

**ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA
SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

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

**ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG 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:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

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

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

KERTAS KERJA WAJIB

**ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG
DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

Disusun oleh:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

Disetujui untuk diajukan pada

Sidang Akhir Kertas Kerja Wajib

Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I

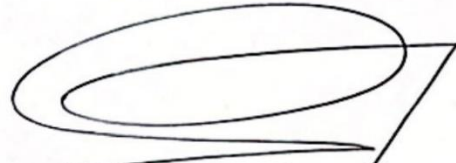
DOSEN PEMBIMBING II



Aswin Badarudin Atmajaya, S.ST., M.A.P.
NIP. 19900513 201012 1 004

Tanggal:

Ditetapkan di : Tabanan.



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

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

KERTAS KERJA WAJIB

**ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG
DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA


2203026

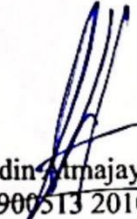
TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI

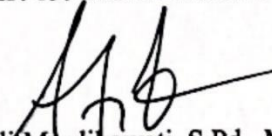
PADA TANGGAL 21 JULI 2025


DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Tim Penguji


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



Aswin Badarudin Armajaya, S.ST., M.A.P.
NIP. 19900513 201012 1 004


Budi Mardikawati, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19840829 201902 2 001


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

Mengetahui

**KETUA PROGRAM STUDI
DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN**


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

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha, Notar. 2203026, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Perencanaan Desain Simpang Jembatan Kedungkandang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang 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/Tugas Akhir 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, 30 Juni 2025

Penulis,



Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha

Notar. 2203026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan kertas kerja wajib yang berjudul “Analisis Perencanaan Desain Simpang Jembatan Kedungkandang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang dengan Pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM” dapat diselesaikan dengan penuh dedikasi. Penulis sadar bahwa kertas kerja wajib ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, segala masukan, kritik, dan saran yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan di masa yang akan datang. Atas bantuan, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati peneliti ucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua, seluruh keluarga, dan Shakyra Junia, S.Psi. yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun materil, kepada penulis dalam menyelesaikan Kertas Kerja Wajib ini;
2. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr, selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali;
3. Bapak Aswin Badarudin Atmajaya, S.ST., M.A.P dan Bapak Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T atas segala bimbingan, kesabaran, dan ketulusan dalam membimbing penulis selama proses penyusunan Kertas Kerja Wajib ini;
4. Seluruh dosen Program Studi D - III Manajemen Transportasi Jalan yang telah memberikan pengajaran selama Pendidikan.

Semoga laporan ini mampu memberikan manfaat bagi seluruh pihak, khususnya dalam kemajuan ilmu pengetahuan di bidang Transportasi Darat, serta dapat diimplementasikan guna mendukung pembangunan sistem transportasi di Indonesia secara luas.

Tabanan, 30 Juni 2025

Penulis,



DEWA GEDE Satria WIBAWA RESIARTHA

Notar. 2203026

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
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.....	7
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	12
3.1 Simpang.....	12
3.2 Penentuan Tipe Pengendalian Simpang	13
3.3 Analisis Simpang tidak Bersinyal	14
3.4 Perhitungan Kinerja Simpang APILL	24
3.5 Penentuan Tipe Bundaran Yang Baku	33
3.6 Penentuan Tingkat Pelayanan	33
3.7 Kecepatan Titik	34

3.8	Sampel Slovin.....	34
3.9	Perangkat Lunak VISSIM	34
3.10	Konflik Simpang	36
3.11	Penelitian Terdahulu.....	39
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		43
4.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	43
4.2	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data	43
4.3	Metode Analisis Data	48
4.4	Bagan Alir Penelitian	53
4.5	Timeline Kegiatan	59
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		60
5.1	Hasil Pengumpulan Data	60
5.2	Perencanaan Fase Simpang Bersinyal	75
5.3	Analisis Data Perencanaan Simpang Bersinyal.....	76
5.4	Layout Desain Rekayasa Persimpangan.....	117
BAB VI PENUTUP		121
6.1	Kesimpulan.....	121
6.2	Saran.....	122
DAFTAR PUSTAKA		124
LAMPIRAN.....		126

DAFTAR TABEL

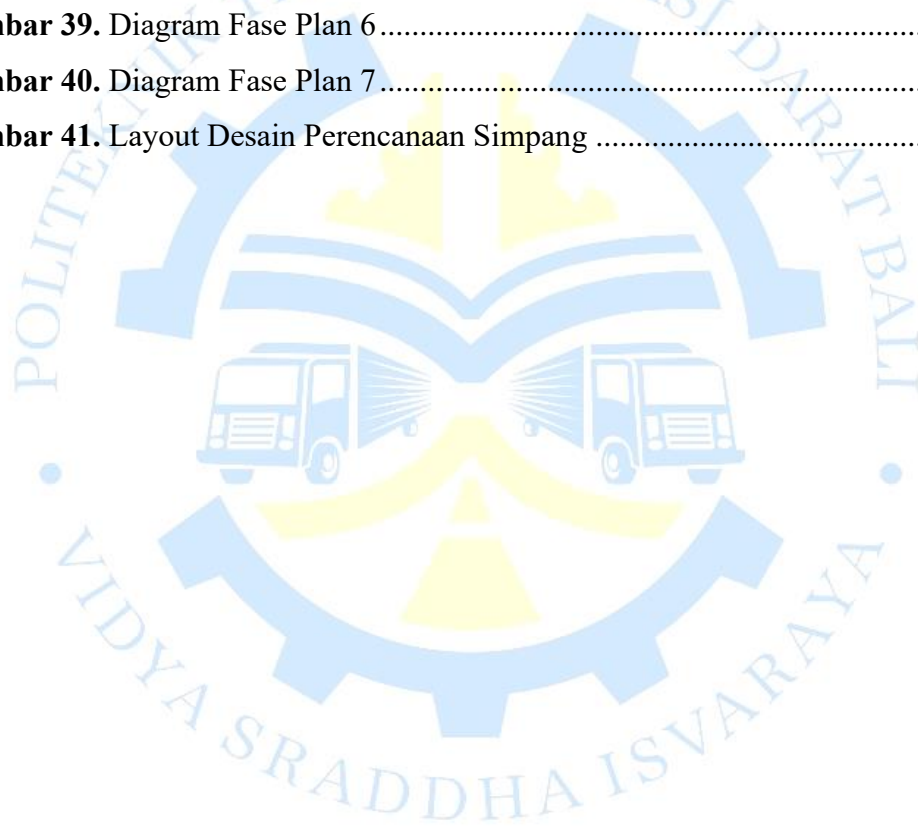
Tabel 3. 1 Tipe Persimpangan	15
Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor	16
Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota	16
Tabel 3. 4 Tipe Lingkungan Jalan.....	17
Tabel 3. 5 Kriteria Kelas Hambatan Samping	18
Tabel 3. 6 Faktor Koreksi Hambatan Samping.....	18
Tabel 3. 7 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor	20
Tabel 3. 8 Ekuivalensi Mobil Penumpang.....	21
Tabel 3. 9 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	25
Tabel 3. 10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	26
Tabel 3. 11 Penentuan Waktu Siklus.....	29
Tabel 3. 12 Ukuran Baku Beberapa Tipe Bundaran	33
Tabel 3. 13 Penentuan Tingkat Pelayanan	33
Tabel 3. 14 Penelitian Terdahulu	40
Tabel 4. 1 Timeline Kegiatan.....	59
Tabel 5. 1 Inventarisasi Pendekat Simpang	61
Tabel 5. 2 Frekuensi Kumulatif Pendekat Utara.....	65
Tabel 5. 3 Frekuensi Kumulatif Pendekat Selatan.....	66
Tabel 5. 4 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat Daya	68
Tabel 5. 5 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat.....	68
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Kinerja Simpang Tidak Bersinyal.....	75
Tabel 5. 7 Tabel Arus Kendaraan.....	76
Tabel 5. 8 Arus Belok Tiap Pendekat	79
Tabel 5. 9 Driving Behaviour Simpang Jembatan Kedungkandang.....	83
Tabel 5. 10 Validasi Volume VISSIM Jam Puncak Sore	87
Tabel 5. 11 Kinerja Eksisting Jam Puncak Sore Pada VISSIM.....	88
Tabel 5. 12 Tabel Arus Jenuh Dasar	89
Tabel 5. 13 Tabel Faktor Koreksi	90
Tabel 5. 14 Arus Jenuh Tiap Pendekat	91

Tabel 5. 15 Nilai Rasio Arus.....	91
Tabel 5. 16 Rasio Fase.....	92
Tabel 5. 17 Distribusi Waktu Hijau	94
Tabel 5. 18 Kapasitas Tiap Pendekat	95
Tabel 5. 19 Derajat Kejenuhan	95
Tabel 5. 20 Rasio Fase Tiap Pendekat	96
Tabel 5. 21 Panjang Antrian PKJI 2023	98
Tabel 5. 22 Hasil Perhitungan Tundaan.....	99
Tabel 5. 23 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 1 dan Plan 2.....	100
Tabel 5. 24 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 3 dan Plan 4.....	100
Tabel 5. 25 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 5 dan Plan 6.....	102
Tabel 5. 26 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 7.....	103
Tabel 5. 27 Distribusi Waktu Hijau Plan 1	108
Tabel 5. 28 Distribusi Waktu Hijau Plan 2	108
Tabel 5. 29 Distribusi Waktu Hijau Plan 3	108
Tabel 5. 30 Distribusi Waktu Hijau Plan 4	109
Tabel 5. 31 Distribusi Waktu Hijau Plan 5	109
Tabel 5. 32 Distribusi Waktu Hijau Plan 6	110
Tabel 5. 33 Distribusi Waktu Hijau Plan 7	110
Tabel 5. 34 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 1	111
Tabel 5. 35 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 2	112
Tabel 5. 36 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 3	113
Tabel 5. 37 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 4	114
Tabel 5. 38 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 5	115
Tabel 5. 39 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 6	116
Tabel 5. 40 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 7	117
Tabel 5. 41 Tabulasi Kinerja Rekayasa	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Persebaran Titik Simpang Kota Malang	7
Gambar 2. Tampak Atas Simpang	8
Gambar 3. Visualisasi Pendekat Utara	9
Gambar 4. Visualisasi Pendekat Selatan.....	10
Gambar 5. Visualisasi Pendekat Barat.....	11
Gambar 6. Kriteria Penentuan Pengendalian Simpang	14
Gambar 7. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri.....	19
Gambar 8. Faktor Koreksi Rasio Belok Kanan	20
Gambar 9. Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor	21
Gambar 10. Tundaan Lalu Lintas Simpang Sebagai Fungsi dari DJ.....	22
Gambar 11. Peluang Antrian.....	24
Gambar 12. Faktor Penyesuaian Kelandaian.....	26
Gambar 13. Tipe Dasar Gerakan	38
Gambar 14. Titik Konflik Simpang Empat Lengan.....	39
Gambar 15. Bagan Alir.....	54
Gambar 16. Layout Tampak Atas Simpang Jembatan Kedungkandang.....	60
Gambar 17. Fluktuasi Volume Lalu Lintas Selama 24 Jam.....	62
Gambar 18. Presentase Kendaraan	62
Gambar 19. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Utara	65
Gambar 20. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Utara.....	66
Gambar 21. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Utara	66
Gambar 22. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Selatan	67
Gambar 23. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Selatan	67
Gambar 24. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Selatan.....	68
Gambar 25. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Barat Daya	68
Gambar 26. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Barat	69
Gambar 27. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Barat	69
Gambar 28. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Barat.....	70
Gambar 29. Time Series Simpang Jembatan Kedungkandang.....	76

