiliki empat pendekat utama yang memiliki karakteristik jalan dan volume lalu lintas yang berbeda – beda. Berikut adalah penjelasan mengenai kondisi masing-masing lengan simbang:



Gambar 3. Pendekat Utara Jl. Mojopahit

Pendekat Utara Simbang 4 Pekayon adalah Jalan Mojopahit, yang merupakan jalan arteri utama dengan tipe 2/1 TT. Pada pendekat ini, terdapat dua lajur untuk kendaraan yang menuju simbang. Jalan Mojopahit merupakan salah satu jalan yang menghubungkan pusat kota Mojokerto dengan area luar kota. Aktivitas komersial dan pemukiman yang ada di sepanjang jalan juga dapat menambah kepadatan

kendaraan, sehingga memerlukan pengelolaan lalu lintas yang lebih baik untuk mengurangi kemacetan di kawasan ini.



Gambar 4. Pendekat Selatan Jl. Pekayon

Pendekat Selatan Simpang 4 Pekayon adalah Jalan Pekayon, yang merupakan jalan kolektor dengan tipe 2/2 TT, yaitu satu lajur untuk kendaraan yang menuju simpang dan satu lajur untuk kendaraan yang keluar simpang. Jalan ini menghubungkan Simpang Pekayon dengan Jalan Kabupaten dan menjadi jalur penting bagi kendaraan yang bergerak ke arah selatan. Selain itu, keberadaan area komersial dan pemukiman yang padat juga turut berkontribusi pada peningkatan kepadatan lalu lintas di kawasan ini. Pengaturan lalu lintas yang lebih efisien diperlukan untuk mengoptimalkan pergerakan kendaraan di lengan ini.



Gambar 5. Pendekat Timur Jl. Raden Wijaya

Pendekat Timur Simpang 4 Pekayon adalah Jalan Raden Wijaya, yang merupakan jalan arteri dengan tipe 2/2, yaitu satu lajur untuk kendaraan yang menuju simpang dan satu lajur untuk kendaraan yang keluar dari simpang. Di sepanjang jalan ini, terdapat beberapa sekolah yang berpotensi menambah volume lalu lintas, terutama pada jam – jam tertentu.



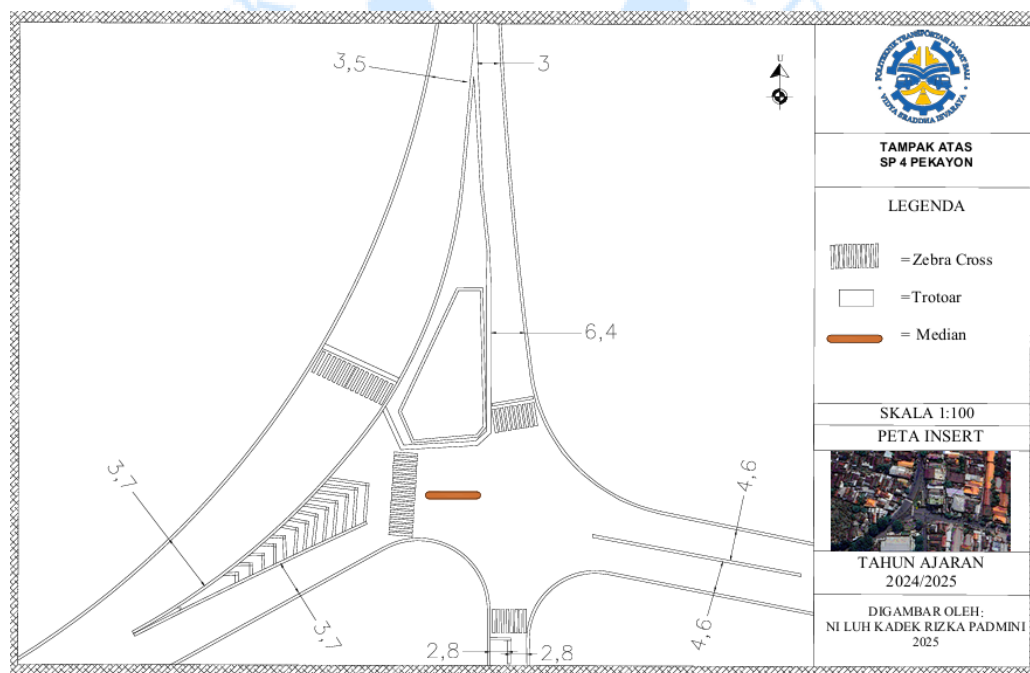
Gambar 6. Pendekat Barat Jl. Mojopahit

Pendekat Barat Simpang 4 Pekayon adalah Jalan Mojopahit, yang merupakan jalan arteri dengan tipe 2/1 TT, lengan ini hanya digunakan untuk kendaraan yang

keluar dari simpang, bukan untuk kendaraan yang masuk ke simpang. Keberadaan jalan ini dapat membantu mengalirkan kendaraan dari simpang menuju arah yang lebih luas, namun perlu diatur dengan baik agar tidak terjadi pelanggaran untuk menuju pertokoan yang ada di pinggir jalan diarah selatan.

2.3 Karakteristik Geometri Persimpangan

Simpang 4 Pekayon terdiri dari empat lengan dengan karakteristik geometri yang berbeda – beda, di mana tidak terdapat kesamaan ukuran di antara keempat lengan tersebut. Informasi mengenai hasil pengamatan dan pengukuran lapangan disajikan pada **Gambar 7.** yang menggambarkan kondisi eksisting simpang sebagaimana terlihat di lapangan.



Gambar 7. Sketsa Kondisi Geometri Simpang 4 Pekayon

Data geometri yang disajikan berikut merupakan pengukuran aktual di lapangan pada masing – masing lengan simpang. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui variasi dimensi dan karakteristik fisik simpang sebagai dasar dalam analisis kinerja simpang:

