

**ANALISIS ARUS LALU LINTAS TERHADAP KINERJA SIMPANG TIGA
BERSINYAL**
(Studi Kasus Jalan P. Emir Moh Noer –Jalan Basuki Rahmat Kota Bandar Lampung)

Oleh :

TIMOTIUS PASCHA

Tesis



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

**ANALISIS ARUS LALU LINTAS TERHADAP KINERJA SIMPANG TIGA
BERSINYAL**
(Studi Kasus Jalan P. Emir Moh Noer –Jalan Basuki Rahmat Kota Bandar Lampung)

Oleh :

TIMOTIUS PASCHA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

MAGISTER TEKNIK

Pada

Magister Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

ANALISIS ARUS LALU LINTAS TERHADAP KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL

(Studi Kasus Jalan P. Emir Moh Noer –Jalan Basuki Rahmat Kota Bandar Lampung)

Oleh

TIMOTIUS PASCHA

Peningkatan volume lalu lintas di kawasan perkotaan menyebabkan penurunan kinerja pada banyak persimpangan bersinyal, termasuk Simpang Tiga Jalan P. Emir Moh. Noer–Jalan Basuki Rahmat di Kota Bandar Lampung. Kondisi ini ditandai oleh tundaan kendaraan yang tinggi dan antrean yang panjang, sehingga diperlukan evaluasi untuk menentukan penanganan yang paling efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang pada kondisi eksisting, membandingkan hasil analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan perangkat lunak PTV VISSIM, serta menentukan skenario rekayasa lalu lintas terbaik. Metode penelitian dilakukan melalui survei lapangan selama tiga hari pada jam sibuk pagi dan sore untuk memperoleh data volume lalu lintas, geometri simpang, dan pengaturan sinyal. Data dianalisis secara manual menggunakan PKJI 2023 dan disimulasikan dengan PTV VISSIM. Hasil penelitian menunjukkan volume lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Jumat pukul 07.00–08.00 WIB sebesar 2.409 smp/jam. Pada kondisi eksisting, tundaan rata-rata simpang sebesar 77,41 detik/smp berdasarkan PKJI 2023 dan 76,71 detik/kendaraan berdasarkan PTV VISSIM, yang keduanya termasuk tingkat pelayanan F. Skenario terbaik adalah perubahan simpang bersinyal menjadi simpang tak bersinyal yang menurunkan tundaan menjadi 13,86 detik/smp dengan tingkat pelayanan B. Dengan demikian, perubahan manajemen simpang terbukti mampu meningkatkan kinerja lalu lintas secara signifikan.

Kata Kunci : Kinerja Simpang, PKJI 2023, PTV VISSIM, Tundaan, Tingkat Pelayanan.

ABSTRACT

TRAFFIC FLOW ANALYSIS ON THE PERFORMANCE OF A THREE LEG SIGNALIZED INTERSECTION

(Case Study of the Intersection of P. Emir Moh. Noer Street and Basuki Rahmat Street, Bandar Lampung City)

By

TIMOTIUS PASCHA

The increasing traffic volume in urban areas has led to a decline in the performance of many signalized intersections, including the three-leg signalized intersection of P. Emir Moh. Noer Street and Basuki Rahmat Street in Bandar Lampung City. This condition is characterized by excessive vehicle delays and long queues, indicating the need for a comprehensive evaluation to identify the most effective improvement strategy. This study aims to analyze the existing performance of the intersection, compare the results obtained using the Indonesian Highway Capacity Guidelines (PKJI 2023) and PTV VISSIM software, and determine the best traffic engineering scenario. The research employed field surveys conducted over three days during morning and afternoon peak hours to collect data on traffic volumes, intersection geometry, and signal timing. The data were analyzed manually using PKJI 2023 and simulated using PTV VISSIM. The results showed that the highest traffic volume occurred on Friday between 07:00 and 08:00, reaching 2,409 passenger car units per hour (pcu/h). Under existing conditions, the average intersection delay was 77.41 seconds per pcu based on PKJI 2023 and 76.71 seconds per vehicle based on PTV VISSIM, both classified as Level of Service F. The most effective scenario was the conversion of the signalized intersection into an unsignalized intersection, which reduced the average delay to 13.86 seconds per pcu and improved the Level of Service to B. These findings indicate that changes in intersection management can significantly enhance traffic performance.

Keywords: Intersection Performance, PKJI 2023, PTV VISSIM, Delay, Level of Service.

Judul Skripsi

:ANALISIS ARUS LALU LINTAS TERHADAP
KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL
(Studi Kasus : Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan
Basuki Rahmat Kota Bandar Lampung)

Nama Mahasiswa

: **Timotius Pascha**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2425011001

Program Studi

: Magister Teknik Sipil

Fakultas

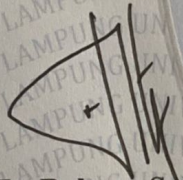
: Teknik

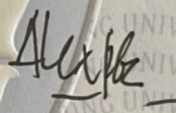
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

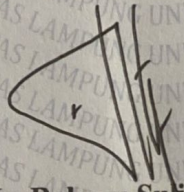
Pembimbing II


Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, M.T
NIP 197410042000032002


Prof. Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba ,
S.T.,M.T.IPM., ASEAN.Eng. ACPE.
NIP 196811072000121001

2. Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil


Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, M.T

NIP 197410042000032002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T**

Sekretaris

: **Prof. Dr. Eng. Aleksander Purba, S.T., M.T.**
IPM. ASEAN. Eng. ACPE

Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Mohd Isneini, S.T., M.T.**

Prof. Muhammad Karami S.T., M.Sc. Ph.D

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196901302000031001

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 3 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Timotius Pascha
NPM : 2425011001
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul **“Analisis Arus Lalu Lintas Terhadap Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus : Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan Basuki Rahmat Kota Bandar Lampung)”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2026



Timotius Pascha

2425011001

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung, pada tanggal 15 September 2001 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, putra dari Bapak Sudyono dan Ibu Ari Krenin Tima. Pendidikan dasar ditempuh di SD Xaverius 3 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2013, kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Tumijajar dan lulus pada tahun 2016. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMAN 2 Tumijajar Tulang Bawang Barat dan lulus pada tahun 2019. Kemudian melanjutkan pendidikan jenjang sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Tahun 2019 dan lulus dalam waktu tiga tahun sembilan bulan, tepatnya pada bulan Juli tahun 2023.

Pada tahun 2024, penulis melanjutkan pendidikan dan diterima sebagai mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

MOTTO HIDUP

Tuhan tidak pernah mempertemukan dua insan hanya untuk kecewa.

Ketika kamu merasa putus asa, ingatlah Tuhan tidak mungkin membawamu sejauh ini
hanya untuk gagal.

Tidak ada kenikmatan tanpa proses yang menyakitkan.

(Timotius Pascha)

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah senantiasa memberikan rahmat dan anugrah-Nya sehingga diberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis dalam melaksanakan penelitian tugas akhir yang berjudul Analisis Arus Lalu Lintas Terhadap Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus : Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan Basuki Rahmat Kota Bandar Lampung). Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademis dalam menempuh pendidikan pada program studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Terselesaikannya tugas akhir ini tentu tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan dalam penyusunan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, serta saudara tercinta sebagai penyemangat terbesar penulis yang telah memberi motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini .
2. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung, yang selalu memberikan dukungan dan semangat mengejar cita-cita.
3. Ibu Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T, M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, yang selalu memberikan dukungan dan semangat mengejar cita-cita.
4. Ibu Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan penelitian ini.
5. Prof. Dr.Eng., Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T.,IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar memberikan masukan, koreksi, dan bantuan hingga terselesaikannya tesis ini.
6. Bapak Dr. Mohd Isneini, S.T, M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun dalam penelitian ini.