Gambar 30. Titik Konflik Simpang	78
Gambar 31. Tipe Fase Rekomendasi	82
Gambar 32. Diagram Fase Jam Puncak Sore (Plan 6).....	94
Gambar 33. Pembagian Plan	105
Gambar 34. Diagram Fase Plan 1	108
Gambar 35. Diagram Fase Plan	108
Gambar 36. Diagram Fase Plan 3	109
Gambar 37. Diagram Fase Waktu Hijau Plan 4.....	109
Gambar 38. Diagram Fase Plan 5	109
Gambar 39. Diagram Fase Plan 6	110
Gambar 40. Diagram Fase Plan 7	110
Gambar 41. Layout Desain Perencanaan Simpang	119



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir CTMC Pendekat Utara	126
Lampiran 2 Formulir CTMC Pendekat Selatan	129
Lampiran 3 Formulir CTMC Pendekat Barat Daya	132
Lampiran 4 Formulir CTMC Pendekat Barat	135
Lampiran 5 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Utara	138
Lampiran 6 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Selatan	139
Lampiran 7 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Barat	140
Lampiran 8 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Barat Daya	141
Lampiran 9 Diagram Flow Jam Puncak Pagi	142
Lampiran 10 Diagram Flow Jam Puncak Siang	142
Lampiran 11 Diagram Flow Jam Puncak Sore	143
Lampiran 12 Formulir Survei Inventarisasi Simpang Kajian	143
Lampiran 13 Dokumentasi Survey	144
Lampiran 14 Lembar Asistensi Bimbingan	146

INTISARI

ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM

Oleh

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan salah satu simpang bermasalah di Kota Malang, dengan derajat kejenuhan mencapai 0,95 pada jam puncak sore berdasarkan kinerja eksisting. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan pada simpang tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan penerapan simpang bersinyal di lokasi tersebut dengan menggunakan metode PKJI 2023, simulasi melalui perangkat lunak PTV VISSIM, serta pembuatan desain layout menggunakan AutoCAD. Evaluasi kinerja dilakukan berdasarkan indikator panjang antrian dan tundaan.

Analisis didasarkan pada survei CTMC selama 24 jam. Rekomendasi terbaik diperoleh melalui konfigurasi simpang bersinyal dengan empat fase dan early cut off. Untuk menjaga distribusi waktu hijau tetap optimal, dibuat pembagian waktu pengaturan sinyal ke dalam tujuh plan dengan waktu siklus pada setiap jam puncaknya sebagai berikut: Plan 1 (05.15–06.45 WIB), Plan 2 (06.45–09.15 WIB), Plan 3 (09.15–12.00 WIB), Plan 4 (12.00–14.30 WIB), Plan 5 (14.30–16.00 WIB), Plan 6 (16.00–18.30 WIB), dan Plan 7 (18.30–23.00 WIB). Sementara itu, mode flashing diterapkan pada pukul 23.00–05.15 WIB.

Berdasarkan hasil simulasi VISSIM didapatkan tabulasi rata-rata panjang antrean dan tundaan hasil rekayasa dimana arah Barat mengalami peningkatan dengan rata-rata panjang antrean sebesar 86 meter dan waktu tundaan (*delay*) sebesar 62 detik. Sementara itu, arah Utara, Selatan, dan Barat Daya menunjukkan nilai negatif pada panjang antrean maupun tundaannya. Nilai negatif ini mengindikasikan adanya penurunan baik pada panjang antrean maupun waktu tundaan sebagai hasil dari upaya rekayasa lalu lintas yang telah diterapkan. Arah Utara mengalami penurunan panjang antrean dan tundaan sebesar 147 meter dan 23 detik, arah Selatan sebesar 34 meter dan 13 detik, arah Barat Daya sebesar 30 detik namun panjang antrean mengalami kenaikan rata-rata sebesar 9 meter. Dengan kata lain, rekayasa lalu lintas memberikan dampak positif terhadap kelancaran arus kendaraan di simpang tersebut.

Kata kunci: perencanaan simpang bersinyal, PKJI 2023, VISSIM, fase sinyal, plan operasional.

ABSTRACT

ANALYSIS OF INTERSECTION DESIGN PLANNING AT KEDUNGKANDANG BRIDGE TO ENHANCE PERFORMANCE USING PKJI 2023 AND VISSIM METHODS

Oleh

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

Kedungkandang Bridge Intersection is one of the problematic intersections in Malang City, with a degree of saturation reaching 0.95 during the evening peak hour, based on existing performance. Therefore, improvement efforts are necessary at this intersection. This study aims to design the implementation of a signalized intersection at the location using the PKJI 2023 method, simulation using PTV VISSIM software, and the creation of a layout design using AutoCAD. The performance evaluation was carried out based on queue length and delay indicators.

The analysis is based on a 24-hour CTMC survey. The most effective recommendation was obtained through a signalized intersection configuration with four phases and an early cut-off. To ensure optimal distribution of green time, the signal timing was divided into seven time plans, with cycle times adjusted to each peak hour as follows: Plan 1 (05:15–06:45), Plan 2 (06:45–09:15), Plan 3 (09:15–12:00), Plan 4 (12:00–14:30), Plan 5 (14:30–16:00), Plan 6 (16:00–18:30), and Plan 7 (18:30–23:00). Meanwhile, a flashing mode is applied from 23:00 to 05:15.

Based on the VISSIM simulation results, the tabulated data on average queue lengths and delays after engineering adjustments show that the West approach experienced an increase, with an average queue length of 86 meters and a delay of 62 seconds. On the other hand, the North, South, and Southwest approaches showed negative values for both queue length and delay. These negative values indicate reductions, signifying an improvement due to the applied traffic engineering measures. The North approach saw a decrease in queue length and delay of 147 meters and 23 seconds, the South approach decreased by 34 meters and 13 seconds, and the Southwest approach had a delay reduction of 30 seconds, although its average queue length increased slightly by 9 meters. In conclusion, the traffic engineering strategies applied had a positive impact on improving vehicle flow at the intersection.

Keywords: signalized intersection design, PKJI 2023, VISSIM, signal phases, operational plans.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Malang adalah salah satu kota yang ada di Provinsi Jawa Timur, dengan luas wilayah 111,076 km². Tercatat populasi penduduk Kota Malang di tahun 2024 menurut data (Badan Pusat Statistik, 2024) mencapai 889.359 ribu jiwa. Kota Malang merupakan salah satu kota yang ada di Indonesia yang menjadi pusat kegiatan pariwisata dan sebagai kota pendidikan di Pulau Jawa, maka cukup tinggi aktivitas jalan raya yang diakibatkan oleh padatnya mobilitas penduduk (Ramadhani, 2021). Permasalahan transportasi saat ini yang sedang dihadapi oleh kota berkembang, termasuk juga Kota Malang adalah kemacetan lalu lintasnya (Yustiawinata, 2021). Kemacetan yang terjadi di Kota Malang banyak terjadi di daerah persimpangan yang kurang adanya sarana dan prasarana, sehingga diperlukan adanya petugas yang menjaga dan mengatur lalu lintas agar tetap lancar (Rafii Assajid, 2024).

Persimpangan jalan atau simpang adalah tempat bertemunya arus lalu lintas dari dua jalan atau lebih (Paendong, 2020). Menurut (Prasetyo, 2022), berdasarkan cara pengaturannya, simpang dibagi ke dalam 2 (dua) jenis, yaitu Simpang APILL (*Signalised Intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur dengan adanya lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergantian. Simpang tidak bersinyal (*Unsignalised Intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan pengaturan sinyal pada pergerakan lalu lintasnya. Pada simpang ini pengguna jalan perlu memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melintasi simpang atau harus berhenti terlebih dahulu sebelum melintasi simpang tersebut. Menurut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023) simpang tidak bersinyal adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan sebidang yang tidak dikendalikan oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan simpang tiga tanpa Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) yang berlokasi di Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang, Jawa Timur. Titik persimpangan ini

berada tepat pada koordinat geografis -7.993963, 112.647721. Simpang ini menjadi penghubung antara tiga ruas jalan penting di wilayah tersebut, yaitu Jalan Mayjen Sungkono dimana pada ruas ini merupakan jembatan yang mulai berfungsi pada pertengahan tahun 2020, Jalan Ki Ageng Gribig, dan Jalan Muharto. Ketiga jalan ini memiliki peran strategis dalam mendukung mobilitas masyarakat di kawasan timur Kota Malang. Namun demikian, simpang ini belum dilengkapi dengan sistem pengaturan lalu lintas berbasis isyarat lampu (APILL). Sebagai gantinya, pengaturan arus lalu lintas di lokasi selama ini hanya mengandalkan petugas informal.

Pada waktu-waktu tertentu, khususnya saat jam sibuk seperti sore hari, simpang ini mengalami kemacetan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan oleh tingginya volume kendaraan yang melintasi simpang, serta tidak adanya sistem pengaturan lalu lintas yang memadai untuk mengatur pergerakan kendaraan dari ketiga arah. Setelah dilakukan survei pendahuluan dan didapatkan data empiris berupa pengukuran panjang antrean yang terjadi di setiap pendekatan, diketahui bahwa pendekatan utara yaitu Jalan Ki Ageng Gribig mengalami antrean hingga sepanjang 300 meter, pendekatan selatan yaitu Jalan Mayjen Sungkono sepanjang 210 meter, dan pendekatan barat yaitu Jalan Muharto sepanjang 180 meter. Selain itu, dengan tidak adanya APILL menyebabkan terjadinya konflik antar kendaraan, di mana kendaraan bergerak dari berbagai arah secara bersamaan tanpa prioritas yang jelas, sehingga memperparah kemacetan (Nemers, 2024). Mengingat kompleksitas permasalahan yang ada, maka diperlukan suatu pendekatan yang tepat untuk merancang desain pengaturan lalu lintas yang ideal di lokasi tersebut. Berdasarkan survei pendahuluan, hipotesis awal dari penelitian ini adalah Simpang Jembatan Kedungkandang membutuhkan perencanaan dan penerapan sistem APILL agar arus kendaraan dapat dikendalikan secara optimal. Dengan pengaturan lalu lintas yang lebih efektif, diharapkan panjang antrean dan waktu tundaan terutama di area jembatan dapat diminimalkan, sehingga mengurangi beban lalu lintas saat kendaraan harus berhenti. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR, 2015) dalam Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan, jembatan dirancang untuk menahan beban dinamis, bukan beban statis yang

berlangsung dalam waktu lama. Namun, kemacetan yang sering terjadi pada simpang ini menyebabkan banyak kendaraan berhenti di atas jembatan dalam durasi yang cukup lama. Kondisi ini dapat menimbulkan antrean panjang yang berdampak pada peningkatan beban yang harus ditopang oleh struktur jembatan. Jika beban tersebut melebihi kapasitas maksimum yang dirancang, maka jembatan berisiko mengalami kerusakan lebih cepat dan membahayakan kendaraan yang berada di atasnya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Hartono, 2021) menunjukkan bahwa perubahan desain simpang menjadi simpang dengan sistem APILL dapat meningkatkan kinerja lalu lintas pada simpang, mengurangi tingkat tundaan yang terjadi di atas jembatan, serta efektif dalam mengurangi kemacetan di area simpang.