Tabel 2. 1 Data Inventarisasi Simpang

Nama Simpang		Simpang 4 Pekayon							
Surveyor		Rizka & Aydi							
Hari/Tanggal		Senin,3 Maret 2025							
Waktu		21.58							
1	Node	1902							
2	Tipe Pendekat	Terlawan							
3	Tipe Simpang	422							
4	Fase Simpang								
Arah		Utara		Selatan		Timur		Barat	
Ruas Jalan		Jl. Mojopahit 5		Jl. Pekayon		Jl. Raden Wijaya 1		Jl. Mojopahit 6	
5	Waktu Hijau (s)								
6	Waktu Merah (s)								
7	Waktu Kuning (s)								
8	Lebar Jalan Total (m)	11,4		6,4		10		9,6	
9	Lebar Median (m)								
10	Lebar Bahu Kanan (m)	0,8		0,7		0,4		1,7	
11	Lebar Bahu Kiri (m)	4,2		0,10		0,4		0,5	
12	Parkir On-Street Kanan (m)								
13	Parkir On-Street Kiri (m)								
14	Lebar Trotoar Kanan (m)	1,8				1,5			
15	Lebar Trotoar Kiri (m)	1,5				1,1			
16	Lebar Drainase Kanan (m)								
17	Lebar Drainase Kiri (m)								
18	Lebar Jalur Efektif Pendekat (m)	6,4		2,8		4,6		7,4	
19	Lebar Lajur Pendekat (m)								
	Kiri	3		2,8		4,6		3,7	
	Kanan	3,4		2,8		4,6		3,7	
20	Radius Simpang	13,7		11		11,3		19,8	
21	Hambatan Samping	Tinggi		Sedang		Sedang		Tinggi	
22	Tata Guna Lahan	KOM		KOM		KOM		KOM	
23	Model Arus (Arah)	1 Arah		2 Arah		2 Arah		1 Arah	
24	Kondisi Marka	Baik		Baik		Baik		Buruk	
25	Fasilitas Zebra Cross	Baik		Baik		Tidak Ada		Buruk	
26	Marka Line Stop	Baik		Baik		Tidak Ada		Tidak Ada	
27	Fasillitas Ruang Khusus Roda 2	Ada		Ada		Tidak Ada		Tidak Ada	
28	Jalur Sepeda	Tidak Ada		Tidak Ada		Tidak Ada		Tidak Ada	
Fasilitas Simpang		Jumlah	Kondisi	Jumlah	Kondisi	Jumlah	Kondisi	Jumlah	Kondisi
27	Rambu Larangan	5	Baik	1	Baik	4	Baik	4	Baik
	Rambu Peringatan					2	Baik		
	Rambu Perintah	1	Baik	1	Baik	1	Baik		
	Rambu Petunjuk	2	Baik			4	Baik	1	Baik

1. Kaki Simpang Utara

Nama Jalan : Jl. Mojopahit 5
Status Jalan : Kota
Fungsi Jalan : Arteri
Tipe Jalan : 2/1 TT
Lebar Lajur Masuk : 6,4 m
Lebar Total : 6,4 m

2. Kaki Simpang Selatan

Nama Jalan : Jl. Pekayon
Status Jalan : Kota
Fungsi Jalan : Kolektor
Tipe Jalan : 2/2 TT
Lebar Lajur Masuk : 2,8 m
Lebar Lajur Keluar : 2,8 m
Lebar Total : 5,6 m

3. Kaki Simpang Timur

Nama Jalan : Jl. Raden Wijaya 1
Status Jalan : Kota
Fungsi Jalan : Arteri
Tipe Jalan : 2/2 TT
Lebar Lajur Masuk : 4,6 m
Lebar Lajur Keluar : 4,6 m
Lebar Total : 9,2 m

4. Kaki Simpang Barat

Nama Jalan : Jl. Mojopahit 6
Status Jalan : Kota
Fungsi Jalan : Arteri
Tipe Jalan : 2/1 TT
Lebar Lajur Keluar : 7,4 m
Lebar Total : 7,4 m

2.4 Data Jumlah Penduduk

Berdasarkan dari data jumlah penduduk pada **Tabel 2.2** ini diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan, Riset, dan Inovasi Daerah Kota Mojokerto disebutkan bahwa pada tahun 2024 Kota Mojokerto memiliki proyeksi jumlah penduduk sebesar 142,272 jiwa. Dari data tersebut maka dapat diketahui sesuai dengan pedoman PKJI 2023, Kota Mojokerto masuk kedalam ukuran kota kecil dengan faktor penyesuaian kota 0,83.

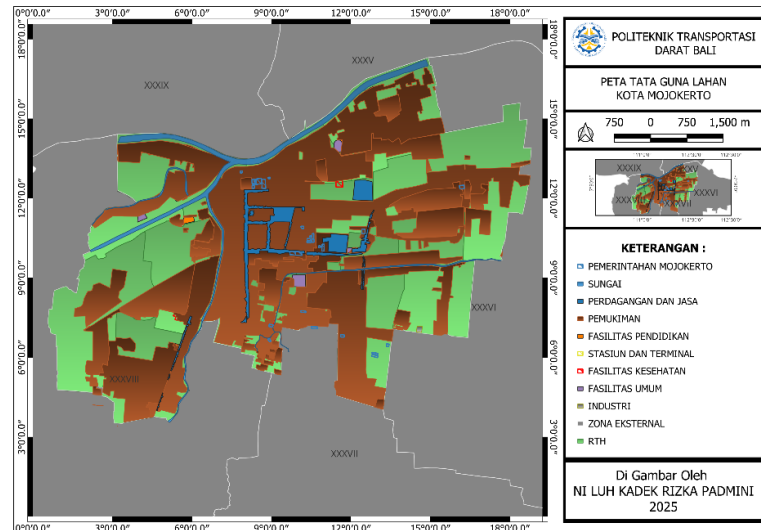
Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk Kota Mojokerto Tahun 2020 - 2024

PENDUDUK	
TAHUN	JUMLAH
2020	132,434
2021	140,075
2022	140,730
2023	141,785
2024	142,272

Sumber: Bapperida Kota Mojokerto 2025

2.5 Data Peta Tata Guna Lahan

Peta tata guna lahan yang digunakan dalam kajian ini diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan, Riset, dan Inovasi Daerah Kota Mojokerto. Peta ini berfungsi untuk mengidentifikasi jenis penggunaan lahan di sekitar ruas jalan pada area studi. Informasi ini penting dalam menentukan besaran koefisien yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan metode PKJI. Sebagaimana ditunjukkan dalam **Tabel 2.1** dan **Gambar 8.**, klasifikasi tata guna lahan dapat dibedakan menjadi beberapa kategori, seperti kawasan komersial (KOM), industri, perumahan, serta area khusus lainnya. Dengan mempertimbangkan jenis tata guna lahan yang ada pada ruang studi, perhitungan menggunakan metode PKJI dapat dilakukan secara lebih akurat dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.