7. Bapak Prof. Muhammad Karami, S.T, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun dalam penelitian ini.
8. Wanita Terkasih Akhwan Putri Rakhma Meilia, S.H., M.H. yang telah banyak memberikan dukungan fisik dan moral serta memberikan masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan STAP Raffles (Syahrul Firdaus (FTSL 2030) 1915011052, Aray 1915011035, Utup 1955011015) yang telah banyak membantu dalam penulisan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Magister Teknik Sipil 2024, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung,

Juni 2026

Timotius Pascha
NPM. 2425011001

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Simpang	6
2.1.1 Konflik Lalu Lintas	6
2.2 Komponen Lalu Lintas	7
2.2.1 Manusia (Pengguna Jalan).....	8
2.2.2 Kendaraan.....	8
2.2.3 Jalan Raya.....	9
2.2 Lebar Pendekat	10
2.3.2 Fase Sinyal Pada Simpang.....	12
2.4 Metode Analisis Kinerja Simpang Bersinyal.....	12
2.4.1 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).....	12
2.4.2 Aplikasi PTV VISSIM	13
2.5 Integrasi Metode PKJI 2023 dan <i>Software</i> PTV VISSIM.....	15
2.5.1 Metode PKJI 2023	15
2.5.2 <i>Software</i> PTV VISSIM.....	15
2.6 Studi Komparatif Antara Metode PKJI 2023 dan PTV VISSIM.....	15
2.6.1 Tujuan Studi Komparatif.....	15
2.6.2 Kriteria Penilaian	16
2.6.3 Perbandingan Hasil Analisis.....	16
2.7 Penelitian Terdahulu	17
2.8 Studi Literatur	21
2.9 <i>Positioning</i> Penelitian.....	22

III. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.2 Tahap Pengumpulan Data	25
3.2.1 Survei Pendahuluan.....	25
3.2.2 Pelaksanaan Survei Lapangan	25
3.2.3 Peralatan Penelitian	26
3.2.4 Jenis Data.....	26
3.3 Perhitungan Kinerja Simpang Dengan Metode PKJI 2023	27
3.3.1 Tipikal Simpang	28
3.3.2 Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP).....	28
3.3.3 Kapasitas Simpang	29
3.3.4 Rasio Arus	31
3.3.5 Waktu Siklus dan Waktu Hijau	32
3.3.6 Derajat Kejenuhan.....	33
3.3.7 Panjang Antrian dan Peluang Antrian	34
3.3.8 Tundaan	35
3.3.9 Faktor Ukuran Kota.....	36
3.4 Tahapan Analisis Data	36
3.5 Alternatif Skenario Perbaikan Simpang Bersinyal.....	39
3.5.1 Optimalisasi Waktu Sinyal (<i>Signal Timing Optimization</i>).....	39
3.5.2 Pemberlakuan Simpang Tak Bersinyal	39
3.5.3 Penerapan Belok Kiri Jalan Terus (BKijT)	39
3.5.4 Perubahan Manajemen Simpang Bersinyal	40
3.6 Diagram Alir (Flow Chart)	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Data Hasil Survei Lapangan	44
4.1.1 Data Geometri Simpang	44
4.1.2 Diagram Sinyal Lalu Lintas.....	44
4.1.3 Volume Lalu Lintas.....	45
4.2 Perhitungan Kinerja Simpang Pada Kondisi Eksisting	62
4.2.1 Kinerja Simpang Dengan Metode PKJI 2023	62
4.2.2 Kinerja Simpang Dengan PTV VISSIM	67
4.3 Alternatif Pemecahan Masalah.....	71
4.3.1 Skenario 1 (Penerapan Belok Kiri Jalan Terus (BKijT)	71

4.3.2 Skenario 2 (Optimalisasi Sinyal Lalu Lintas).....	76
4.3.3 Skenario 3 Perubahan Manajemen Simpang	85
4.3.4 Skenario 4 (Simpang Tak Bersinyal)	96
4.4 Komparasi Hasil Penelitian Dengan Studi Terdahulu	106
V. PENUTUP	109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
LAMPIRAN E	
LAMPIRAN F	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Jenis Kendaraan	9
Tabel 2. Tipe Jalan Raya	9
Tabel 3. Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 4. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Bersinyal.....	28
Tabel 5. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Bersinyal.....	28
Tabel 6. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Tak Bersinyal...	29
Tabel 7. Kapasitas Dasar Simpang	29
Tabel 8. Penetapan Waktu Siklus Berdasarkan Fase Menurut PKJI 2023	32
Tabel 9. Indikator Tingkat Pelayanan Berdasarkan Derajat Kejenuhan	33
Tabel 10. Indikator Tingkat Pelayanan Berdasarkan Nilai Tundaan Simpang	36
Tabel 11. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_UK)	36
Tabel 12. Keterangan Nilai Uji GEH.....	38
Tabel 13. Volume Kendaraan Senin Pagi	46
Tabel 14. Volume Kendaraan Senin Sore	48
Tabel 15. Volume Kendaraan Jumat Pagi.....	50
Tabel 16. Volume Kendaraan Jumat Sore.....	52
Tabel 17. Volume Kendaraan Sabtu Pagi	54
Tabel 18. Volume Kendaraan Sabtu Sore	56
Tabel 19. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Kendaraan	61
Tabel 20. Rasio Belok Kendaraan	62
Tabel 21. Perhitungan Kapasitas Simpang.....	63
Tabel 22. Kinerja Simpang Bersinyal Kondisi Eksisting	66
Tabel 23. Perhitungan Nilai RelFlows VC dan VR Lengan Pendekat Utara...	68
Tabel 24. Nilai RelFlows Vehicle Compositions (VC) Pada Simpang.	68
Tabel 25. Nilai RelFlows Vehicle Routes (VR) Pada Simpang.	69
Tabel 26. Validasi Uji GEH Volume Lalu Lintas Kondisi Eksisting	69
Tabel 27. Hasil Running Simulation VISSIM Pada Kondisi Eksisting	69

Tabel 28. Perbandingan Analisis PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM Pada Kondisi Eksisting	70
Tabel 29. Perhitungan Kapasitas Simpang Pada Skenario BKiJT	73
Tabel 30. Kinerja Simpang Bersinyal Pada Skenario BKiJT.....	74
Tabel 31. Validasi Uji GEH Volume Lalu Lintas Skenario BKiJT	75
Tabel 32. Hasil Running Simulation VISSIM Pada Skenario BKiJT	75
Tabel 33. Perbandingan Analisis PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM Pada Skenario BKiJT	75
Tabel 34. Perhitungan Kapasitas Simpang Pada Skenario Optimalisasi Sinyal Lalu Lintas	79
Tabel 35. Kinerja Simpang Bersinyal Pada Skenario Optimalisasi Siklus Sinyal	83
Tabel 36. Validasi Uji GEH Volume Lalu Lintas Pada Skenario Optimalisasi Sinyal Lalu Lintas	84
Tabel 37. Hasil Running Simulation VISSIM Pada Skenario Optimalisasi Sinyal Lalu Lintas	84
Tabel 38. Perbandingan Analisis PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM Pada Skenario Optimalisasi Sinyal Lalu Lintas	84
Tabel 39. Perhitungan Kapasitas Simpang Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang.....	90
Tabel 40. Kinerja Simpang Bersinyal Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang.....	94
Tabel 41. Validasi Uji GEH Volume Lalu Lintas Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang.....	95
Tabel 42. Hasil Running Simulation VISSIM Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang.....	95
Tabel 43. Perbandingan Analisis PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang.....	95
Tabel 44. Volume Lalu Lintas Kendaraan Pada Simpang Tak Bersinyal	98
Tabel 45. Rekapitulasi Perhitungan Simpang Tak Bersinyal.....	101
Tabel 46. Validasi Uji GEH Volume Lalu Lintas Pada Skenario Simpang Tak Bersinyal.....	101
Tabel 47. Hasil Running Simulation VISSIM Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang.....	102

Tabel 48. Perbandingan Analisis PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM Pada Skenario Perubahan Manajemen Simpang	102
Tabel 49. Rekapitulasi Penerapan Skenario Alternatif Simpang Dengan PKJI 2023	103
Tabel 50. Rekapitulasi Penerapan Skenario Alternatif Simpang Dengan PTV VISSIM	105
Tabel 51. Komparasi Hasil Penelitian Dengan Studi Terdahulu	107