Dalam mendukung proses perencanaan dan simulasi lalu lintas di simpang ini, perangkat lunak VISSIM dipilih sebagai alat bantu utama. Dari hasil penelitian yang dilakukan (Pebriyetti, 2014), VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi yang dapat memodelkan dan menganalisis pengaturan lalu lintas di kawasan perkotaan. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Atmajaya, 2023) metode analisis Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 digunakan untuk menentukan waktu siklus ideal pada simpang. Dengan menggabungkan metode analisis PKJI 2023 dan simulasi berbasis VISSIM, desain rekayasa simpang selanjutnya digambarkan dalam bentuk layout menggunakan perangkat lunak AutoCAD. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengaturan lalu lintas yang efektif pada Simpang Jembatan Kedungkandang. Kombinasi kedua metode ini diharapkan tidak hanya memberikan hasil perhitungan teknis yang tepat, tetapi juga mampu memvisualisasikan dampak penerapan desain yang diusulkan, sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan untuk perbaikan manajemen lalu lintas di simpang tersebut. Dengan demikian, pada penelitian ini akan menggunakan metode kombinasi PKJI 2023 dengan perangkat lunak VISSIM, dan penulis akhirnya mengangkat judul penelitian **“ANALISIS PERENCANAAN DESAIN PADA SIMPANG JEMBATAN KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM”**. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam perbaikan manajemen lalu lintas di Kota Malang, khususnya pada simpang yang

memiliki tingkat kemacetan tinggi. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam merencanakan serta menerapkan sistem pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan efisien. Manfaat lainnya adalah meningkatkan keselamatan pengguna jalan, mengurangi waktu perjalanan, mengoptimalkan kapasitas simpang, serta meminimalisasi beban berlebih pada struktur jembatan yang dapat mempengaruhi umur layan konstruksi. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai strategis dalam mendukung kelancaran arus lalu lintas dan pembangunan infrastruktur transportasi berkelanjutan di Kota Malang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan sebelumnya, dapat disusun beberapa permasalahan yang akan menjadi fokus kajian berkaitan dengan perencanaan simpang APILL pada Simpang Jembatan Kedungkandang, yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang?
2. Bagaimana desain perencanaan rekayasa lalu lintas yang efektif untuk memaksimalkan kinerja Simpang Jembatan Kedungkandang?
3. Bagaimana hasil kinerja dari simulasi perubahan desain rekayasa pada Simpang Jembatan Kedungkandang?
4. Bagaimana layout desain rekayasa lalu lintas pada Simpang Jembatan Kedungkandang?

1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang.
2. Mengetahui rekayasa lalu lintas sebagai rekomendasi dalam meningkatkan kinerja pada Simpang Jembatan Kedungkandang.
3. Mengetahui hasil kinerja setelah perubahan simulasi desain rekayasa pada Simpang Jembatan Kedungkandang.
4. Mengetahui layout desain rekayasa pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan manfaat bagi penulis dimana penulis dapat mengembangkan ilmu pengetahuan yang didapat dalam pengoptimalan simpang tidak bersinyal.
2. Mengurangi konflik serta mengoptimalkan kinerja pada Simpang Jembatan Kedungkandang.
3. Sebagai bahan usulan dan sarana evaluasi bagi instansi-instansi pemerintah terkait dalam upaya mengoptimalkan kinerja pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Analisis kinerja hanya berfokus pada Simpang Jembatan Kedungkandang. Dimana pendekatan Utara merupakan Jalan Ki Ageng Gribig, pendekatan Selatan merupakan Jalan Mayjen Sungkono, pendekatan Barat merupakan Jalan Muharto, dan pendekatan Barat Daya adalah akses bawah jembatan.
2. Data volume lalu lintas merupakan hasil survei gerakan membelok yang dilakukan pada hari kerja normal di lokasi penelitian pada kondisi lalu lintas selama 24 jam.
3. Analisis kinerja simpang menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 untuk mencari waktu siklus yang optimal.
4. Perangkat lunak VISSIM digunakan untuk mencari indikator kinerja berupa panjang antrean dan tundaan.
5. Indikator yang digunakan untuk kalibrasi adalah *Driving Behaviour* dengan validasi pemodelannya menggunakan indikator volume kendaraan yang di uji dengan uji statistik *Geoffrey E. Havers* (GEH).
6. Perangkat lunak AutoCAD digunakan untuk menggambar desain layout simpang, baik sebelum maupun sesudah dilakukan rekayasa.
7. Desain rekayasa layout simpang disajikan hanya sebagai ilustrasi atau gambaran visual.

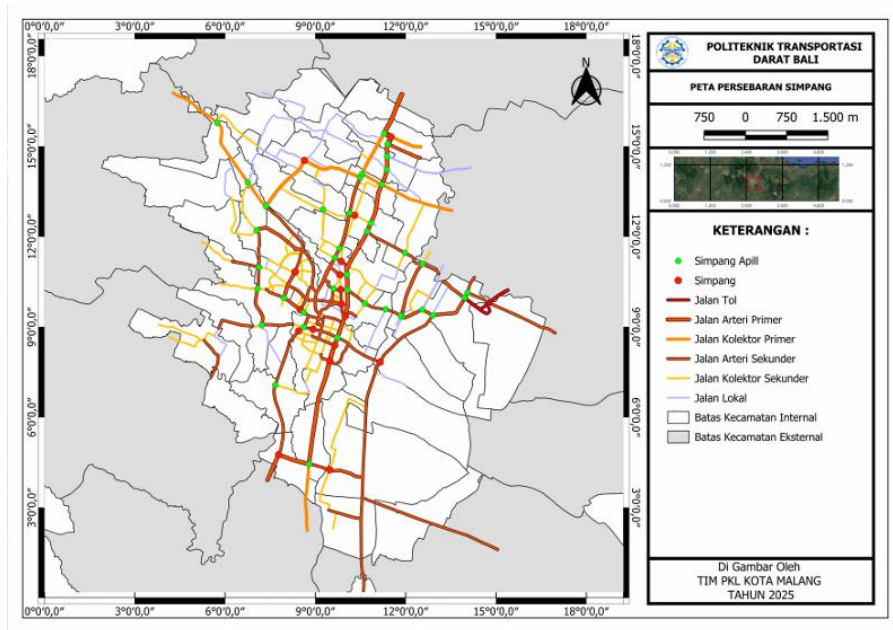
BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Kota Malang merupakan salah satu pusat utama di Jawa Timur dalam bidang pendidikan, pariwisata, dan perdagangan, sehingga menjadikannya sebuah kota dengan dinamika aktivitas ekonomi yang sangat tinggi. Pertumbuhan ekonomi yang pesat, diiringi dengan peningkatan kepadatan penduduk, secara langsung berdampak pada berkembangnya sistem transportasi di wilayah ini. Sebagai kota yang terus mengalami perkembangan, Malang memiliki jaringan transportasi yang beragam, mulai dari angkutan kota (angkot), bus kota, hingga layanan transportasi berbasis aplikasi yang kini banyak digunakan masyarakat. Moda angkutan umum tetap menjadi salah satu sarana transportasi utama bagi warga, karena mampu menghubungkan berbagai lokasi strategis di dalam kota maupun ke daerah penyangga seperti Kota Batu dan Kabupaten Malang.

Pemerintah Kota Malang secara berkelanjutan berupaya untuk meningkatkan kualitas pelayanan transportasi publik sebagai salah satu langkah strategis dalam mengatasi permasalahan lalu lintas, termasuk kemacetan yang kerap terjadi, khususnya pada saat jam-jam sibuk. Permasalahan kemacetan ini umumnya semakin kompleks terutama pada persimpangan, yang menjadi titik pertemuan berbagai arus kendaraan dari arah berbeda, sehingga membutuhkan penanganan yang lebih terintegrasi dan perencanaan sistem transportasi yang efektif untuk menjaga kelancaran mobilitas di Kota Malang. Berikut merupakan peta persebaran titik simpang baik itu yang bersinyal maupun tidak bersinyal yang ada di Kota Malang.



(Sumber: Hasil Analisis)

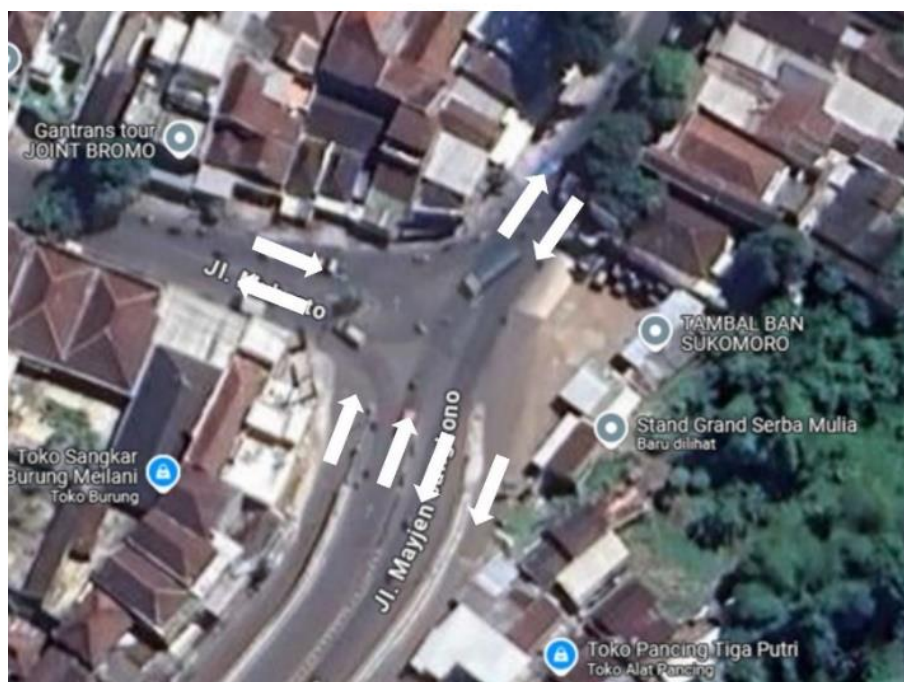
Gambar 1. Peta Persebaran Titik Simping Kota Malang

2.2 Kondisi Objek

Penelitian ini dilakukan pada wilayah studi Kota Malang dengan penentuan objek studi Simping Jembatan Kedungkandang. Simping ini merupakan titik temu antara tiga ruas jalan utama, yaitu Jalan Ki Ageng Gribig dari arah utara, Jalan Mayjen Sungkono dari arah selatan, dan Jalan Muharto dari arah barat. Simping ini memiliki peran penting dalam sistem jaringan jalan Kota Malang karena menghubungkan kawasan pemukiman padat di Kecamatan Kedungkandang dengan pusat kota di Kecamatan Klojen. Arus lalu lintas dari arah utara, yakni dari Jalan Ki Ageng Gribig, umumnya bergerak menuju barat melalui Jalan Muharto, terutama pada pagi hari saat warga berangkat menuju pusat kegiatan kota. Sebagian arus dari arah utara juga mengalir ke selatan menuju Jalan Mayjen Sungkono sebagai jalur distribusi lokal.