Gambar 8. Peta Tata Guna Lahan Eksisting
sumber: Bapperida Kota Mojokerto

2.6 Data BAP Kecelakaan

Berdasarkan data kecelakaan lalu lintas yang diperoleh, tercatat sebanyak 6 kejadian kecelakaan dengan dominan bertabrakan dari pendekatan timur lurus dan selatan belok kanan telah terjadi di Simpang 4 Pekayon dalam kurun waktu tertentu. Angka ini menunjukkan adanya potensi permasalahan keselamatan yang perlu mendapat perhatian dalam evaluasi kinerja simpang. Informasi mengenai hasil data BAP kecelakaan disajikan pada **Tabel 2.3** dan data lebih rinci ada pada **lampiran 8**.

Tabel 2.3 Data BAP Kecelakaan 5 Tahun Terakhir

No	Tanggal	Waktu	Tipe Kecelakaan	Tingkat Kecelakaan	Kondisi Cahaya	Cuaca	Nama Jalan
1	24/10/2020	14:00	Tabrak Depan - Samping	Ringan	Terang	Cerah	Jl. Raden Wijaya, Mergelo
2	28/10/2020	10:30	Tabrakan depan - belakang	Ringan	Terang	Cerah	Jl. Mojopahit No.481
3	14/02/2021	12:30	Tabrak Depan - Samping	Ringan	Terang	Cerah	Jl. Mojopahit No.403
4	16/01/2022	16:30	Tabrak Depan - Samping	Ringan	Terang	Cerah	Jl. Mojopahit No.403a
5	21/01/2023	19:05	Tabrak Depan - Samping	Ringan	Terang	Cerah	Simpang 4 Bentar, Kranggan
6	17/05/2023	19:00	Tabrak Samping - Samping	Ringan	Terang	Cerah	Simpang 4 Bentar, Jl. Raya Majapahit

Sumber: Polres Mojokerto Kota

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Persimpangan

Dalam bagian ini akan diuraikan teori – teori dasar yang menjadi landasan penelitian ini:

3.1.1 Rekayasa Lalu Lintas

Berdasarkan Undang - Undang No 22 Tahun (2009) tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ), manajemen dan rekayasa lalu lintas diselenggarakan sebagai upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan jaringan jalan serta pergerakan lalu lintas, dengan tujuan utama menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran dalam sistem lalu lintas dan angkutan jalan .

3.1.2 Persimpangan

Menurut Prasetyanto, 2013 dalam (Juliyanto, 2022) Persimpangan merupakan elemen vital dalam sistem jaringan jalan, karena kelancaran pergerakan lalu lintas dalam suatu jaringan sangat bergantung pada pengaturan arus kendaraan di area persimpangan. Kapasitas suatu persimpangan secara umum dapat dikendalikan melalui pengelolaan arus lalu lintas dalam jaringan tersebut. Persimpangan sering kali dianggap sebagai titik kritis dalam pelayanan lalu lintas, karena berfungsi sebagai penghubung utama antar ruas jalan.

Menurut Prasetyanto, 2013 dalam (Juliyanto, 2022), persimpangan adalah area tempat bertemunya dua atau lebih ruas jalan. Bentuknya dapat bervariasi, mulai dari persimpangan sederhana yang hanya melibatkan dua jalan, hingga persimpangan kompleks yang terdiri atas beberapa pertemuan jalan dengan konfigurasi yang lebih rumit.

Tingkat kelancaran lalu lintas di persimpangan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

1. Pola pergerakan pengguna jalan dan penggunaan lahan di sekitar jalan;
2. Desain dan kondisi fisik persimpangan;
3. Volume lalu lintas yang melintasi persimpangan;
4. Geometri atau trase jalan;

5. Kecepatan kendaraan;
6. Hambatan samping yang terjadi di sekitar persimpangan.

Kemacetan yang terjadi di persimpangan umumnya disebabkan oleh konflik pergerakan antar pengguna jalan serta berbagai hambatan yang muncul di sekitar area tersebut. Konflik ini dapat berupa interaksi antar kendaraan, antara kendaraan dan pejalan kaki, maupun akibat kendaraan yang terhambat lajunya oleh aktivitas samping jalan yang mengganggu kelancaran arus lalu lintas.

3.1.3 Jenis Simpang

Berdasarkan Direktorat Jenderal (2023), pemilihan jenis simpang pada suatu lokasi harus mempertimbangkan berbagai aspek, seperti aspek ekonomi, keselamatan lalu lintas, serta dampak terhadap lingkungan sekitar. Menurut Morlok (1991) dalam Ratnaningsih (2020), pengaturan simpang dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu:

1. Simpang Bersinyal (Signalized Intersection)

Simpang bersinyal adalah jenis simpang di mana pergerakan kendaraan dari setiap pendekatan diatur oleh lampu lalu lintas (APILL). Pengaturan dengan sinyal bertujuan untuk mengurangi konflik antar kendaraan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

Menurut Direktorat Jenderal (2023), pemasangan alat pemberi isyarat lalu lintas pada suatu simpang diperlukan jika memenuhi salah satu atau lebih dari kriteria berikut:

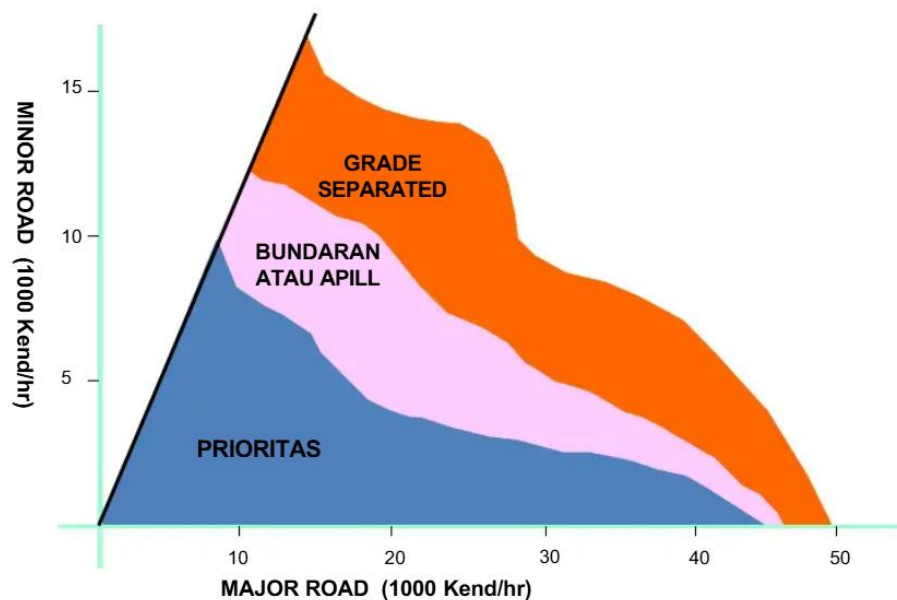
- a. Volume lalu lintas yang melewati simpang rata-rata di atas 750 kendaraan/jam secara kontinu selama 8 jam sehari.
- b. Rata-rata waktu tunggu kendaraan di simpang lebih dari 30 detik.
- c. Jumlah pejalan kaki yang melintas rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam sehari.
- d. Simpang tersebut memiliki frekuensi kecelakaan yang tinggi.
- e. Simpang terletak dalam wilayah pengaturan sistem lalu lintas terpadu (Area Traffic Control/ATC) sehingga wajib dipasang alat pengendali lalu lintas.