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Konflik Lalu Lintas Simpang	6
Gambar 2. Jenis-Jenis Konflik Lalu Lintas	7
Gambar 3. Tipe Lebar Pendekat Pada Simpang	10
Gambar 4. Tipe Pendekat Terlindung	11
Gambar 5. Tipe Pendekat Terlawan	11
Gambar 6. Tipe Pengaturan Fase Pada Simpang Tiga	12
Gambar 7. Lokasi Penelitian	24
Gambar 8. Titik Penempatan Surveyor	26
Gambar 9. Tipikal dan Kode Simpang	28
Gambar 10. Penetapan Waktu Siklus Koreksi	32
Gambar 11. Kondisi Geometri Eksisting Simpang.....	43
Gambar 12. Siklus Sinyal Lalu Lintas	44
Gambar 13. Grafik Distribusi Lalu Lintas Senin Pagi.....	47
Gambar 14. Grafik Distribusi Lalu Lintas Senin Sore.....	49
Gambar 15. Grafik Distribusi Lalu Lintas Jumat Pagi	51
Gambar 16. Grafik Distribusi Lalu Lintas Jumat Sore	53
Gambar 17. Grafik Distribusi Lalu Lintas Sabtu Pagi.....	55
Gambar 18. Grafik Distribusi Lalu Lintas Sabtu Sore.....	57
Gambar 19. Grafik Distribusi Lalu Lintas Jam Sibuk Pagi.....	59
Gambar 20. Grafik Distribusi Lalu Lintas Jam Sibuk Sore	60
Gambar 21. Geometri Pemisahan BKiJT	72
Gambar 22. Diagram Siklus Sinyal Setelah Optimalisasi.....	80
Gambar 23. Perubahan Desain Geometri Simpang	87
Gambar 24. Diagram Siklus Sinyal Setelah Perubahan Manajemen Simpang	91
Gambar 25. Distribusi Pergerakan Lalu Lintas Kendaraan.....	97

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar Lampung merupakan pusat administrasi dari Provinsi Lampung dan merupakan daerah strategis dengan berbagai aktivitas yang cukup sibuk di Propinsi Lampung. Kota Bandar Lampung memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.214.330 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,01% pada tahun 2024, sedangkan luas dari Kota Bandar Lampung yaitu sebesar 183,77 km² (*Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung 2024*), pertumbuhan penduduk ini diperkirakan akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor yang berdampak pada meningkatnya penggunaan jaringan lalu lintas. Berdasarkan data pengguna kendaraan bermotor tahun 2023, pengguna kendaraan bermotor di kota Bandar Lampung sebanyak 4.036.997 (*Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung 2024*). Berdasarkan data tersebut pengguna kendaraan bermotor mengalami peningkatan sebesar 3,53% dibandingkan tahun sebelumnya.

Simpang tiga Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan Basuki Rahmat merupakan salah satu simpang bersinyal yang memiliki peran dalam jaringan transportasi di Kota Bandar Lampung. Lokasi ini berada di kawasan strategis yang menghubungkan berbagai pusat aktivitas masyarakat, seperti pusat pemerintahan, kawasan perkantoran, fasilitas kesehatan, hingga pusat perdagangan. Di sekitar simpang tersebut, terdapat berbagai jenis aktivitas komersial seperti pertokoan dan rumah makan yang menyebabkan tingginya volume lalu lintas, terutama pada jam sibuk. Selain itu, simpang ini juga menjadi jalur utama menuju RSUD Dr. A. Dadi Tjokrodipo, yang

memperbesar potensi kepadatan lalu lintas karena tingginya mobilitas masyarakat yang mengakses layanan kesehatan.

Tingginya intensitas lalu lintas di simpang ini tidak diimbangi dengan manajemen lalu lintas yang optimal, sehingga seringkali menyebabkan kemacetan, tundaan (*delay*), serta antrian kendaraan yang cukup panjang. Salah satu penyebab dominan dari kondisi ini adalah perilaku pengguna jalan yang cenderung melanggar peraturan lalu lintas, khususnya dengan menerobos lampu merah. Ketidaktertiban tersebut menjadi salah satu indikator lemahnya pengawasan dan pengendalian terhadap disiplin berlalu lintas di kawasan tersebut. Terdapat permasalahan lain pada simpang bersinyal yang akan ditinjau yaitu lampu lalu lintas pada simpang dimatikan pada saat sore hari dimulai dari pukul 17.00 WIB dan akan dinyalakan kembali pada saat pagi hari pukul 06.00 WIB. Hal tersebut tidak hanya mengganggu kelancaran arus lalu lintas, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan akibat konflik lalu lintas serta meningkatkan tundaan.

Melihat permasalahan yang ada, perlu dilakukan evaluasi kinerja simpang dengan pendekatan teknis dan berdasarkan data lalu lintas yang akurat melalui survei lapangan. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pelayanan simpang, panjang antrian kendaraan, waktu tundaan dan peran sinyal lalu lintas pada simpang tiga sehingga dapat dirumuskan solusi secara teknis untuk meningkatkan kinerja simpang. Tanpa adanya penanganan yang serius, kemacetan di simpang Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan Basuki Rahmat akan berdampak pada menurunnya efisiensi sistem transportasi di Kota Bandar Lampung. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai dasar perencanaan perbaikan lalu lintas di wilayah persimpangan guna mendukung mobilitas masyarakat secara optimal dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang timbul tidak hanya berkaitan dengan meningkatnya volume lalu lintas, tetapi juga mencakup rendahnya disiplin pengguna jalan, pengoperasian sinyal lalu lintas yang tidak konsisten, serta belum optimalnya manajemen simpang dalam mengatur pergerakan arus kendaraan. Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kinerja lalu lintas pada simpang tiga Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan Basuki Rahmat berdasarkan parameter teknis seperti derajat kejenuhan, panjang antrian, dan waktu tundaan?
2. Bagaimana dampak dari kebijakan operasional sinyal lalu lintas yang dimatikan pada sore hari terhadap arus lalu lintas kendaraan?
3. Apa solusi teknis yang dapat diusulkan berdasarkan hasil evaluasi kinerja simpang bersinyal guna meningkatkan efisiensi lalu lintas?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan analisis kinerja simpang berdasarkan indikator teknis seperti derajat kejenuhan, panjang antrian, dan waktu tundaan menggunakan metode PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM.
2. Melakukan identifikasi terhadap penyebab utama terjadinya kemacetan dan hambatan lalu lintas yang terjadi di kawasan simpang bersinyal.
3. Memberikan rekomendasi secara teknis berupa alternatif perbaikan manajemen lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang dan kelancaran mobilitas pada simpang bersinyal.

1.4 Batasan Masalah

Terdapat Batasan masalah pada penelitian ini, agar penelitian menjadi terarah, mendalam dan tidak terjadi pelebaran pokok permasalahan sehingga memudahkan dalam pembahasan dan tujuan penelitian dapat tercapai. Beberapa Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian hanya difokuskan pada satu lokasi simpang bersinyal yaitu simpang tiga Jalan P. Emir Moh Noer – Jalan Basuki Rahmat.
2. Perhitungan dan analisis pembahasan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) dan aplikasi VISSIM untuk menentukan tingkat pelayanan simpang bersinyal.
3. Evaluasi kinerja simpang dilakukan berdasarkan data lalu lintas yang diperoleh dari survei lapangan, dengan parameter utama yang dianalisis meliputi volume lalu lintas, tingkat pelayanan (*Level of Service*), panjang antrian kendaraan, dan waktu tundaan.
4. Analisis simpang bersinyal difokuskan pada kondisi lalu lintas pada jam sibuk yang dilakukan selama 3 (tiga) hari yaitu pada hari Senin, Jumat dan Sabtu pada jam puncak yakni pagi hari pukul 06.00-08.00 dan sore pukul 16.00 – 18.00 WIB.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