Sementara itu, arus dari arah selatan melalui Jalan Mayjen Sungkono didominasi oleh kendaraan dari wilayah Kedungkandang bagian selatan dan Kabupaten Malang, yang mengarah ke pusat kota melalui barat atau ke wilayah Kedungkandang bagian utara. Dari arah barat, yakni Jalan Muharto, arus lalu lintas banyak mengalir kembali ke arah utara dan selatan, terutama pada sore hari saat

aktivitas pulang kerja dan distribusi logistik berlangsung. Secara umum, distribusi arus lalu lintas di simpang ini menunjukkan pola dominan pagi hari dari utara dan selatan menuju barat, dan sebaliknya pada sore hari. Kepadatan lalu lintas di simpang ini diperparah oleh keberadaan Jembatan Kedungkandang yang menjadi satu-satunya jalur penghubung langsung antar wilayah, menjadikannya titik krusial dalam manajemen lalu lintas kawasan timur Kota Malang. Berikut merupakan visualisasi tampak atas dari simpang tersebut.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 2. Tampak Atas Simpang

Geometri Simpang Jembatan Kedungkandang memiliki karakteristik pada setiap pendekatnya. Berikut merupakan visualisasi 3 pendekat dari Simpang Jembatan Kedungkandang, yaitu sebagai berikut:

1. Pendekat Utara

Pendekat Utara memiliki tipe jalan 2/2 TT, yaitu 2 lajur dengan dua arah tidak terbagi median. Jalan Ki Ageng Gribig berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Selain itu, hambatan samping pada pendekat ini tergolong komersial – sedang, arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan di

sepanjang pendekat. Hal ini berdasarkan kriteria kelas hambatan samping PKJI 2023.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 3. Visualisasi Pendekat Utara

2. Pendekat Selatan

Pendekat Selatan memiliki tipe jalan 4/2 T, yaitu 4 lajur dengan dua arah dengan median dan terdapat jalur di samping jembatan yang masing-masing memiliki satu arah. Jalan Mayjen Sungkono berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Selain itu, hambatan samping pada pendekat ini tergolong komersial – rendah, arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan samping. Hal ini berdasarkan kriteria kelas hambatan samping PKJI 2023.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 4. Visualisasi Pendekat Selatan

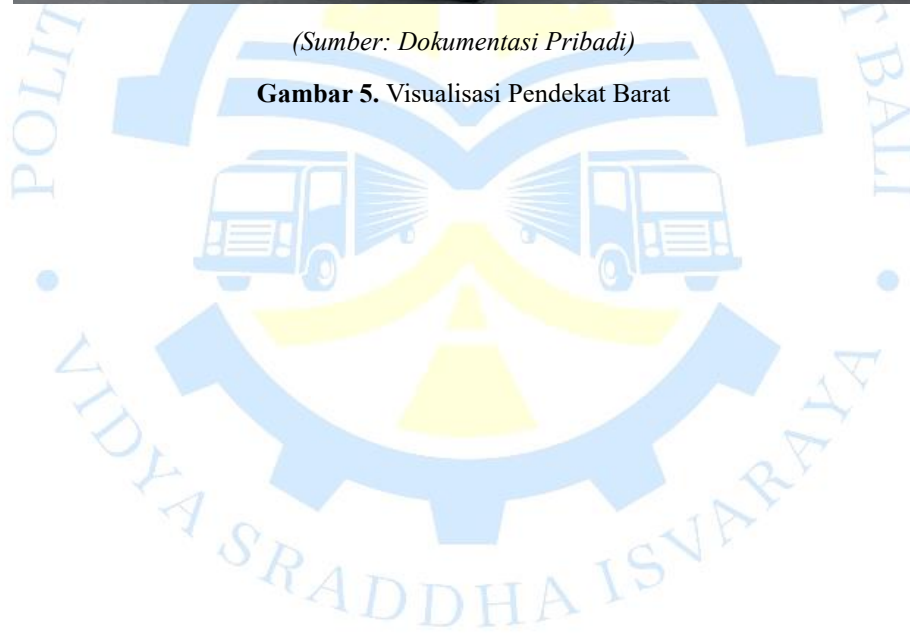
3. Pendekat Barat

Pendekat Barat memiliki tipe jalan 2/2 TT, yaitu 2 lajur dengan dua arah tidak terbagi median. Jalan Muharto berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Selain itu, hambatan samping pada pendekat ini tergolong komersial – sedang, arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat. Hal ini berdasarkan kriteria kelas hambatan samping PKJI 2023.



(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar 5. Visualisasi Pendekat Barat



BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Simpang

Persimpangan merupakan bagian dari jalan yang menjadi lokasi potensial terjadinya hambatan lalu lintas. Sebagai titik pertemuan berbagai arus kendaraan dari arah yang berbeda, persimpangan memiliki peranan krusial dalam pengaturan kelancaran arus lalu lintas (Melenia Leimena, 2021). Persimpangan juga menjadi lokasi terjadinya perubahan arah pergerakan kendaraan, baik berupa persilangan maupun pemisahan arus, yang sering menimbulkan potensi konflik antar kendaraan. Untuk itu, diperlukan upaya penerapan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas guna mengoptimalkan pengaturan arus kendaraan (Ummiyah & Patriotika, 2025).

Berdasarkan sistem pengendaliannya, persimpangan dapat diklasifikasikan menjadi persimpangan sebidang dan persimpangan tidak sebidang. Persimpangan sebidang terbagi menjadi dua jenis, yaitu yang dikendalikan dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) dan yang tidak dikendalikan oleh APILL (tidak bersinyal). Sementara itu, persimpangan tidak sebidang mencakup struktur seperti *flyover* (jalan layang) dan *underpass* (jalan bawah tanah).

3.1.1 Pengertian Simpang

Menurut PP (Peraturan Pemerintah) No. 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, simpang merupakan titik bertemunya antara dua atau lebih ruas jalan, baik sebidang maupun tak sebidang. Lokasi ini memiliki potensi tinggi terhadap terjadinya kecelakaan karena menjadi area terjadinya konflik antar pergerakan kendaraan dari berbagai arah.

3.1.2 Jenis Simpang

Simpang menurut pengaturannya, Morlok (1991) menjelaskan bahwa persimpangan dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang Tidak Bersinyal (*Unsignalized Intersection*)

Simpang tidak bersinyal merupakan simpang yang dalam pengaturan arusnya tidak menggunakan APILL. Pada jenis simpang ini, para pengguna jalan dituntut untuk menentukan secara mandiri apakah situasi lalu lintas di persimpangan tersebut cukup aman untuk dilalui atau perlu berhenti terlebih dahulu.

2. Simpang APILL (*Signalized Intersection*)

Simpang APILL merupakan jenis simpang yang pengaturannya menggunakan APILL. Pengguna jalan hanya diperkenankan melintasi simpang ketika lampu lalu lintas pada lengan simpang menyala hijau, dan wajib berhenti saat lampu menyala merah. Kriteria pemasangan APILL pada suatu simpang, sebagaimana ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1998), adalah sebagai berikut:

- a. Volume lalu lintas yang melintasi persimpangan secara rata-rata melebihi 750 kendaraan per jam, berlangsung terus-menerus selama minimal 8 jam dalam sehari.
- b. Rata-rata waktu tunggu atau hambatan kendaraan di persimpangan melebihi 30 detik.
- c. Jumlah pejalan kaki yang melintasi persimpangan mencapai rata-rata lebih dari 175 orang per jam, dan berlangsung terus-menerus selama 8 jam sehari.
- d. Persimpangan tersebut memiliki riwayat kecelakaan yang cukup sering terjadi.
- e. Wilayah terkait telah dilengkapi dengan sistem pengendalian lalu lintas terpadu (Area Traffic Control/ATCS), sehingga setiap simpang dalam area tersebut wajib dikendalikan dengan APILL.

3.2 Penentuan Tipe Pengendalian Simpang

Jenis pengendalian yang diterapkan pada simpang tak bersinyal dapat ditentukan dengan mengacu pada grafik kriteria penentuan pengendalian persimpangan, yang didasarkan pada arus lalu lintas dari jalur mayor dan minor. Penentuan bentuk pengaturan simpang ini dilakukan dengan mempertimbangkan

perbandingan volume kendaraan pada masing-masing jalur, sebagaimana ditunjukkan dalam grafik berikut.



(Sumber: Australian Road Research Board)

Gambar 6. Kriteria Penentuan Pengendalian Simpang

Berikut penjelasan terkait hirarki pengendalian persimpangan berdasarkan volume lalu lintas.

1. Pengaturan simpang prioritas diperlukan apabila arus minor kurang dari 10.000 kend/hari dan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari
2. Pengaturan lalu lintas dengan bundaran atau Apill diperlukan apabila arus minor lebih dari 10.000 kend/hari dan kurang dari 12.000 kend/hari sedangkan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari.
3. Pengaturan simpang tidak sebidang diperlukan apabila arus minor lebih dari 12.000 kend/hari dan arus mayor lebih dari 47.000 kend/hari.