2. Simpang Tak Bersinyal (Unsignalized Intersection)

Simpang tak bersinyal adalah pertemuan dua atau lebih jalan yang tidak dilengkapi dengan alat pengendali lalu lintas otomatis. Pada simpang ini, prioritas kendaraan biasanya diatur melalui marka jalan, rambu lalu lintas, atau bahkan secara alami berdasarkan etika berkendara pengguna jalan. Simpang jenis ini umumnya ditemukan di area dengan volume lalu lintas sedang hingga rendah.

3.2 Penentuan Pengaturan Simpang

Pemilihan jenis pengendalian lalu lintas pada simpang tak ber – APILL dapat dilakukan dengan mengacu pada grafik kriteria penentuan pengendalian simpang, yang mempertimbangkan besarnya arus lalu lintas pada jalur mayor dan minor. Grafik ini berfungsi sebagai alat bantu analisis untuk menentukan apakah suatu simpang perlu diberi pengaturan tambahan, seperti pengendalian dengan APILL, berdasarkan volume kendaraan yang melintas dari masing-masing pendekatan. Kriteria penentuan pengaturan persimpangan dapat dilihat melalui grafik berikut.



(sumber: Australian Road Research Board (APRB))

Gambar 9. Penentuan Pengendalian Simpang

Menurut Haradongan (2020) Grafik pemilihan jenis pengaturan simpang dapat didasarkan pada volume lalu lintas yang melewati persimpangan tersebut, dengan hierarki pengendalian sebagai berikut:

3.2.1 Persimpangan Prioritas

Digunakan apabila volume kendaraan pada arus minor kurang dari 9.000 kendaraan/hari dan arus mayor kurang dari 45.000 kendaraan/hari.

3.2.2 Bundaran/APILL

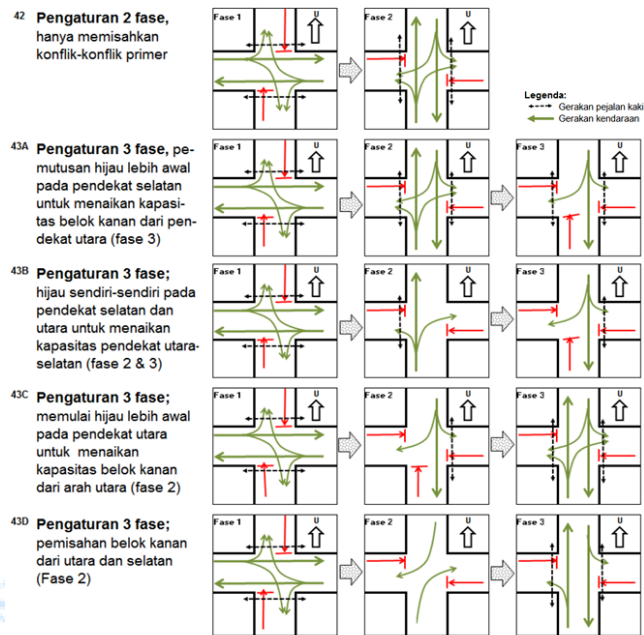
Cocok diterapkan jika volume arus minor berada antara 9.000 – 12.000 kendaraan/hari dan arus mayor kurang dari 40.000 kendaraan/hari.

3.2.3 Persimpangan Tidak Sebidang (Grade Separation)

Diperlukan jika volume arus minor melebihi 12.000 kendaraan/hari, guna mengurangi konflik lalu lintas dan meningkatkan keselamatan.

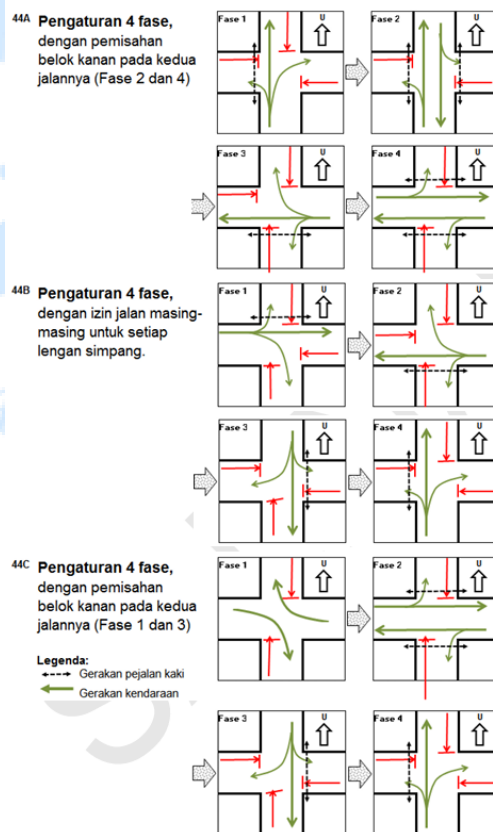
3.3 Pengaturan Tipe Fase Pada Simpang 4

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), penentuan fase pada simpang bersinyal empat lengan dilakukan dengan mempertimbangkan rasio arus belok kanan terhadap total arus lalu lintas. Apabila arus belok kanan pada salah satu pendekat melebihi 250 smp/jam, maka diperlukan pengaturan fase yang terpisah untuk menghindari konflik dengan arus berlawanan maupun pejalan kaki. Berikut merupakan pengaturan fase APILL pada simpang 4 menurut PKJI 2023:



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 10. Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 4



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 11. Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 4

Pada simpang 4, terdapat 3 tipe pengaturan fase yaitu sebagai berikut:

3.3.1 Tipe 42

Pengaturan dua fase merupakan sistem yang paling sederhana karena hanya memisahkan konflik utama antar dua arah arus lalu lintas. Pada sistem ini, fase 1 dan fase 2 masing-masing mengatur pergerakan kendaraan dari dua arah utama secara bergiliran. Namun, kelemahan dari sistem ini adalah tidak adanya fase khusus untuk kendaraan yang berbelok kanan, sehingga berpotensi menimbulkan konflik antar arus, terutama pada simpang dengan volume belok kanan yang tinggi.