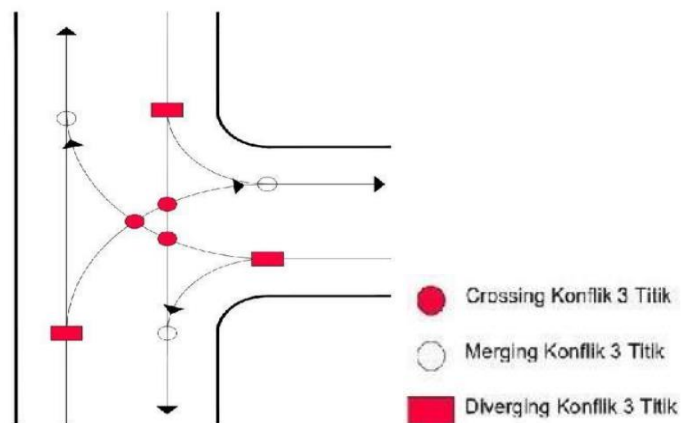
1. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi informasi yang dapat digunakan berbagai pihak dalam penelitian atau pekerjaan yang berhubungan dengan kinerja persimpangan khususnya simpang bersinyal
2. Mengembangkan pemahaman dalam melakukan analisis dan evaluasi kinerja pada simpang bersinyal.
3. Hasil evaluasi kinerja simpang dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran, seperti pengaturan waktu sinyal dan perbaikan geometrik simpang

4. Melakukan analisis terkait pokok permasalahan yang terjadi pada simpang tiga bersinyal.
5. Melakukan analisis data berdasarkan data hasil survey lapangan guna menentukan skenario terbaik dalam pengaturan manajemen lalu lintas simpang bersinyal

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpang

Simpang merupakan titik temu dari beberapa ruas jalan yang ada. Persimpangan adalah bagian dari semua sistem jalan yang dapat dipisahkan. Analisis simpang sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi arus lalu lintas, geometri jalan dan lingkungan berdasarkan data hasil survei lalu lintas lapangan. Hasil analisis harus sesuai dengan keberlakuan nilai empiris dan tidak mengacu pada aturan prioritas (PKJI 2023).



Gambar 1. Konflik Lalu Lintas Simpang

Sumber : *Jurnal Konstruksia Tingkat Keselamatan Pada Simpang Tiga 2024*

2.1.1 Konflik Lalu Lintas

Konflik lalu lintas dapat terjadi apabila terdapat dua atau lebih ruas jalan yang besimpangan, baik itu simpang tiga ataupun lainnya. Konflik lalu lintas merupakan situasi dimana terdapat potensi terjadinya kecelakaan antara kendaraan, pejalan kaki atau pengguna jalan lainnya. Konflik lalu lintas sering terjadi di persimpangan jalan, terutama pada persimpangan

tak bersinyal, di mana arus lalu lintas dari berbagai arah bertemu tanpa pengaturan yang memadai (Nemers E, 2024).

Berikut merupakan bentuk konflik lalu lintas yang umumnya terjadi pada persimpangan :

1. Pemisahan (*Diverging*)

Pemisahan atau *Diverging*, adalah pergerakan kendaraan pada arus lalu lintas yang berpisah atau menyebar di persimpangan.

2. Penggabungan (*Merging*)

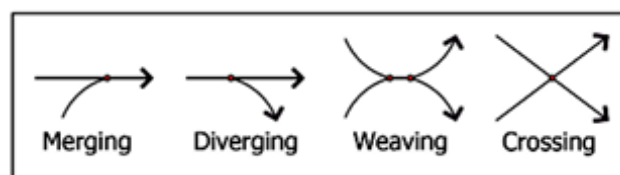
Penggabungan atau *merging*, adalah suatu pergerakan di mana kendaraan saling bertemu di satu jalur yang sama.

3. Persilangan (*Crossing*)

Persilangan atau *crossing*, adalah pergerakan kendaraan yang melibatkan gerakan memotong terhadap kendaraan lain yang datang dari arah yang bersilangan pada titik konflik persimpangan.

4. Jalinan (*Weaving*)

Jalinan atau *Weaving*, adalah pertemuan dua atau lebih aliran lalu lintas yang bergerak searah di sepanjang jalur atau lengan jalan. Gerakan ini sering terjadi ketika suatu kendaraan berpindah dari satu jalur ke jalur lain, seperti saat berkendara memasuki jalan raya dari jalan masuk dan kemudian beralih ke jalur lain untuk keluar dari jalan raya tersebut.



Gambar 2. Jenis-Jenis Konflik Lalu Lintas

Sumber : Jurnal Teknik Sipil Studi Mikrosimulasi Kinerja Simpang Bersinyal 2019

2.2 Komponen Lalu Lintas

Komponen lalu lintas memiliki berbagai elemen yang saling berhubungan dan membentuk sistem lalu lintas. Komponen tersebut saling berinteraksi dan

memiliki kontribusi pada pergerakan lalu lintas yang sangat mempengaruhi kinerja pada lalu lintas.

2.2.1 Manusia (Pengguna Jalan)

Manusia memiliki peran penting dalam keberlangsungan sistem lalu lintas karena tiap pergerakan pada lalu lintas disebabkan oleh perpindahan yang dilakukan oleh peran manusia baik itu perpindahan manusia atau perpindahan barang dari satu tempat ke tempat yang lain menggunakan moda transportasi. Manusia sebagai pengguna jalan dapat berperan sebagai pengemudi, penumpang, atau pejalan kaki yang memiliki kemampuan berbeda yang dipengaruhi oleh faktor seperti kondisi fisik dan psikologis (Artiani, 2016).

2.2.2 Kendaraan

Kendaraan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem lalu lintas karena kendaraan merupakan komponen utama yang bergerak dalam jalan raya. Kendaraan juga sangat berpengaruh pada nilai kapasitas jalan dan tingkat pelayanan jalan khususnya pada persimpangan. Kendaraan yang digunakan oleh pengemudi mempunyai karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, percepatan, perlambatan, dimensi, dan volume dalam ruang lalu lintas. Kendaraan yang digunakan oleh pengemudi mempunyai karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, percepatan, perlambatan, dimensi, dan volume dalam ruang lalu lintas Berikut merupakan tabel klasifikasi kendaraan berdasarkan PKJI 2023:

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Kendaraan

Kode	Jenis Kendaraan	Tipikal Kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda 2 dengan, panjang tidak lebih dari 2,5m	Sepeda motor, Scooter, Motor gede (moge)
MP	Mobil penumpang, termasuk kendaraan roda-3, dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 5,5m	Sedan, Jeep, Station wagon, Opelet, Minibus, Pickup, Truk Kecil
KS	Kendaraan Sedang, Bus dan Truk 2 sumbu dengan panjang tidak lebih atau sama dengan 9,0m	Bus kota, Truk sedang

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

2.2.3 Jalan Raya

Jalan raya merupakan komponen utama dalam lalu lintas. Jalan merupakan lintasan yang direncanakan untuk dilalui kendaraan bermotor maupun kendaraan tidak bermotor termasuk pejalan kaki (Artiani, 2016). Jalan raya memiliki peran untuk menyalurkan arus lalu lintas dari satu lajur jalan ke lajur lainnya sesuai dengan perannya dalam jaringan jalan. Berikut merupakan kondisi segmen jalan ideal untuk jalan perkotaan berdasarkan pedoman kapasitas jalan Indonesia (PKJI 2023) :

Tabel 2. Tipe Jalan Raya

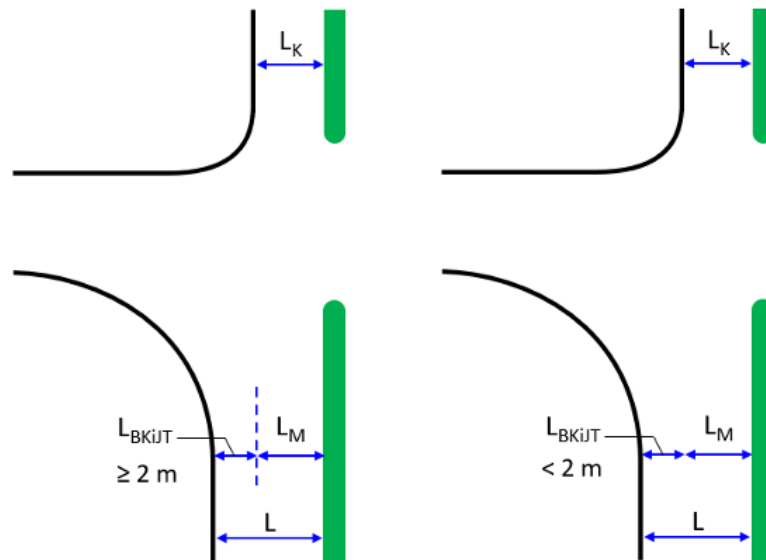
No	Tipe Jalan Raya	Uraian		
		Lebar Lajur (m)	Kelas Ukuran Kota (Juta Jiwa)	Median
1	Jalan Raya Tipe 2/2 TT	5,5	1,0 – 3,0	Tidak Ada
2	Jalan Raya Tipe 4/2 T	4 x 3,5	1,0 – 3,0	Ada (Tanpa Bukaan)
3	Jalan Raya Tipe 6/2 T	6 x 3,5	1,0 – 3,0	Ada (Tanpa Bukaan)