3.3 Analisis Simpang tidak Bersinyal

Dalam analisis simpang tidak bersinyal, digunakan sejumlah rumus untuk mengevaluasi kinerja eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang yang termasuk dalam kategori simpang tidak bersinyal. Beberapa aspek kinerja yang dihitung meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan panjang antrean. Berikut ini adalah rumus perhitungan simpang tidak bersinyal menurut PKJI 2023:

1. Kapasitas simpang

Kapasitas simpang (C) ditentukan berdasarkan total arus kendaraan yang masuk dari semua lengan simpang, dan dihitung dengan mengalikan kapasitas dasar (C_0) dengan sejumlah faktor koreksi yang mempertimbangkan penyimpangan kondisi lapangan dari kondisi ideal. Rumus untuk menghitung kapasitas tersebut adalah sebagai berikut:

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

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- C : adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam
- C_0 : adalah kapasitas dasar simpang, dalam SMP/jam
- F_{LP} : adalah faktor koreksi lebar rata-rata pendekat
- F_M : adalah faktor koreksi ukuran kota
- F_{UK} : adalah faktor hambatan samping
- F_{HS} : adalah faktor koreksi rasio belok kiri
- F_{BK_i} : adalah faktor koreksi rasio belok kanan
- F_{Rmi} : adalah faktor koreksi rasio arus dari jalan minor

a. Kapasitas dasar

Kapasitas Dasar (C_0) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan, ditentukan berdasarkan Tipe Simpang yang terdiri dari jumlah lengan simpang, jumlah lajur pada jalan minor dan jumlah lajur pada jalan Mayor.

Tabel 3. 1 Tipe Persimpangan

Tipe Persimpangan	Kapasitas Dasar (smp/jam)
322	2700
324	3200
344	3200
422	2900
424	3400

(Sumber: PKJI 2023)

b. Faktor Koreksi Pendekat Rata-Rata

Faktor koreksi pendekat rata-rata yang diperlukan untuk perhitungan didapat dari lebar rata-rata semua pendekat dan tipe simpang. Pada lokasi kajian ini, Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan simpang dengan tipe 322 M yaitu 3 lengan simpang, 2 lajur jalan minor dan 2 lajur jalan mayor serta memiliki median sehingga menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$FLP = 0.62 + 0.0646 \quad (3.2)$$

Sumber, PKJI 2023

c. Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Median disebut lebar jika mobil penumpang dapat berlindung dalam daerah median tanpa mengganggu arus lalu lintas, sehingga lebar median lebih besar atau sama dengan 3,0 m. Klasifikasi median berikut faktor koreksi median pada jalan mayor. Koreksi median hanya digunakan untuk jalan mayor dengan 4 (empat) lajur.

Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Kondisi Simpang	Tipe median	Faktor koreksi, F_M
Tidak ada median di jalan mayor	Tidak ada	1.00
Ada Median di jalan mayor dengan lebar <3 m	Median sempit	1.05
Ada median di jalan mayor dengan Lebar $\geq 3m$	Median Lebar	1.20

(Sumber: PKJI 2023)

d. Faktor Koreksi Ukuran Kota

F_{UK} dibedakan berdasarkan besarnya populasi penduduk, yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Penduduk (juta jiwa)	Faktor Koreksi Ukuran Kota (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)

e. Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor

Faktor koreksi hambatan samping (FHS) merupakan gabungan dari pengaruh kondisi lingkungan jalan, hambatan samping, serta besarnya arus kendaraan tidak bermotor (KTB) akibat aktivitas di sekitar persimpangan terhadap kapasitas dasar. Tipe lingkungan jalan diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yakni komersial, permukiman, dan akses terbatas. Klasifikasi ini didasarkan pada fungsi tata guna lahan serta tingkat aksesibilitas jalan dari kegiatan di sekitar persimpangan. Penentuan kategori tersebut dilakukan melalui penilaian teknis dengan mengacu pada kriteria yang tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 3. 4 Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan Jalan	Kriteria
Komersial	Lahan yang digunakan untuk kepentingan komersial, misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran, dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Permukiman	Lahan digunakan untuk tempat tinggal dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Akses terbatas	Lahan tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena adanya penghalang fisik; akses harus melalui jalan samping.

(Sumber: PKJI 2023)

Pengkategorian hambatan samping ditetapkan menjadi 3 (tiga) yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Masing-masing menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang terhadap arus lalu lintas yang berangkat dari pendekat, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bus berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Ketiga kategori tersebut ditetapkan sebagaimana diuraikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 5 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang terganggu dan berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat. Contoh, adanya aktivitas angkutan umum seperti menaikturunkan penumpang atau mengetem, pejalan kaki dan/atau pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, kendaraan keluar/masuk simpang pendekat.
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat.
Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan samping.

(Sumber: PKJI 2023)

Adapun untuk nilai koreksi hambatan samping dapat diperoleh melalui tabel dibawah.

Tabel 3. 6 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	FHS untuk nilai RKTB					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber PKJI, 2023)

f. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

Faktor rasio arus belok kiri (F_{BKI}) adalah faktor koreksi yang mempengaruhi kapasitas simpang pada suatu kondisi yang dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah atau menggunakan grafik.

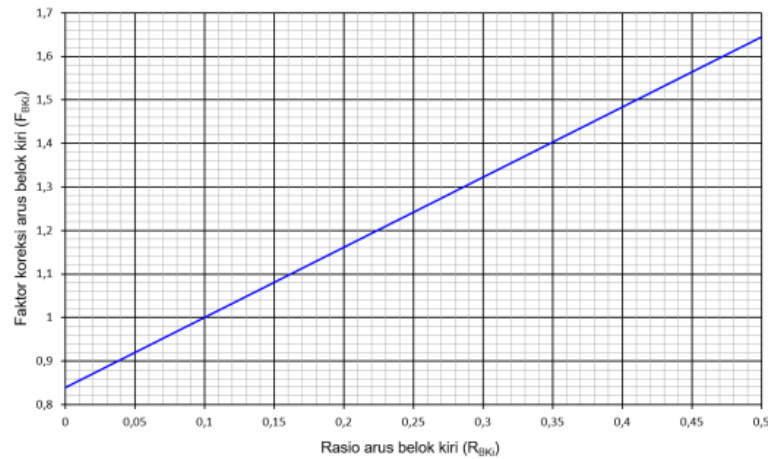
$$F_{BKI} = 0.84 + 1.61 R_{BKI} \quad (3.3)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

F_{BKI} : adalah faktor rasio arus belok kiri

R_{BKI} : adalah rasio arus belok kiri atau perbandingan arus kendaraan yang berbelok ke kiri dengan arus total pada simpang.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 7. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

Faktor rasio arus belok kanan (F_{BKa}) adalah faktor koreksi yang mempengaruhi kapasitas simpang pada suatu kondisi. F_{BKa} untuk simpang 3 (tiga) dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah atau dengan menggunakan grafik.

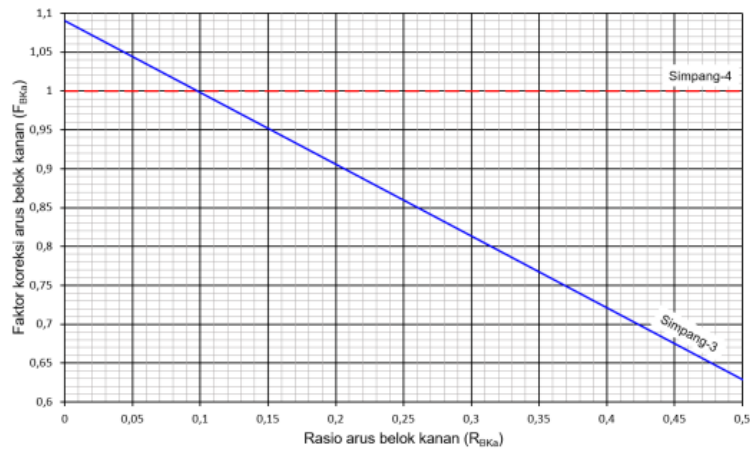
$$F_{BKa} = 1.09 - 0.922 R_{BKa} \quad (3.4)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

F_{BKa} : adalah faktor rasio belok kanan

R_{BKa} : adalah rasio arus belok kanan atau perbandingan arus kendaraan yang berbelok ke kanan dengan arus total pada simpang.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 8. Faktor Koreksi Rasio Belok Kanan

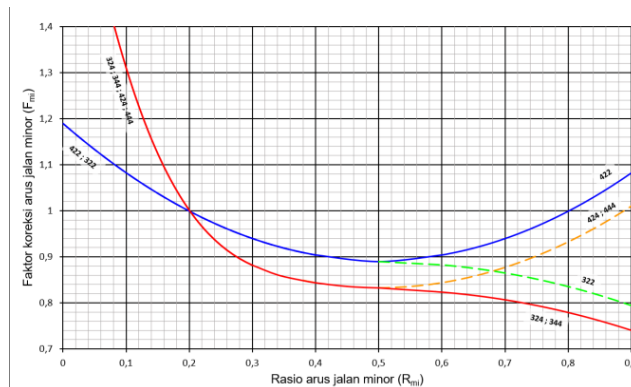
g. Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

Faktor koreksi rasio arus pada jalan minor adalah faktor yang mempengaruhi kapasitas simpang pada suatu kondisi yang memperlihatkan semakin besar atau semakin kecil arus yang ada pada jalan minor maka akan mempengaruhi kapasitas pada suatu simpang. Faktor koreksi rasio arus dari jalan minor dapat ditentukan menggunakan persamaan-persamaan yang diperoleh secara grafis menggunakan grafik dalam gambar tergantung dari Rmi dan tipe simpang, Rmi adalah perbandingan arus pada jalan minor dengan arus total pada suatu simpang.

Tabel 3. 7 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

Tipe Simpang	Fmi	Rmi
422	$1,19 \times Rmi^2 - 1,19 \times Pmi + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times Pmi^4 - 33,3 \times Rmi^3 + 25,3 \times Rmi^2 - 8,6 \times Rmi + 1,95$	0,1-0,3
444	$1,11 \times Rmi^2 - 1,11 \times Rmi + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times Rmi^2 - 1,19 \times Rmi + 1,19$	0,1-0,5
	$(-0,595) \times Rmi^2 + 0,595 \times Rmi^3 + 0,74$	0,5-0,9
324 344	$16,6 \times Rmi^2 - 33,3 \times Rmi^3 + 25,3 \times Rmi^2 - 8,6 \times Rmi + 1,95$	0,1-0,3
	$1,11 \times Rmi^2 - 1,11 \times Rmi + 1,11$	0,3-0,5
	$(-0,555) \times Rmi^2 + 0,555 \times Rmi + 0,69$	0,5-0,9

Sumber: PKJI 2023



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 9. Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

2. Kinerja Simpang

a. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Ekuivalensi mobil penumpang adalah nilai yang berfungsi menyamakan semua jenis kendaraan menjadi satuan mobil penumpang. Semua nilai arus lalu lintas yang masuk ke simpang dan masih dinyatakan dalam satuan kend/jam perlu dikonversikan menjadi SMP/jam dengan menggunakan EMP pada tabel berikut.