3.3.2 Tipe 43

Pengaturan tiga fase dirancang untuk meningkatkan kapasitas simpang, terutama pada arus lalu lintas dari utara–selatan serta pergerakan belok kanan.

1. 43A: Memberikan waktu hijau lebih awal kepada pendekat selatan, sehingga pergerakan belok kanan dari arah tersebut dapat berlangsung lebih lancar.
2. 43B: Setiap pendekat dari arah utara dan selatan memperoleh fase hijau secara terpisah, yang membantu mengurangi konflik pada arus bersilangan.
3. 43C: Fase hijau dimulai lebih awal dari arah utara untuk memfasilitasi kendaraan yang berbelok kanan sebelum arus dari arah lain diberikan sinyal hijau.
4. 43D: Belok kanan dari arah utara dan selatan dipisahkan ke dalam fase tersendiri, sehingga tidak mengganggu gerakan lurus maupun belok dari arah lain.

3.3.3 Tipe 44

Pengaturan empat fase umumnya diterapkan pada simpang dengan volume lalu lintas tinggi dan tingkat kompleksitas pergerakan yang besar, karena memungkinkan pemisahan waktu untuk setiap pendekat atau manuver secara lebih spesifik.

1. 44A: Gerakan belok kanan dipisahkan ke dalam fase 2 dan fase 4, sehingga tidak terjadi konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan.

2. 44B: Setiap lengan simpang memperoleh giliran waktu hijau secara tersendiri, yang sangat efektif diterapkan pada simpang dengan distribusi volume lalu lintas yang tidak seimbang.
3. 44C: Pergerakan belok kanan difasilitasi pada fase 1 dan fase 3, sehingga mampu mengurangi potensi konflik pada simpang yang padat, khususnya saat volume belok kanan tinggi.

3.4 Perhitungan Simpang Ber - APILL

Dalam penelitian ini, analisis kapasitas dan kinerja simpang Ber – APILL dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Beberapa rumus dasar yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.4.1 Simpang Bersinyal

1. Arus Jenuh

Arus jenuh adalah laju maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu pendekat simpang dalam satuan waktu (smp/jam) pada kondisi optimal (lampu hijau penuh). Nilai arus jenuh dipengaruhi oleh karakteristik geometrik, hambatan samping, dan perilaku lalu lintas. Untuk menghitung arus jenuh di simpang bersinyal, digunakan rumus:

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

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- J = arus jenuh aktual (smp/jam)
- J_0 = arus jenuh dasar (smp/jam)
- F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota
- F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping
- F_G = faktor koreksi geometri
- F_P = faktor koreksi parkir
- F_{BKl} = faktor koreksi kendaraan belok kiri
- F_{BKk} = faktor koreksi kendaraan belok kanan

a. Arus Jenuh Dasar (J_0)

Arus jenuh dasar adalah kapasitas lalu lintas maksimal per satuan lebar jalur efektif tanpa adanya gangguan eksternal seperti hambatan samping dan parkir. Arus jenuh dasar dihitung berdasarkan lebar pendekat menggunakan rumus:

$$J_0 = 600 \times L_E$$

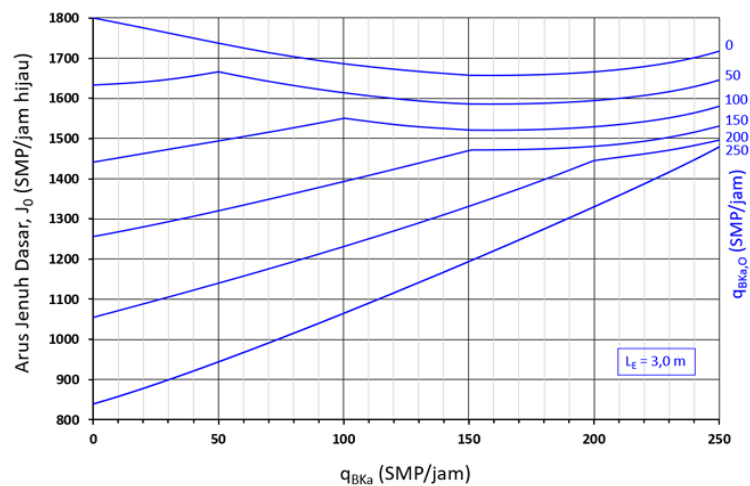
(3.2)

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- L_E = lebar efektif pendekat (meter)

Untuk pendekat tipe terlawan menggunakan grafik untuk mendapatkan nilai J_0 dan menggunakan interpolasi dengan melihat q_{Bka} dan q_{Bki} .



Gambar 12. Arus Dasar J_0 Terlawan

(sumber: PKJI 2023)

b. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})

Faktor koreksi yang memperhitungkan skala kota berdasarkan jumlah penduduk, karena perilaku mengemudi dan kondisi jalan berbeda antar kota kecil, sedang, dan besar. Faktor ini menyesuaikan kapasitas berdasarkan ukuran kota, ditentukan dari tabel berikut:

Tabel 3. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota	Populasi penduduk, juta jiwa	F_{UK}
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

c. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})

Faktor koreksi untuk menyesuaikan arus jenuh akibat adanya gangguan seperti pejalan kaki, parkir liar, atau kegiatan usaha di pinggir jalan. Faktor ini disesuaikan berdasarkan tingkat hambatan samping dan lingkungan jalan. Nilainya diambil dari tabel PKJI 2023.

Tabel 3. 2 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

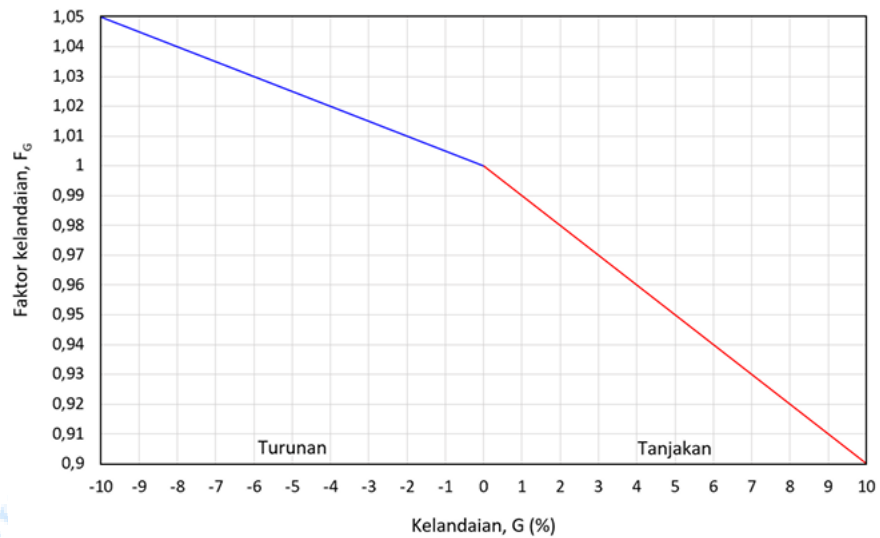
Tipe lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe Fase	F_{HS} untuk nilai R_{KTB}					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,85	0,87	0,88	0,91	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	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
		Terlawan	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,80	0,86
Akses terbatas (AT)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: PKJI 2023

d. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Faktor koreksi yang mempertimbangkan pengaruh kemiringan jalan terhadap kemampuan kendaraan bergerak, terutama pada jalan dengan

tanjakan atau turunan. Dalam menentukan faktor penyesuaian kelandaian dapat menggunakan grafik.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 13. Faktor Penyesuaian Kelandaian

e. Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir (F_p) adalah sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama pada laju rpendekat. Faktor penyesuaian parkir dihitung dengan perhitungan menggunakan rumus:

$$F_P = \frac{\frac{L_p}{3} - (WA - 2) \times \left(\frac{L_p}{3 - g}\right) / WA}{g} \quad (3.3)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- L_p adalah jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendek.
- WA adalah lebar pendekat (m).
- g adalah waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det).

f. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa})

Faktor penyesuaian belok kanan digunakan untuk memperhitungkan peningkatan rasio belok kanan (R_{bka}) yang tinggi terhadap arus jenuh. Faktor ini hanya diterapkan pada pendekat tipe P (terlindung),

yang dilengkapi median dan berada pada jalan dua arah. Untuk mempertimbangkan tingginya rasio belok kanan:

$$F_{BKa} = 1 + (R_{BKa} \times 0,26) \quad (3.4)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- R_{BKa} = rasio kendaraan berbelok kanan

g. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BK_i})

Faktor penyesuaian belok kiri diperlukan untuk memperhitungkan pengaruh perlambatan kendaraan yang berbelok kiri pada pendekat terlindung, di mana belok kiri jalan terus (LTOR) tidak diperbolehkan. Perlambatan ini menyebabkan penurunan arus jenuh, sehingga faktor ini hanya dihitung pada pendekat tipe P (terlindung) tanpa LTOR.

$$F_{BK_i} = 1 - (R_{BK_i} \times 0,16) \quad (3.5)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- R_{BK_i} = rasio kendaraan berbelok kiri.

h. Rasio Arus terhadap Arus Jenuh (F_R)

Rasio arus masing – masing pendekat dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_{q/j} = \frac{q}{J} \quad (3.6)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- $R_{q/j}$ = rasio arus masing-masing pendekat
- Q = rasio lalu lintas (smp/jam).
- J = arus jenuh.

i. Rasio Arus Simpang (R_{AS})

Rasio total dari semua pendekat yang dihitung terhadap kapasitas kritis pada simpang bersinyal, untuk menentukan kebutuhan siklus waktu. Menghitung perbandingan arus terhadap kapasitas kritis:

$$R_{AS} = \sum i(R_{q/j} / J_{kritis})_i \quad (3.7)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan :

R_{AS} = rasio arus simpang.
 $R_{q/j \text{ kritis}}$ = rasio arus tertinggi masing-masing fase.

j. Rasio Fase (R_F)

Rasio yang menunjukkan proporsi pembagian waktu hijau berdasarkan beban arus pada masing – masing fase sinyal. Rasio fase tiap fase dihitung dengan:

$$R_F = \frac{R_{q/j \text{ kritis}}}{R_{AS}} \quad (3.8)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan :

- R_F = rasio fase
- R_{AS} = rasio arus simpang.
- $R_{q/j \text{ kritis}}$ = rasio arus tertinggi masing-masing fase.

k. Waktu Siklus (S)

Total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu putaran lengkap dari semua fase lampu lalu lintas, termasuk waktu hijau, kuning, dan merah semua. Waktu siklus diperoleh menggunakan rumus:

$$S = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/j \text{ kritis}})} \quad (3.9)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- s = waktu siklus (detik)
- R_q = Rasio arus simpang terkritik
- W_{HH} = waktu hilang total per siklus (detik)
- Q = Arus lalu lintas

Atau:

Tabel 3. 3 Penentuan Waktu Siklus

Tipe Pengaturan	S yang layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40 – 80
Pengaturan tiga-fase	50 – 100
Pengaturan empat-fase	80 – 130

Sumber: PKJI 2023

1. Waktu Hijau (W_H)

Waktu efektif untuk tiap fase hijau di mana kendaraan diberi kesempatan untuk melaju melewati persimpangan. Waktu hijau untuk setiap fase dihitung menggunakan:

$$W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times \frac{Rq/Jkritis}{\sum_i (Rq/Jkritis)_i} \quad (3.10)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- s = Waktu siklus sebelum penyesuaian
- W_{HH} = Waktu hilang total per siklus (detik)
- W_{Hi} = Waktu hijau pada fase ke- i

2. Waktu Merah Semua (W_{MS})

Waktu di mana semua pendekat menunjukkan sinyal merah untuk mengosongkan persimpangan dari kendaraan.

$$W_{MS} = \text{Max} \left\{ \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}, \frac{L_{pk}}{V_{pk}} \right\} \quad (3.11)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- W_{MS} = Waktu merah semua
- L_{KBR} = Jarak kendaraan berangkat
- P_{KBR} = Panjang kendaraan berangkat
- V_{KBR} = Kecepatan kendaraan berangkat
- L_{KDT} = Jaak kendaraan datang
- V_{KDT} = Kecepatan kendaraan datang

3. Waktu Hijau Hilang Total (W_{HH})

Total waktu hijau yang hilang dalam satu siklus akibat percepatan awal dan keterlambatan akhir kendaraan.

$$W_{HH} = \sum_i (W_{ms} + W_k)_i \quad (3.12)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- W_{MS} = Waktu merah semua
- W_K = Waktu kuning

4. Waktu Siklus Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan adalah hasil perhitungan dari survei inventarisasi lapangan. Untuk menentukan nilai waktu siklus ini (c), digunakan rumus tertentu sesuai standar perhitungan.

$$C = \sum Wh + WHH \quad (3.13)$$

Sumber: PKJI 2023

3.5 Indikator Kinerja Persimpangan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015 mengenai Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan, dijelaskan bahwa terdapat tingkatan pelayanan (Level of Service/LOS) beserta karakteristik operasionalnya yang berlaku untuk persimpangan ber – APILL. Peraturan ini juga memuat tabel klasifikasi tingkat pelayanan yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas pada simpang tersebut.