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

2.2 Lebar Pendekat

Lebar pendekat pada simpang merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan dan evaluasi kinerja lalu lintas. Lebar pendekat yang memadai dapat meningkatkan kapasitas simpang dan mengurangi derajat kejenuhan serta tundaan kendaraan (Wibowo et al, 2023).

Pada pendekat yang tidak dilengkapi dengan pulau lalu lintas, pergerakan kendaraan yang berbelok ke kiri secara langsung (jalan terus) dapat diarahkan ke lajur tersendiri atau digabung dengan lajur pergerakan lurus, tergantung pada ruang yang tersedia untuk belok kiri. Jika lebar ruang untuk kendaraan belok kiri jalan terus (LBKiJT) melebihi 2 meter, maka arus belok kiri dapat membentuk lajur antrian tersendiri. Apabila LBKiJT kurang dari 2 meter, maka arus belok kiri tidak memungkinkan untuk membentuk lajur sendiri dan akan menyatu dengan arus kendaraan yang bergerak lurus. (PKJI 2023)



Gambar 3. Tipe Lebar Pendekat Pada Simpang

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

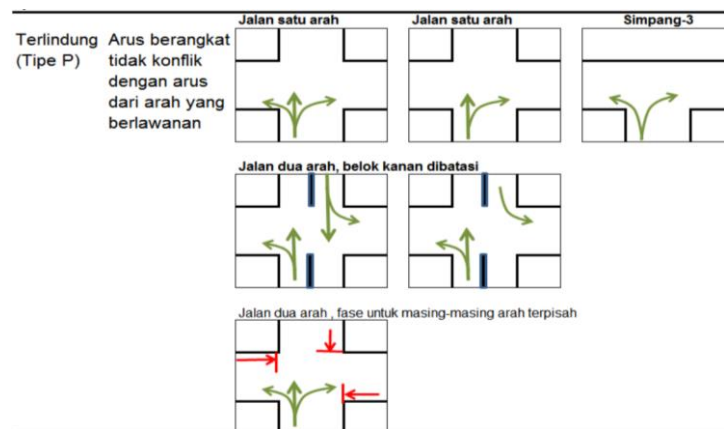
2.2.1 Tipe Pendekat

Persimpangan memiliki beberapa tipe pendekat sesuai dengan karakteristik dan lingkungan pada daerah persimpangan.

Berikut merupakan tipe pendekat pada simpang berdasarkan PKJI 2023 :

a. Tipe Pendekat Terlindung (Tipe P)

Tipe pendekat terlindung memiliki arus lalu lintas berangkat yang tidak memiliki konflik dengan arus lalu lintas dari arah yang berlawanan.

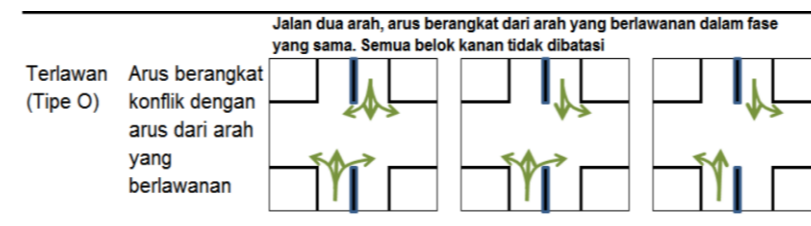


Gambar 4. Tipe Pendekat Terlindung

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

b. Tipe Pendekat Terlawan (Tipe O)

Tipe pendekat terlawan memiliki arus lalu lintas berangkat yang memiliki konflik dengan arus lalu lintas dari arah yang berlawanan.

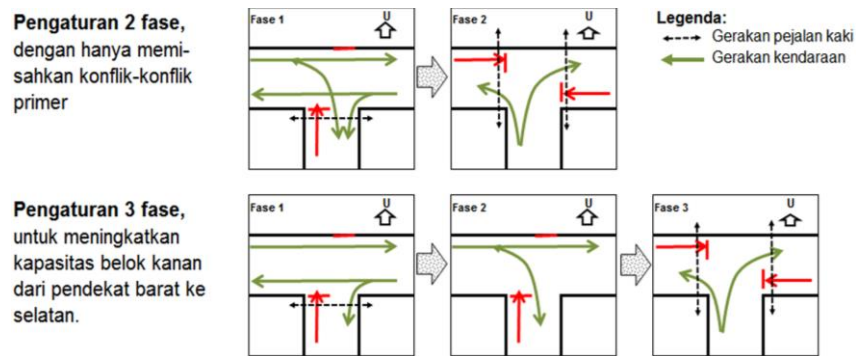


Gambar 5. Tipe Pendekat Terlawan

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

2.3.2 Fase Sinyal Pada Simpang

Dalam analisis untuk kebutuhan rencana, menentukan pengaturan fase awal dapat memberikan kapasitas paling besar dengan melakukan penyesuaian pada langkah berikutnya sesuai dengan kriteria perencanaan yang telah ditetapkan.



Gambar 6. Tipe Pengaturan Fase Pada Simpang Tiga

Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023*

2.4 Metode Analisis Kinerja Simpang Bersinyal

2.4.1 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)

Dalam analisis kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal penggunaan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 memberikan pendekatan yang cukup detail dengan mempertimbangkan berbagai faktor penyesuaian seperti lebar pendekatan, hambatan samping, ukuran kota, dan rasio arus belok. Dalam melakukan analisis kinerja simpang bersinyal terdapat beberapa parameter yang ditinjau untuk menentukan kinerja simpang bersinyal sudah sesuai dengan syarat yang ditetapkan oleh PKJI 2023. Berikut merupakan parameter yang digunakan dalam analisis kinerja simpang bersinyal dengan menggunakan metode PKJI 2023

1. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kinerja simpang bersinyal, yang didefinisikan sebagai

rasio antara arus lalu lintas terhadap kapasitas jalan. Nilai DS menggambarkan tingkat penggunaan fasilitas jalan, di mana $DS < 0,75$ menunjukkan kondisi lancar, $0,75-0,90$ mengindikasikan mulai jenuh, dan $DS > 0,90$ menandakan kondisi jenuh hingga macet (PKJI, 2023). Penelitian oleh Fadli et al. (2022) pada simpang bersinyal di Kota Bandung menemukan bahwa tingginya volume kendaraan menyebabkan DS mencapai 0,92, yang mengakibatkan antrian panjang dan penurunan kinerja simpang.

2. Panjang Antrian

Panjang antrian merupakan salah satu indikator penting dalam mengevaluasi kinerja simpang bersinyal, yang menggambarkan akumulasi kendaraan yang tertahan akibat keterbatasan kapasitas atau ketidakefisienan pengaturan sinyal. Penelitian Fazahudiyah et al. (2024) menunjukkan bahwa hasil perhitungan panjang antrian menggunakan metode PKJI 2023 cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat variabel yang belum diperhitungkan dalam penyusunan PKJI 2023, seperti arus jenuh dasar, sehingga diperlukan penyesuaian terhadap konstanta arus jenuh dasar.