Tabel 3. 8 Ekuivalensi Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	EMP	
	$q_{TOTAL} \geq 1000$ (kend/jam)	$q_{TOT} < 1000$ (kend/jam)
MP	1,0	1,0
KS	1,8	1,3
SM	0,2	0,5

(Sumber: PKJI 2023)

b. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (D_j) merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas. D_j merupakan suatu indikator yang menentukan tingkat kinerja suatu simpang. D_j yang dianjurkan yaitu harus dibawah batas 0,8-0,9. Derajat Kejenuhan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$D_j = \frac{q}{c} \quad (3.5)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

D_j : adalah derajat kejenuhan

C : adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam

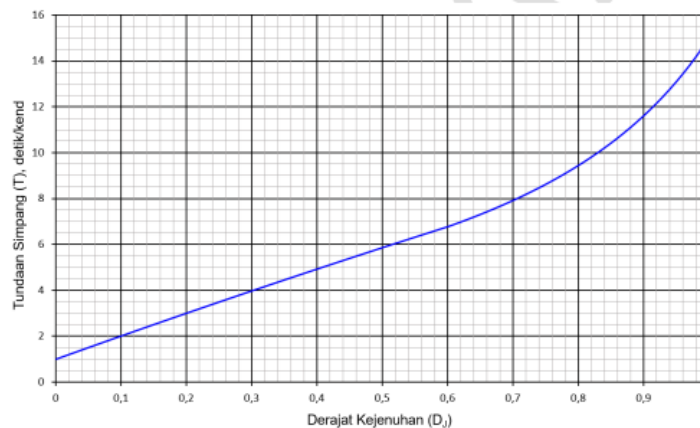
q : adalah semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan SMP/jam

c. Tundaan

Tundaan (T) terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). T_{LL} adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari semua arah yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut atau diperoleh menggunakan gambar tundaan lalu lintas simpang sebagai fungsi dari D_j berikut.

$$\text{Untuk } D_j \leq 0.60 : T_{LL} = 2 + 8.2078D_j - (1 - D_j)^2 \quad (3.6)$$

$$\text{Untuk } D_j \geq 0.60 : T_{LL} = \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042D_j)} - (1 - D_j)^2 \quad (3.7)$$



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 10. Tundaan Lalu Lintas Simpang Sebagai Fungsi dari D_j

- 1) Tundaan lalu lintas jalan mayor (T_{LLma}) adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor. T_{LLma} dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

ini atau diperoleh menggunakan gambar berdasarkan nilai Derajat Kejenuhan

$$\text{Untuk } D_j \leq 0.60 : T_{LLma} = 1.800 + 5.8243D_j - (1 - D_j)^{1.8} \quad (3.8)$$

$$\text{Untuk } D_j \geq 0.60 : T_{LLma} = \frac{1.0503}{(0.3460 - 0.2460D_j)} - (1 - D_j)^{1.8} \quad (3.9)$$

- 2) Tundaan lalu lintas untuk jalan minor (T_{LLmi}) adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan minor. T_{LLmi} dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \quad (3.10)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

q_{KB} : adalah arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang, dalam SMP/jam

q_{ma} : Adalah arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor, dalam SMP/jam

T_G : adalah tundaan geometri rata-rata seluruh simpang, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Untuk } D_j < 1: T_G = (1 - D_j) \times (6R_B + 3(1 - R_B) + 4D_j(\text{detik/SMP})) \quad (3.11)$$

$$\text{Untuk } D_j \geq 1: T_G = 4 \text{ detik/SMP} \quad (3.12)$$

Keterangan:

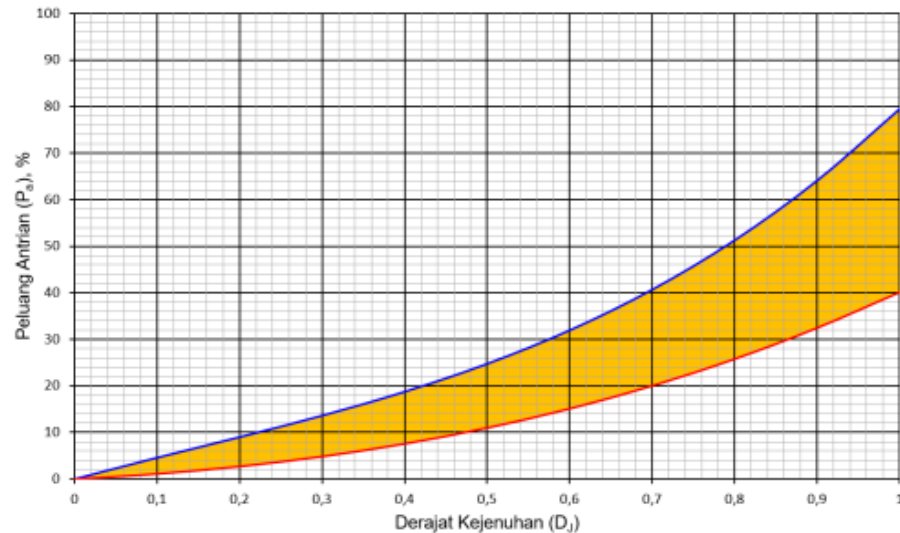
R_B : adalah rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total simpang

d. Peluang antrian

Peluang antrian (P_a) dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut atau ditentukan menggunakan gambar peluang antrian ($P_a, \%$) pada simpang sebagai fungsi dari D_j . P_a tergantung dari derajat kejenuhan dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas simpang.

$$\text{Batas atas peluang: } P_a = 47.71D_j - 24,68D_j^2 + 56.47D_j^3 \quad (3.13)$$

$$\text{Batas bawah peluang: } P_a = 9.02D_j - 20,66D_j^2 + 10.49D_j^3 \quad (3.14)$$



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 11. Peluang Antrian

3.4 Perhitungan Kinerja Simpang APILL

Persimpangan yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas (APILL) dioperasikan menggunakan tiga warna sinyal, yakni merah, kuning, dan hijau. Beberapa indikator kinerja simpang APILL meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, serta tundaan. Perhitungan parameter-parameter tersebut mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dengan metode sebagai berikut.

1. Arus jenuh

Arus jenuh didefinisikan sebagai laju kendaraan rata-rata yang melewati suatu pendekat persimpangan selama fase hijau, dengan satuan smp/jam hijau. Perhitungan arus jenuh pada persimpangan APILL dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKI} \times F_{BKA} \quad (3.15)$$

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- J : adalah arus jenuh
- J_0 : adalah arus jenuh dasar
- F_{UK} : adalah faktor koreksi ukuran kota
- F_{HS} : adalah faktor koreksi hambatan samping
- F_G : adalah faktor koreksi geometri
- F_P : adalah faktor koreksi parkir
- F_{BKa} : adalah faktor koreksi kendaraan belok kanan
- F_{BKl} : adalah faktor koreksi kendaraan belok kiri

a. Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar adalah nilai keberangkatan saat antrian dengan posisi di dalam pendekat pada saat kondisi ideal. Untuk menghitung nilai arus jenuh dasar dapat menggunakan rumus berikut.

$$J_0 = 600 \times L_E \quad (3.16)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- J_0 : adalah arus jenuh dasar, dalam SMP/jam
- L_e : adalah lebar masuk suatu pendekat (m)

b. Faktor penyesuaian ukuran kota

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian atau koreksi kapasitas dasar akibat ukuran kota. Faktor penyesuaian ukuran kota didapat dari tabel berikut.

Tabel 3. 9 Faktor Penyesuaian 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)

c. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping dapat diperoleh dari table berikut.

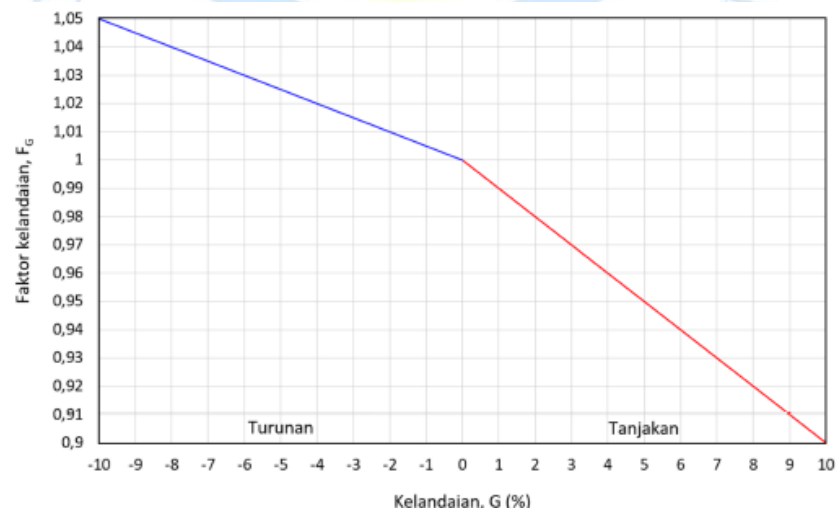
Tabel 3. 10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,85	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,75	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	0,76	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,87	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,78	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,86	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,79	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,87	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,80	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,88	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,80	0,80	0,75
	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,90	0,90	0,88	

(Sumber: PKJI 2023)

d. Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor koreksi kelandaian, jika semakin besar akan menambah tundaan dan panjang antrian pada simpang. Dalam menentukan faktor penyesuaian kelandaian dapat menggunakan grafik berikut.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 12. 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 lajur pendekat. Faktor penyesuaian parkir dihitung dengan perhitungan menggunakan rumus:

$$F_p = \frac{\left[\frac{L_p}{3} - (W_A - 2) \times \left(\frac{L_p}{3-g}\right) / W_A\right]}{g} \quad (3.17)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

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

f. Faktor penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor untuk mempertimbangkan peningkatan rasio belok kanan (R_{bka}) yang tinggi pada arus jenuh. Faktor penyesuaian belok kanan dinilai hanya dihitung agar pendekat tipe P (terlindung) dan dengan median serta jalan dua arah.

$$F_{BKA} = 1 + (R_{BKA} \times 0.26) \quad (3.18)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- F_{BKA} : adalah rasio kendaraan berbelok kanan pada pendekat yang ditinjau

g. Faktor penyesuaian belok kiri

Pada pendekat terlindung yang tidak diijinkan belok kiri jalan terus, kendaraan yang belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut oleh karena itu perlunya perhitungan faktor

penyesuaian belok kiri. Faktor penyesuaian belok kiri hanya dihitung untuk pendekatan tipe P (terlindung) tanpa LTOR.

$$F_{BKI} = 1 - (R_{BKI} \times 0.16) \quad (3.19)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

F_{BKI} : adalah rasio kendaraan berbelok kiri pada pendekatan yang ditinjau

h. Rasio arus

Rasio arus (FR) adalah perbandingan total arus lalu lintas dengan total waktu siklus Untuk menghitung rasio arus (FR) sebagai berikut.