Tabel 3. 4 Indikator Layanan Persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend)
A	< 5
B	5 – 15
C	15– 25
D	25 – 40
E	40 – 60
F	> 60

Sumber: PM 96 Tahun 2015

3.6 Kecepatan Setempat (Spot Speed)

Kecepatan setempat (spot speed) merupakan kecepatan sesaat yang dicapai oleh kendaraan pada titik atau segmen jalan tertentu yang relatif pendek. Pengukuran kecepatan setempat bertujuan untuk mengetahui perilaku kecepatan aktual pengguna jalan pada lokasi tertentu, yang dapat digunakan untuk evaluasi keselamatan jalan, penetapan batas kecepatan, serta perencanaan lalu lintas (Risdiyanto, 2018). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan setempat, antara lain:

1. Langsung menggunakan radar meter (speed gun). Alat ini bekerja berdasarkan prinsip fisika mengenai pantulan gelombang dari benda yang bergerak. Ketika gelombang dipantulkan oleh kendaraan, terjadi perubahan panjang gelombang

yang sesuai dengan kecepatan gerak kendaraan tersebut. Gelombang yang digunakan bisa berupa gelombang radio, gelombang ultrasonik, atau gelombang inframerah. Speed gun memberikan hasil yang cepat dan akurat, serta umum digunakan oleh pihak kepolisian dan lembaga teknis transportasi.

2. Dengan menggunakan video camera, Dalam metode ini, kamera diarahkan pada ruas jalan tertentu untuk merekam pergerakan kendaraan. Selanjutnya, rekaman video dianalisis ulang untuk menghitung waktu tempuh kendaraan pada jarak tertentu. Dengan mengetahui jarak dan waktu tempuh, kecepatan kendaraan dapat dihitung secara akurat. Metode ini bermanfaat untuk dokumentasi dan analisis lebih lanjut.
3. Menggunakan bendera. Metode sederhana ini melibatkan dua orang yang bekerja sama pada jarak tertentu (biasanya kurang dari 100 meter). Orang pertama akan mengangkat bendera sebagai penanda saat kendaraan melintas di titik awal, dan orang kedua mulai menekan stopwatch. Stopwatch dihentikan ketika kendaraan melewati titik akhir. Kecepatan dihitung berdasarkan jarak dan waktu tempuh yang tercatat. Meskipun sederhana, metode ini masih sering digunakan dalam kondisi terbatas atau untuk keperluan edukatif.

3.7 Pemodelan Menggunakan Perangkat Lunak Vissim

Menurut (PrimaJ, 2019), VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas mikroskopis berbasis multi-moda yang dikembangkan oleh PTV Group di Karlsruhe, Jerman. Nama VISSIM sendiri berasal dari bahasa Jerman “Verkehr In Stadten – Simulations model”, yang berarti “Lalu Lintas di Kota – Model Simulasi”. Program ini dirancang untuk mensimulasikan pergerakan lalu lintas secara detail, mencakup berbagai jenis kendaraan dan perilaku pengemudi dalam suatu jaringan jalan.

VISSIM memiliki kemampuan untuk memodelkan elemen – elemen penting lalu lintas, seperti geometri jalan, jenis kendaraan, fase sinyal lalu lintas, lokasi stop line, serta perilaku pengemudi. Fitur animasi tiga dimensi juga tersedia untuk memberikan visualisasi yang lebih realistis terhadap kondisi lalu lintas. Dengan memasukkan data input berupa geometri simpang, volume kendaraan, dan pengaturan sinyal, perangkat lunak ini mampu menghasilkan output berupa volume

lalu lintas, kecepatan rata-rata kendaraan, serta panjang antrian. Output tersebut kemudian digunakan sebagai bahan kalibrasi dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data observasi lapangan hingga mencapai hasil yang valid dan representatif. VISSIM menjadi alat yang efektif untuk mendukung proses analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan dalam perencanaan dan rekayasa transportasi. Terdapat empat langkah utama pemodelan *VISSIM* yaitu membangun model eksisting *VISSIM*, kalibrasi model *VISSIM*, validasi model *VISSIM*, dan evaluasi hasil output *Vissim*.

3.6.1 Membangun Model Eksisting *VISSIM*

Kondisi lalu lintas yang saling terkait dan saling mempengaruhi, memerlukan distribusi stokastik untuk menggambarkan variabilitas dalam software *VISSIM*. Dalam penelitian ini, parameter-parameter yang digunakan antara lain:

- a. *Vehicle Input*
- b. *2D/3D Model*
- c. *Vechile Composition*
- d. *Desired Speed Distribution*
- e. *Vechile type, class and category*
- f. *Driving Behaviour*
- g. *Signal Control*
- h. *Configuration evaluation*
- i. *Node result*
- j. *Data collection point*

3.6.2 Kalibrasi *VISSIM*

Kalibrasi adalah proses memeriksa dan mengatur akurasi atau ketepatan suatu alat ukur (Putri & Irawan, 2015). Proses ini dilakukan dengan membandingkan alat ukur tersebut dengan standar atau tolak ukur yang sudah ditetapkan. Kalibrasi diperlukan agar hasil pengukuran yang dilakukan akurat dan konsisten dengan instrumen lainnya. Dalam konteks model mikro-simulasi, kalibrasi dilakukan agar hasil simulasi sesuai dengan realita di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan metode *trial and error*, yaitu dengan mengubah nilai

parameter perilaku pengemudi (driving behavior) dalam model sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan. Jika hasil kalibrasi tidak sesuai dengan hasil validasi, maka kalibrasi akan dilakukan ulang. Fungsi dari kalibrasi adalah agar kondisi yang ada di lapangan sama dengan yang ada dalam model. Pengaturan driving behavior terdiri dari beberapa bagian, seperti jarak aman mengemudi, waktu menyalip, jarak henti kendaraan, dan lain-lain. Berikut adalah beberapa parameter driving behaviour yang disesuaikan selama proses kalibrasi.