3. Tundaan

Tundaan (*delay*) merupakan parameter dalam evaluasi kinerja simpang bersinyal yang mencerminkan efisiensi pergerakan lalu lintas. Tundaan dihitung berdasarkan komponen tundaan lalu lintas (*traffic delay*) dan tundaan geometrik (*geometric delay*), dimana nilai tundaan total yang tinggi mengindikasikan ketidakefisienan operasional simpang (PKJI, 2023).

2.4.2 Aplikasi PTV VISSIM

Aplikasi PTV VISSIM adalah perangkat atau aplikasi simulasi gerak kendaraan yang digunakan untuk perancangan sistem jaringan transportasi, perencanaan lalu lintas, pengendalian waktu dan siklus sinyal, pengelolaan angkutan umum, dan perencanaan kota. VISSIM

merupakan aplikasi yang dapat mensimulasikan aliran mikroskopik dan dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan dan traffic light. (Romadhona, 2019) Pengembangan perangkat ini dimulai pada tahun 1992 oleh sebuah perusahaan teknologi asal Jerman yaitu Siemens. Vissim merupakan simulasi mikroskopik atau mikrosimulasi, yang berarti tiap karakteristik kendaraan maupun pejalan akan disimulasikan secara individual dalam kondisi operasional yang terdapat dalam sistem transportasi.

Vissim mampu melakukan analisis operasi kendaraan pribadi dan transportasi umum, dengan berfokus pada aspek tertentu seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, dan pengaturan lampu lalu lintas. Oleh karena itu, aplikasi VISSIM menjadi alat bantu dalam simulasi jaringan transportasi. Kegunaan aplikasi VISSIM sebagai berikut :

a. Simulasi Arteri VISSIM

Dalam pemodelan simulasi arteri, terdapat berbagai model yang digunakan pada jaringan jalan. Simulasi ini melibatkan persimpangan di mana segala jenis kendaraan dapat diobservasi.

b. Transportasi Umum

Pada pemodelan simulasi transportasi umum bisa meningkatkan operasi publik dan juga menguji maupun memperbaiki perencanaan standar waktu sinyal.

c. Simulasi *Motorway*

Yaitu bisa adanya simulasi dalam manajemen lalu lintas transportasi serta dapat menguji zona kerja

Setelah memasukkan (*input*) parameter yang dibutuhkan maka diperoleh hasil :

- 1) Video hasil simulasi yang dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan.
- 2) Parameter yang dihasilkan dari *node result* adalah :
 - *Movement* (Pergerakan).

- QLen (Panjang antrian rata-rata (m)).
- QLenMax (Panjang antrian maksimum (m)).
- Vehs (All) (Jumlah kendaraan yang lewat saat simulasi (unit)).
- VehDelay (Tundaan kendaraan (detik)).
- *Level Of Service* (LOS) Tingkat Pelayanan

2.5 Integrasi Metode PKJI 2023 dan *Software* PTV VISSIM

2.5.1 Metode PKJI 2023

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 (PKJI 2023) merupakan metode analisis lalu lintas yang menggunakan formula tabel kriteria penilaian untuk menentukan nilai kapasitas dan kinerja lalu lintas khususnya persimpangan.

2.5.2 *Software* PTV VISSIM

PTV VISSIM merupakan aplikasi perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan simulasi rekayasa lalu lintas. PTV VISSIM dapat mengukur parameter lalu lintas yang memungkinkan memiliki hasil yang bervariasi dalam skenario lalu lintas yang telah dilakukan serta menggambarkan variabilitas yang terjadi di kondisi lalu lintas lapangan.

2.6 Studi Komparatif Antara Metode PKJI 2023 dan PTV VISSIM

2.6.1 Tujuan Studi Komparatif

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk melakukan analisis arus lalu lintas yang berpengaruh pada kinerja simpang bersinyal. Dalam melakukan analisis data digunakan dua metode yaitu dengan menggunakan PKJI 2023 dan PTV VISSIM untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan pada masing-masing metode. PKJI 2023 memiliki keunggulan dalam pengolahan data yang lebih terstruktur dan memiliki

kesesuaian dalam pengelolaan lalu lintas di Indonesia, sementara PTV VISSIM memiliki keunggulan dalam melakukan permodelan simulasi arus lalu lintas untuk mengetahui kinerja arus lalu lintas pada simpang bersinyal.

2.6.2 Kriteria Penilaian

Dalam melakukan penilaian kinerja simpang bersinyal terdapat beberapa kriteria yang ditinjau seperti kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian kendaraan, tundaan dan nilai *Level Of Service* (LOS) pada simpang bersinyal.

2.6.3 Perbandingan Hasil Analisis

Analisis yang dihasilkan dari dua metode yang digunakan akan dilakukan perbandingan berdasarkan nilai kriteria yang akan ditinjau. Setelah dilakukan perbandingan analisis kemudian dilakukan evaluasi efektivitas pada arus lalu lintas terhadap kinerja simpang bersinyal.

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul (Tahun)	Latar Belakang Masalah	Hasil Penelitian
1	Ricardianto, P., Sufriyano, S., Suryobuwono, A.A.	Rekayasa Lalu Lintas Pada Simpang Empat Plaza Ratahan di Kabupaten Minahasa (2023)	Terdapat parkir liar pada bahu jalan yang sempit	Melakukan pelebaran geometrik jalan dan memberikan rambu dilarang parkir pada bahu jalan.
2	Sarwoko, I., Widodo, S., & Mulki, G. Z.	Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas Simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Daya Nasional Kota Pontianak (2017)	Belum dilakukan manajemen rekayasa lalu lintas pada simpang khususnya penerapan APILL.	Melakukan rekayasa perencanaan APILL sebagai langkah dalam mengurangi kemacetan lalu lintas simpang tiga.
3	Sholahudin, F., & Rivi., A. G	Analisis Simpang Bersinyal Pada Simpang 4 Jl. Siliwangi Kota Tasikmalaya (2020)	Belum dilakukan pengaturan ulang terkait manajemen lalu lintas simpang bersinyal.	Melakukan pengaturan ulang waktu siklus untuk menurunkan nilai LOS dari lengan simpang.
4	Mamu, I., Kadir, Y., & Patutim I. M	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan J.A Katili – Jalan Tondano – Jalan Madura Dengan Metode PKJI (2021)	Jalur pada lengan simpang cukup kecil yang mengakibatkan kapasitas pada simpang menjadi kecil.	Dilakukan pelebaran pada lengan pendekat simpang dan pengaturan ulang waktu siklus dan fase sinyal.

Lanjutan Tabel 3

5	Pascha, T., Herianto, D., Ofrial, S. A. M. P., & Sulityorini R	Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jalan Panglima Polim – Jalan Pagar Alam – Jalan Soekardi Hamdani Kota Bandar Lampung (2024)	Jalur pada ruas jalan persimpangan cukup kecil sehingga terjadi tundaan dan antrian kendaraan, BKiJT belum diberlakukan.	Melakukan perubahan geometri pada ruas jalan persimpangan dan melakukan pengaturan ulang waktu siklus pada simpang selain itu memberlakukan BKiJT
6	Putra, F. A., Herianto, D., Putra, S., & Sulistyorini, R	Analisis Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal Jalan Lintas Barat Sumatera (Studi Kasus Jalan Ahmad Yani – Jalan Pemuda Pringsewu) (2024)	Ruas jalan pada persimpangan yang cukup kecil sehingga sering terjadi kecelakaan pada daerah persimpangan.	Memberlakukan pembatasan belok kanan dari lengan pendekat simpang yang memiliki nilai arus lalu lintas belok kanan yang tinggi guna menstabilkan arus lalu lintas.
7	Aditya Putra Rahardiyan	Analisis Antrian dan Tundaan Kendaraan Pada Simpang Tiga Bersinyal Jalan Raya Pekayon (2018)	Terjadi Kemacetan akibat perilaku pengemudi yang tidak tertib sehingga menghambat arus lalu lintas	Dilakukan pengaturan ulang pada lampu isyarat lalu lintas guna mengurangi tundaan dan panjang antrian.