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (3.20)$$

Sumber, PKJI 2023

i. Rasio arus simpang

Rasio arus simpang (IFR) adalah perbandingan arus lalu lintas dengan arus jenuh pada tiap-tiap pendekatan pada simpang. IFR dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$IFR = \Sigma(FR_{crit}) \quad (3.21)$$

Sumber, PKJI 2023

j. Rasio fase

Rasio Fase adalah perbandingan rasio arus simpang pada tiap fase dengan total rasio arus simpang. Untuk menghitung rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara F_{crit} dan IFR dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$PR = FR_{crit}/IFR \quad (3.22)$$

Sumber, PKJI 2023

k. Waktu siklus

Waktu siklus adalah total waktu yang diperlukan pada suatu simpang dalam satu siklus atau menjalankan semua fase. Penentuan waktu siklus yang diperlukan diperoleh rumus berikut ini.

$$S = \frac{(1,5 - W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \quad (3.23)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- S : adalah waktu siklus (detik)
 W_{HH} : adalah waktu hijau per siklus
 $R_{q/j}$: adalah rasio arus
 $R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus tertinggi dari semua pendekatan pada fase yang sama
 $\sum R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus simpang

Penentuan waktu siklus yang diperlukan juga dapat diperoleh dari tabel berikut.

Tabel 3. 11 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

Waktu hijau adalah waktu pada fase hijau yang diperlukan pada tiap pendekatan. Untuk dapat menghitung waktu hijau dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/jkritis}}{\sum i(R_{q/jkritis})^i} \quad (3.24)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- S : adalah waktu siklus (detik)

- W_{HH} : adalah waktu hijau per siklus
 $R_{q/j}$: adalah rasio arus
 $R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus tertinggi dari semua pendekat pada fase yang sama
 $\Sigma R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus simpang

2. Kapasitas

Perhitungan kapasitas pada persimpangan APILL berlandaskan Manual Kapasitas Jalan Indonesia menggunakan rumus berikut.

$$C = J \times \frac{WH}{S} \quad (3.25)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- C : adalah kapasitas (smp/jam)
 S : adalah waktu siklus (detik)
 WH : adalah waktu hijau (det)
 J : Adalah arus jenuh

3. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas suatu pendekat. Derajat kejenuhan diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$DJ = \frac{Q_{total}}{C} \quad (3.26)$$

Sumber, PKJI 2023

4. Jumlah antrian

Banyaknya Rata-rata antrian SMP (NQ) pada awal lampu hijau merupakan hasil dari jumlah siswa SMP dan SMA yang tersisa dari periode hijau sebelumnya (NQ1). Tiba saat fase merah (NQ2).

$$NQ1 = 0,25 \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + 8 \times \frac{DS - 0,5}{C}}$$

Jika $DS > 0,5$; selain dari itu $NQ_1 = 0$

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

Sehingga jumlah antrian dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.27)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

NQ_1 : adalah jumlah smp yang tertinggi dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : adalah jumlah smp yang datang selama fase merah

DS : adalah derajat kejenuhan

GR : adalah rasio hijau

c : adalah waktu siklus (det)

C : adalah kapasitas (smp/jam) = $S \times GR$

Q : adalah arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

5. Panjang antrian

Panjang antrian merupakan panjang antrian smp yang dirumuskan dengan rumus berikut.

$$PA = \frac{(NQ_{max} \times 20)}{Lm} \quad (3.28)$$

Sumber, PKJI 2023

6. Angka henti

Angka henti merupakan jumlah henti rata-rata kendaraan sebelum melewati suatu simpang yang dihitung dengan rumus berikut.

$$RKH = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times S} \times 3600 \quad (3.29)$$

Sumber, PKJI 2023

Setelah menghitung angka henti, maka perlu dilakukan perhitungan rasio kendaraan terhenti dengan rumus berikut.

$$NKH = Q \times RKH \quad (3.30)$$

Sumber, PKJI 2023

7. Tundaan

Tundaan ialah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang yang terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dihitung dengan rumus berikut

$$Ti = TLL + TG \quad (3.31)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- Ti : adalah tundaan rata-rata untuk pendekat i (det/smp)
- TLL : adalah tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat i (det/smp)
- TG : adalah tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

Untuk tundaan lalu lintas rata-rata diperoleh dengan perhitungan berikut.

$$TLL = c \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \quad (3.32)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- TLL : adalah tundaan lalu-lintas rata-rata pada pendekat (det/smp)
- RH : adalah rasio hijau (g/c)
- DJ : adalah derajat kejenuhan
- C : adalah kapasitas (smp/jam)
- NQ1 : adalah jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Adapun untuk tundaan geometri rata-rata diperoleh dengan rumus berikut:

$$TG = (1 - RKH) \times PB \times 6 + (RKH \times 4) \quad (3.33)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- TG : adalah tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/smp)

RKH : adalah rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekatan

PB : adalah rasio kendaraan membelok pada suatu pendekatan

3.5 Penentuan Tipe Bundaran Yang Baku

Menurut PKJI 2023, terdapat ukuran baku yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan berbagai tipe bundaran berdasarkan konfigurasi geometrik dan kapasitas lalu lintas yang diharapkan. Ukuran baku ini mencakup beberapa parameter penting, seperti jari-jari bundaran, jumlah lajur masuk, lebar lajur masuk, panjang jalinan, serta lebar jalinan. Parameter-parameter tersebut disesuaikan dengan karakteristik lalu lintas pada lokasi bundaran yang direncanakan, sehingga dapat menjamin kelancaran pergerakan kendaraan serta meminimalkan potensi konflik di area bundaran.

Tabel 3. 12 Ukuran Baku Beberapa Tipe Bundaran

Tipe Bundaran	Jari-jari Bundaran (m)	Jumlah Lajur Masuk	Lebar Lajur Masuk (W_i) (m)	Panjang Jalinan (L_w) (m)	Lebar Jalinan (W_w) (m)
R 10-11	10	1	3,5	23	7
R 10-22	10	2	7,0	27	9
R 14-22	14	2	7,0	31	9
R 20-22	20	2	7,0	43	9

(Sumber, PKJI 2023)

3.6 Penentuan Tingkat Pelayanan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan suatu simpang ditentukan berdasarkan besar kecilnya nilai tundaan yang terjadi pada simpang tersebut. Semakin besar nilai tundaan, maka semakin rendah kualitas atau tingkat pelayanannya. Klasifikasi tingkat pelayanan simpang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 13 Penentuan Tingkat Pelayanan

Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan Per Kendaraan
A	< 5 detik/kend
B	5 – 15 detik/kend
C	15 – 25 detik/kend
D	25 – 40 detik/kend
E	40 – 60 detik/kend

F	> 60 detik/kend
---	-----------------

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 96, 2015)

3.7 Kecepatan Titik

Kecepatan titik (*spot speed*) adalah kecepatan kendaraan pada waktu melewati satu titik tertentu pada jalan. Pengukuran ini biasanya dilakukan untuk mengetahui kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas di suatu lokasi dalam periode waktu tertentu. Pada penelitian ini menggunakan data survei *spot speed* sebagai data masukan dalam permodelan VISSIM.

3.8 Sampel Slovin

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Pada penelitian ini sampel yang diambil berdasarkan populasi jumlah kendaraan dalam satu jam sibuk. Untuk menentukan jumlah sampel yang diambil menggunakan persamaan Slovin yaitu:

$$n = N/(1+Ne^2) \quad (3.34)$$

(Sumber, Jepriadi 2022)

Keterangan:

- n : Sampel
- N : Populasi
- Ne : Nilai *error*

3.9 Perangkat Lunak VISSIM

3.9.1 Pengertian VISSIM

VISSIM berasal dari kata *Verkehr Stadten Simulations Model* (dalam bahasa Jerman) yang artinya model simulasi lalu lintas kota. VISSIM merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multi moda yang diterjemahkan secara visual. Dengan visual 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. Pengguna

software ini dapat memodelkan segala jenis perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi (Hormansyah & Amalia, 2016).

3.9.2 Membangun Pemodelan VISSIM

Langkah-langkah dalam melakukan pemodelan dan simulasi lalu lintas dalam perangkat lunak Vissim (Tazliman, 2023) meliputi:

1. Menentukan *background* lokasi studi
2. Membuat jaringan jalan
3. Membuat rute perjalanan
4. Menentukan jenis kendaraan
5. Menambahkan *vehicle types* dan *vehicle classes*
6. Menentukan *desired speed distribution*
7. Menentukan *vehicle composition* dan *vehicle input*
8. Menambahkan *signal controller*
9. Mengatur *driving behavior*
10. Mengatur *configuration evaluation*
11. Menentukan *nodes* simpang
12. Menjalankan *running evaluation*
13. Memperoleh hasil *output*

3.9.3 Kalibrasi VISSIM

Kalibrasi dilakukan secara trial and error pada pengaturan Driving Behavior agar hasil simulasi mendekati kondisi asli di lapangan. Parameter-parameter yang disesuaikan meliputi:

1. *Desired position at free flow* (lajur jalan yang diinginkan oleh pengemudi saat kondisi arus bebas).
2. *Overtake on same lane ; on left and on right* (dapat mendahului dari lajur kiri atau kanan).
3. *Distance standing* (jarak antar kendaraan pada saat berhenti).
4. *Distance driving* (jarak antar kendaraan pada saat mendekati mulut simpang)

5. *Average standstill distance* (jarak antara kendaraan berurutan saat berhenti).
6. *Additive part of safety distance* (koefisien penambah jarak aman).

3.9.4 Validasi Model Simulasi

Tahap berikutnya setelah proses kalibrasi adalah melakukan validasi. Validasi bertujuan untuk menilai sejauh mana tingkat akurasi model dan parameter yang telah dikembangkan sebelumnya. Parameter yang digunakan dalam proses ini adalah volume lalu lintas. Metode validasi yang diterapkan adalah GEH (*Geoffrey E. Havers*) tahun 1970. Metode GEH sendiri merupakan modifikasi dari uji statistik *chi-squared*, yang menganalisis perbedaan antara nilai mutlak dan nilai relatif (Jepriadi, 2022). Adapun rumus GEH yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$GEH = \frac{\sqrt{(q \text{ simulated} - q \text{ observed})^2}}{0.5 \times (q \text{ simulated} + q \text{ observed})} \quad (3.35)$$

(Sumber, Jepriadi 2022)

3.10 Konflik Simpang

Di area persimpangan, jalur kendaraan saling bersilangan pada titik-titik yang disebut titik konflik. Titik-titik ini dapat menghambat kelancaran pergerakan kendaraan dan menjadi lokasi yang berpotensi tinggi untuk terjadinya kecelakaan akibat benturan. Arus lalu lintas yang terlibat dalam konflik di suatu simpang memiliki perilaku yang kompleks, karena setiap manuver baik belok kiri, belok kanan, maupun lurus menghadapi jenis konflik yang berbeda sesuai dengan karakteristik gerakannya.