3.6.3 Validasi Model Simulasi

Validasi adalah proses membandingkan hasil simulasi dengan data real di lapangan. Proses ini merupakan lanjutan dari tahap kalibrasi model. Validasi bertujuan untuk mengukur tingkat keakuratan pemodelan dan parameter yang sudah dibuat. Menurut Collins (2009) dalam (Irwan, 2019), proses validasi dinyatakan tidak memenuhi syarat apabila terdapat simpangan antara data hasil simulasi dan data aktual di lapangan yang melebihi batas toleransi sebesar 15%. Apabila kondisi ini terjadi, maka diperlukan proses kalibrasi guna menyesuaikan parameter model simulasi agar hasil yang diperoleh lebih mendekati kondisi nyata dan validitas model dapat diterima. Acuan yang dapat digunakan pada pemodelan ini yaitu volume kendaraan. Dalam proses validasi menggunakan metode Geoffrey E. Havers (GEH) yang biasa digunakan untuk validasi hasil pemodelan simulasi lalu lintas. GEH merupakan rumus statistik modifikasi dari *chi-squared* dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Hasil model dikatakan baik jika nilai $GEH < 5$ (Jepriadi, 2022). Rumus GEH adalah sebagai berikut :

$$GEH = \sqrt{\frac{(X - Y)^2}{0.5 \times (X - Y)}} \quad (3.14)$$

Sumber: Jepriadi, 2022

Keterangan:

X = Hasil Simulasi

Y = Data real

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

Tabel 3. 5 Hasil Uji Statistik GEH

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5	Hasil Diterima
5 < GEH < 10	Kemungkinan kesalahan pemodelan atau data buruk
GEH > 10	Hasil Ditolak

Sumber: Jepriadi, 2022

3.8 Penanganan Tingkat Kemacetan Dan Keselamatan Simpang

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi kemacetan dan kecelakaan pada simpang tidak ber-APILL, melalui pendekatan yang mencakup rekayasa lalu lintas, serta peningkatan aspek keselamatan bagi pengguna jalan. Berikut merupakan bentuk penerapan dari rekomendasi yang telah diusulkan sebagai solusi terhadap permasalahan yang ditemukan pada simpang tersebut.

Tabel 3. 6 Rekomendasi Perencanaan Simpang

No	Judul	Penulis	Ringkasan
1	Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Tlogo – Serut Kecamatan Ngunut Kabupaten Tulungagung	Roky Amerosady, Johannes Asdhi, Udi Subagyo (2023)	Fokus pada perencanaan simpang bersinyal 2 fase, mengurangi tundaan menjadi 13,589 det/smp, LOS B berdasarkan PM No.96/2015.
2	Perencanaan Simpang Bersinyal pada Simpang Tak Bersinyal di Pasar Mijen, Semarang	Windarwati Haryono & Yudia Atsila	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang eksisting (tak bersinyal) serta memberikan alternatif solusi berupa perencanaan simpang bersinyal 3 fase menggunakan metode MKJI 1997.
3	Studi Rekayasa Lalu Lintas pada Simpang Tujuh Ulee Kareng dengan Merencanakan Bundaran (Roundabout)	Ruhdi Faisal, Sugiarto, Zulfhazli, Muhammad Irza (2019)	Rekayasa lalu lintas dengan merancang bundaran (roundabout) sebagai solusi penanganan kemacetan dan konflik pada Simpang Tujuh Ulee Kareng di Banda Aceh, yang merupakan simpang tak bersinyal dengan tujuh pendekat.
4	Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Simpang Tak Sebidang Kota Pekanbaru	Mhd. Islah (2017)	Penelitian ini membandingkan dua alternatif solusi, yaitu pelebaran jalan pendekat dan pembangunan fly over (simpang tak sebidang).

No	Judul	Penulis	Ringkasan
			Analisis dilakukan menggunakan metode survei lalu lintas, perhitungan derajat kejenuhan, tundaan, dan kapasitas berdasarkan MKJI.

3.9 Keaslian Penelitian

Berikut merupakan daftar penelitian yang sejenis dengan penelitian yang dilaksanaka:

Tabel 3. 7 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
1	Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Cokroaminoto – Jalan Pattimura – Jalan Trunojoyo Kota Malang	Nanda Yustiawinata, Udi Subagyo, Johannes Asdhi (2021)	Penelitian ini membahas perubahan simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal di Kota Malang dengan metode MKJI 1997. Hasil menunjukkan LOS tetap C dengan tundaan meningkat sedikit.	Menggunakan MKJI 1997, belum memakai PKJI 2023 dan tidak menggunakan Vissim untuk simulasi.
2	Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Tlogo – Serut Kecamatan Ngunut Kabupaten Tulungagung	Roky Amerosady, Johannes Asdhi, Udi Subagyo (2023)	Fokus pada perencanaan simpang bersinyal 2 fase, mengurangi tundaan menjadi 13,589 det/smp, LOS B berdasarkan PM No.96/2015.	Tidak menggunakan simulasi Vissim, dan Belum berbasis PKJI 2023 penuh. Fokus pada prediksi kinerja hingga 6 tahun mendatang.
3	Perencanaan Simpang Bersinyal Jl. Diponegoro – Jl. Supratman, Kota Bandung	Muhammad Zakiyy Ghifari, Herman (2024)	Penelitian menerapkan PKJI 2023 untuk menilai kinerja simpang tak bersinyal yang macet, dengan usulan pemasangan APILL. Hasil menunjukkan perbaikan derajat kejenuhan dan tundaan.	Sudah menggunakan PKJI 2023 tetapi tanpa simulasi Vissim sebagai verifikasi atau animasi kinerja.
4	Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Persimpangan Jalan Brigpol	Heryan Surya Wardana, Udy Subagyo,	Studi melakukan perencanaan simpang bersinyal untuk kawasan komersial, menghasilkan tundaan 9,269 det/smp	Metode analisis berbasis MKJI 1997, belum menggunakan PKJI 2023 dan tanpa

No	Judul	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
	Sudarlan – Jalan Mastrip Kabupaten Bondowoso	Nain Raharjo (2024)	dan LOS B setelah perubahan ke 3 fase sinyal.	integrasi simulasi Vissim.
5	Kajian Simpang Empat Tak Bersinyal Pada Jalan Argopuro Kecamatan Kalipuro Kabupaten Banyuwangi Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Aplikasi PTV VISSIM Student Version	Yoga Pratama (2024)	Penelitian ini menganalisis kinerja simpang empat Jalan Argopuro sebelum dan sesudah dipasang APILL menggunakan simulasi PTV VISSIM. Sebelumnya tingkat pelayanan F (buruk), setelah diberikan APILL dua fase menjadi tingkat pelayanan B, dan empat fase menjadi C.	Menggunakan software VISSIM, tetapi tidak menggunakan metode PKJI 2023. Fokusnya pada simulasi perubahan kondisi eksisting menjadi simpang bersinyal saja.