Lanjutan Tabel 3

8	Prayitno, E.A., Abidin, Z., & Hudam M	Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Raya Nginden – Jalan Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014 (2019)	Kurangnya ketertiban pengguna jalan sehingga menyebabkan antrian dalam ruas jalan persimpangan.	Melakukan pengaturan ulang waktu siklus lalu lintas dan pemasangan rambu-rambu lalu lintas guna meningkatkan ketertiban dalam lalu lintas
9	Reddy, R., Almeida, L., & Santos, P	Waiting Time Analysis For a Network Of Signalized Intersections (2023)	Terdapat permasalahan pada lalu lintas daerah simpang yang disebabkan tidak adanya BKijT sehingga meningkatkan nilai tundaan.	Melakukan analisis lalu lintas terkait perubahan waktu siklus, perencanaan BKijT dan percobaan beberapa skenario lalu lintas
10	Cakici, Z., & Aksoy, G.	The Minimization Of The Average Vehicle Delay And The Minimization Average Number Of Stops Mean The Same At The Signalized Intersections (2024)	Terjadi lonjakan volume lalu lintas kendaraan pada daerah simpang yang menyebabkan terjadi tundaan karena kapasitas simpang yang tidak memenuhi kriteria desain.	Melakukan optimalisasi dan pengembangan pada waktu siklus dan waktu sinyal untuk meningkatkan kapasitas desain pada simpang bersinyal.

Lanjutan Tabel 3

11	Song, Y., Chitturi, V.M., & Bremer, W.F	Review Of United States Research And Guidelines On Left Turn Lane Offset : Unsignalized and Signalized Intersections With Permitted Left Turns (2022)	Melakukan observasi mengenai dampak pemberlakuan belok kiri pada simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal	Melakukan analisis perencanaan belok kiri pada simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal yang minim resiko dan sesuai dengan kriteria desain simpang.
12	Guo, R., Liu, J., & Zhao, Q	Signal Timing And Geometric Design At Contraflow Left- Turn Lane Intersections (2022)	Terdapat masalah antrian lalu lintas akibat kendaraan dari lajur belok kiri.	Melakukan perubahan geometric simpang untuk meminimalisir terjadinya tundaan lalu lintas

2.8 Studi Literatur

1. Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas Simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Daya Nasional Kota Pontianak (Sarwoko, I., Widodo, S., & Mulki, G. Z., 2017)

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas pada simpang, serta merumuskan strategi manajemen dan rekayasa lalu lintas yang tepat guna meningkatkan kelancaran dan keselamatan arus kendaraan. Data primer diperoleh dengan melakukan survei lapangan seperti data volume lalu lintas, geometri simpang dan gerakan belok kendaraan. Analisis data dilakukan untuk menghitung kapasitas simpang, derajat kejenuhan (DS), tundaan, dan peluang antrean. Penelitian ini juga menyusun beberapa skenario strategi manajemen dan rekayasa lalu lintas, yang kemudian dibandingkan untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan kriteria teknis. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi eksisting memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 0,93 yang sudah melebihi ambang batas maksimal yang disarankan MKJI yaitu 0,75. Penelitian menguji enam alternatif strategi manajemen lalu lintas, antara lain pelarangan belok kanan, pelebaran jalan utama dan jalan minor, serta penerapan sinyal lalu lintas (APILL). Dari hasil evaluasi, dua alternatif dinilai paling efektif: Alternatif-2, yaitu pelarangan belok kanan dari jalan minor dengan hasil DS sebesar 0,66, dan Alternatif-6, yaitu penerapan sinyal lalu lintas setelah pelebaran jalan, yang menghasilkan DS sebesar 0,74. Kesimpulan dari penelitian ini menyatakan bahwa simpang Imam Bonjol – Daya Nasional sudah tidak lagi dapat melayani arus lalu lintas secara efisien tanpa penerapan strategi manajemen lalu lintas yang memadai.

2. Studi Mikrosimulasi Penilaian Kinerja Persimpangan Bersinyal Jalan Ir. H Juanda – Cikapayang (Maulana, A., Nugraha, F.A., 2019)

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi kinerja eksisting simpang bersinyal Jalan Ir. H. Juanda – Cikapayang di Kota Bandung

yang mengalami kemacetan, serta merumuskan alternatif solusi teknis berbasis simulasi mikroskopik guna meningkatkan efisiensi lalu lintas. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan analisis mikroskopik dengan menggunakan software PTV VISSIM yang dapat melakukan pemodelan arus lalu lintas secara rinci. Proses kalibrasi dan validasi model dilakukan menggunakan metode statistik Geoffrey E. Havers (GEH), dan hasil nilai $GEH < 5$ menunjukkan bahwa model valid dan dapat digunakan. Analisis kinerja simpang dinilai melalui dua indikator utama, yaitu panjang antrian dan tundaan rata-rata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja eksisting simpang tergolong buruk, dengan panjang antrian rata-rata mencapai 121,97 meter dan tundaan rata-rata sebesar 91,20 detik, yang dikategorikan dalam tingkat pelayanan F. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan perubahan alternatif sebanyak 3 skenario. Skenario 1 pengaturan marka dan fase sinyal tanpa perubahan siklus, skenario 2 perubahan waktu siklus dan arah arus lalu lintas adapun skenario 3 pelebaran jalan dan pemisahan pergerakan lalu lintas. Dari ketiga skenario, Alternatif 3 terbukti paling efektif, dengan peningkatan signifikan pada kinerja simpang, menghasilkan tundaan rata-rata sebesar 29,84 detik dan panjang antrian sebesar 24,24 meter, yang setara dengan tingkat pelayanan D. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa strategi rekayasa lalu lintas seperti pelebaran jalan, optimalisasi sinyal, dan manajemen konflik pergerakan kendaraan terbukti mampu menurunkan tingkat kemacetan secara signifikan.

2.9 Positioning Penelitian

Perbedaan yang terdapat antara penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya yaitu :

1. Penggunaan Metode Terbaru (PKJI 2023)

Berdasarkan tabel penelitian terdahulu, mayoritas penelitian terdahulu menggunakan PKJI 2014 dalam analisis kinerja simpang bersinyal. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode PKJI 2023

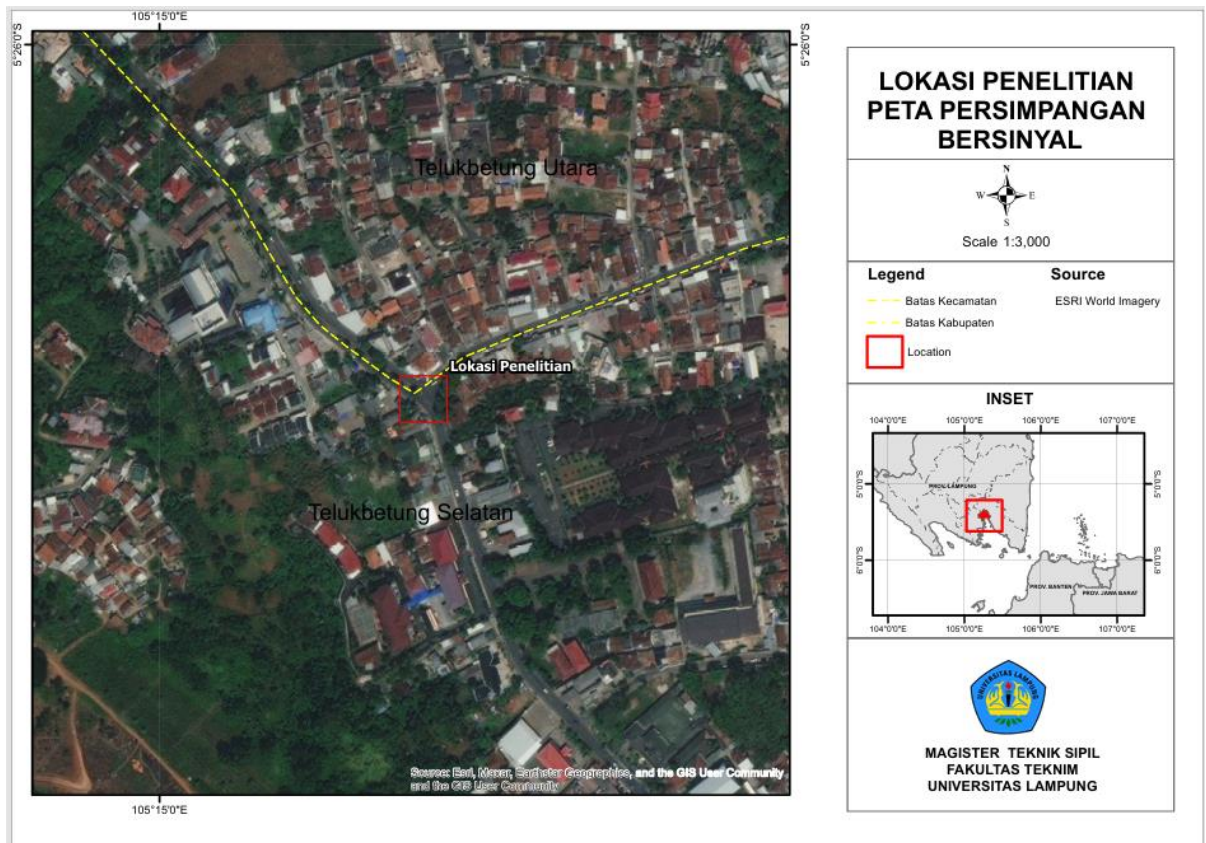
merupakan pedoman yang lebih relevan dengan lalu lintas saat ini khususnya dalam kawasan perkotaan.