Jenis pengendalian yang diterapkan pada persimpangan sangat bergantung pada volume lalu lintas yang melintas. Semakin tinggi volume arus lalu lintas, semakin banyak pula konflik yang terjadi, sehingga pengendaliannya menjadi semakin kompleks. Untuk jalan dengan lalu lintas tinggi atau jalan bebas hambatan, sering kali dibutuhkan penanganan yang lebih spesifik dan intensif agar lalu lintas tetap lancar dan aman.

1. Persimpangan Sederhana

Jenis persimpangan ini diterapkan ketika volume lalu lintas masih rendah dan kecepatan kendaraan relatif lambat. Pada kondisi ini, kendaraan yang datang

dari arah kiri diberi prioritas terlebih dahulu. Persimpangan semacam ini umumnya ditemukan di jalan-jalan lingkungan dalam kawasan permukiman.

2. Persimpangan Prioritas

Persimpangan ini terjadi ketika jalan utama (mayor) berpotongan dengan jalan dengan lalu lintas yang lebih kecil (minor). Dalam hal ini, kendaraan di jalan utama memiliki hak utama untuk melintas. Untuk memperjelas hak prioritas ini, biasanya digunakan rambu lalu lintas sebagai penanda.

3. Lampu Lalu Lintas

Jika volume arus lalu lintas sudah cukup tinggi, atau jika dua jalan dengan tingkat kepentingan yang setara berpotongan, maka digunakan sistem pengaturan lampu lalu lintas. Penggunaan lampu ini mengacu pada ketentuan internasional dari *Vienna Convention on Road Signs and Signals* tahun 1968, di mana lampu merah berarti berhenti, kuning menandakan bersiap untuk berhenti atau jalan, dan hijau berarti kendaraan diperbolehkan melintas.

4. Bundaran Lalu Lintas

Bundaran dapat diterapkan jika terdapat cukup ruang untuk membangun lingkaran lalu lintas di tengah persimpangan. Jenis persimpangan ini memiliki kapasitas yang umumnya sebanding dengan volume lalu lintas. Aturan utamanya adalah kendaraan yang sudah berada di dalam bundaran memiliki hak prioritas dibandingkan kendaraan yang akan masuk.

5. Persimpangan Tak Sebidang

Jenis persimpangan ini digunakan untuk mengatur lalu lintas pada volume tinggi, seperti pada jalan tol atau jalan bebas hambatan. Dengan memisahkan ketinggian jalur lalu lintas, persimpangan ini memungkinkan arus kendaraan tetap lancar tanpa gangguan dari arah lain.

3.10.1 Gerakan Lalu Lintas Pada Persimpangan

Terdapat empat tipe dasar pergerakan lalu lintas di persimpangan jika dilihat dari sifat dan tujuan gerakannya, yaitu:

1. *Diverging* (Gerakan Memisah)

Gerakan *diverging* terjadi ketika kendaraan yang melaju pada suatu ruas jalan mulai menyebar atau berpencar saat mencapai titik persimpangan.

Pergerakan ini umumnya terjadi ketika kendaraan membelok ke arah lain atau berpindah jalur. Konflik lalu lintas dapat muncul pada saat proses membelok atau berganti jalur ini, terutama jika tidak didukung dengan pengaturan lalu lintas yang baik.

2. *Merging* (gerakan bergabung)

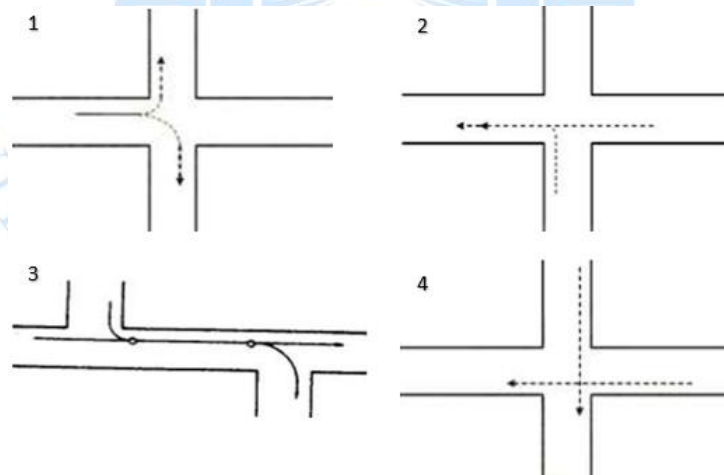
Peristiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada suatu titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan melakukan pergerakan membelok dan bergabung.

3. *Weaving* (bersilangan)

Peristiwa terjadinya perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekat lain. Gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan diverging dan merging.

4. *Crossing* (berpotongan)

Peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan.



(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

Gambar 13. Tipe Dasar Gerakan

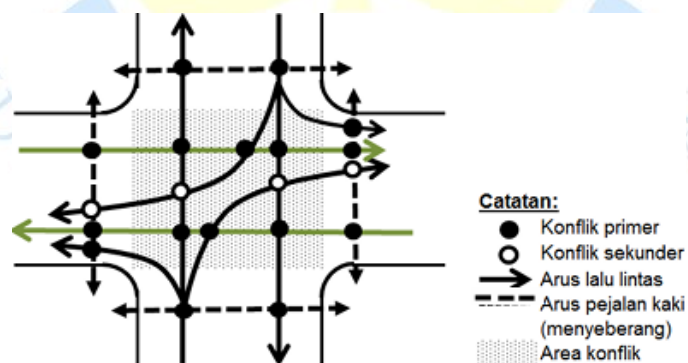
Persimpangan dalam suatu jaringan jalan berfungsi untuk memungkinkan kendaraan bermotor, kendaraan tidak bermotor, serta pejalan kaki bergerak ke berbagai arah secara bersamaan. Akibat dari fungsi ini, persimpangan memiliki karakteristik khas berupa munculnya konflik lalu lintas yang terjadi secara

berulang. Konflik tersebut timbul karena perbedaan arah pergerakan masing-masing pengguna jalan. Secara umum, konflik di persimpangan dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sifatnya:

1. Konflik Primer (*Primary Conflict*) adalah konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari dua ruas jalan yang saling bersilangan, serta termasuk konflik dengan pergerakan pejalan kaki.
2. Konflik Sekunder (*Secondary Conflict*) merupakan konflik yang muncul antara kendaraan yang akan berbelok kanan dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan (yang bergerak lurus), serta konflik antara kendaraan yang berbelok kiri dengan pejalan kaki yang sedang menyeberang.

3.10.2 Daerah Konflik Di Simpang

Konflik dapat dibedakan atas dua jenis berdasarkan ada tidaknya alat pengatur simpang yaitu konflik yang terjadi pada persimpangan sebidang tidak bersinyal dan konflik yang terjadi pada simpang sebidang bersinyal. Pada persimpangan sebidang tidak bersinyal terdapat lebih banyak konflik dibandingkan pada persimpangan bersinyal. Konflik lalu lintas pada persimpangan sebidang empat lengan tidak bersinyal memiliki 16 titik konflik persilangan, 8 titik konflik penggabungan, dan 8 titik konflik penyebaran, dapat dilihat pada **Gambar 14**.



(Sumber: PKJI, 2023)

Gambar 14. Titik Konflik Simpang Empat Lengan

3.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 3. 14 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis dan Tahun	Hasil	Pembeda
1	Analisa Kinerja Simpang Tak Bersignal (Studi Kasus: Simpang Tak Bersignal Lengan Tiga Jl. Hasanuddin, Jl. Santiago Dan Jl. Pogidon, Tuminting)	Adesyafitri Aprilita Paendong (2020)	Hasil dari penelitian didapat arus puncak pada saat jam puncak yaitu jam 10.00-11.00 WITA, dengan volume total kendaraan (QTOT) sebesar 1581 smp/jam. Level Of Service (LOS) yang di dapat yaitu LOS D.	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997 dan program SUMO.
2	Perencanaan Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Terminal Ciledug Kabupaten Cirebon)	Dedi Hermawan (2021)	Hasil penelitian yang diperoleh nilai derajat kejenuhan (DS) untuk 3 fase yaitu sebesar 0,79, waktu siklus sebesar 70 detik, waktu tundaan rata-rata 40,22 detik/smp. Sehingga dari hasil perencanaan ini yang lebih efektif menggunakan 3 fase.	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997.
3	Perencanaan Simpang Bersinyal Studi Kasus Simpang	Roni Ibnu Prakoso (2021)	Hasil DS (derajat kejenuhan) sebesar 0.709 dan telah mendekati titik jenuh,	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang

	Tiga Smkn 1 Teluk Kuantan (Jl. Proklamasi, Jl. Belibis, Jl. Tuanku Tambusai) Kota Teluk Kuantan		dimana besar nilai arus jenuh adalah 0.75, terdapat selisih yang sangat kecil sebesar 0.041, dan perencanaan lampu <i>traffic light</i> di setiap lengan hasil waktu hilang total (LTI) untuk tiap fase sebesar 27 detik dan waktu kuning total 9 detik. Sedangkan untuk waktu merah pada tiap fase adalah 18 detik dan hijau (g) dan lengan Jl. Belibis sebesar 85 detik (hijau), Jl. Proklamasi 86 detik (hijau), Jl. Tuanku Tambusai 37 detik (hijau).	digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997.
--	---	--	---	--

Perbedaan mendasar antara penelitian yang penulis lakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya terletak pada dua aspek utama, yaitu metode yang digunakan dan lokasi (lokus) penelitian. Perbedaan ini menjelaskan kebaharuan penelitian penulis. Pada penelitian terdahulu, analisis lalu lintas umumnya dilakukan dengan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 sebagai acuan utama dalam melakukan evaluasi kinerja simpang. Sementara itu, dalam penelitian yang penulis kaji saat ini, pendekatan metodologis mengalami pengembangan dengan menggunakan kombinasi metode PKJI 2023 sebagai acuan nasional terbaru, serta dukungan simulasi mikrosimulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.

Pemilihan metode ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil yang lebih representatif terhadap kondisi lalu lintas aktual, mengingat PKJI 2023 telah memperbarui parameter-parameter kinerja simpang agar sesuai dengan perkembangan karakteristik lalu lintas masa kini. Selain itu, penggunaan VISSIM memungkinkan visualisasi dan analisis yang lebih rinci terhadap dinamika pergerakan kendaraan secara real-time. Di sisi lain, lokasi penelitian juga menjadi pembeda penting, karena penelitian ini berfokus pada simpang Jembatan Kedungkandang yang memiliki karakteristik lalu lintas yang kompleks, berbeda dengan objek penelitian terdahulu yang umumnya berada di kawasan perkotaan lain dengan konfigurasi dan volume lalu lintas yang berbeda.