2. Menggunakan Kombinasi Analisis Perhitungan Manual dan Simulasi
Penelitian yang dilakukan menggunakan kombinasi antara metode perhitungan manual (PKJI 2023) dan metode simulasi pergerakan secara visual dengan software PTV VISSIM yang belum banyak diterapkan secara bersamaan dalam analisis simpang bersinyal.
3. Berfokus Pada Skenario Rekaya Lalu Lintas Simpang Terbaik
Beberapa studi sebelumnya hanya berfokus pada evaluasi atau pengaturan ulang waktu siklus. Dalam penelitian yang dilakukan akan menggunakan beberapa skenario rekayasa lalu lintas pada simpang bersinyal yang bertujuan untuk mencari solusi terbaik yang bisa diterapkan berdasarkan dua metode yang digunakan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di simpang tiga bersinyal Jalan P. Emir Moh. Noer – Jalan Basuki Rahmat, Tanjung Karang Barat, Kota Teluk Betung Utara, Provinsi Lampung. Pelaksanaan survei pada penelitian ini dilakukan selama tiga hari yaitu pada hari senin, jumat dan sabtu pada saat jam sibuk yaitu pukul 06.00 – 08.00 WIB untuk pagi hari dan 16.00 – 18.00 WIB untuk sore hari



Gambar 7. Lokasi Penelitian

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan dua macam data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan survei langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi pemerintah seperti Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung. Pengumpulan data dilakukan dalam beberapa tahap seperti survei pendahuluan, survei lapangan dan studi literatur.

3.2.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan perlu dilakukan untuk mengamati lokasi penelitian, mencari informasi mengenai kondisi lapangan dan menentukan titik untuk proses pengamatan. Tujuan survei pendahuluan sebagai berikut :

1. Menentukan titik pengamatan dalam pelaksanaan survei lalu lintas.
2. Mengetahui resiko yang mungkin terjadi pada saat pengambilan data lapangan.
3. Melakukan pengamatan mengenai situasi kondisi jalan terdiri dari geometri jalan, aliran lalu lintas, dan lingkungan sekitar.

3.2.2 Pelaksanaan Survei Lapangan

Pengambilan data lapangan akan dilakukan dengan menempatkan 3 surveyor di titik lokasi yang telah dibagi menjadi 3 titik pengamatan sebagai berikut :

1. Titik pengamatan 1 pada ruas Jalan P. Emir Moh. Noer (Utara) dengan arus lalu lintas menuju ke dua arah yaitu : Jalan Basuki Rahmat (Timur) dan Jalan Basuki Rahmat (Selatan)
2. Titik pengamatan 2 pada ruas Jalan Basuki Rahmat (Timur) dengan arus lalu lintas menuju ke dua arah yaitu : Jalan P. Emir Moh Noer (Utara) dan Jalan Basuki Rahmat (Selatan)

3. Titik pengamatan 3 pada ruas Jalan Basuki Rahmat (Selatan) dengan arus lalu lintas menuju ke dua arah yaitu : Jalan P. Emir Moh Noer (Utara) dan Jalan Basuki Rahmat (Timur).



Gambar 8. Titik Penempatan Surveyor

3.2.3 Peralatan Penelitian

Dalam melakukan survei lapangan untuk keperluan pengambilan data primer diperlukan peralatan dalam pelaksanaannya sebagai berikut :

1. *Handphone*, untuk menentukan waktu interval awal dan akhir pada pengambilan data lalu lintas, selain itu digunakan untuk mengambil data lampu lalu lintas pada tiap lengan persimpangan, mengambil data volume lalu lintas dan pengambilan dokumentasi survei
2. *Roll meter*, untuk mengambil data geometrik simpang.
3. Perangkat komputer, untuk melakukan analisa data hasil survei

3.2.4 Jenis Data

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh di lapangan dengan cara pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Data primer yang dibutuhkan yaitu :

- Data geometrik jalan
Pengambilan data geometrik simpang dilakukan dengan mengukur lebar jalan, lebar lengan simpang, lebar pendekat, lebar arus masuk dan lebar arus keluar dengan menggunakan *roll meter*.
- Data volume lalu lintas
Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan pada saat jam sibuk yaitu dilakukan pukul 06.00 – 08.00 WIB untuk pagi hari dan 16.00 – 18.00 WIB untuk sore hari. Langkah awal yaitu dengan menentukan jenis kendaraan berdasarkan klasifikasi kendaraan yaitu sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP) dan kendaraan sedang (KS).
- Data siklus lampu lalu lintas
Pengambilan data siklus lampu lalu lintas dilakukan secara langsung ke lapangan menggunakan *stopwatch* untuk mengetahui waktu lampu lalu lintas pada setiap lengan persimpangan.

2. Data Sekunder

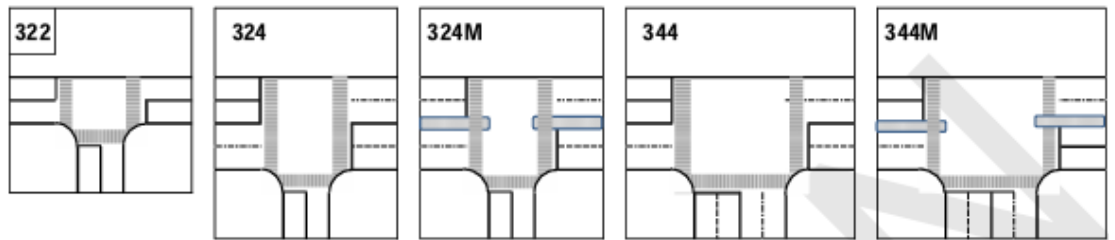
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi pemerintah terkait seperti data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandar Lampung yaitu data jumlah penduduk dan jumlah pengguna kendaraan bermotor Kota Bandar Lampung.

3.3 Perhitungan Kinerja Simpang Dengan Metode PKJI 2023

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia merupakan metode yang berbasis analisis dengan menggunakan formula untuk menghitung kapasitas dan kinerja pada jalan maupun pada persimpangan. Parameter yang digunakan pada PKJI dalam menentukan kriteria penilaian jalan dan persimpangan seperti volume lalu lintas, kapasitas ruas jalan atau persimpangan, panjang antrian, waktu tundaan yang akan menghasilkan nilai *Level Of Service* (LOS) pada sebuah jalan atau simpang yang dilakukan analisis.

3.3.1 Tipikal Simpang

Terdapat beberapa tipikal dan kode pada simpang khususnya pada simpang tiga berdasarkan tata letak lajur lalu lintas. Dengan adanya kode pada simpang akan memudahkan perencana dalam mengidentifikasi jenis simpang berdasarkan karakteristik lalu lintas.



Gambar 9. Tipikal dan Kode Simpang

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

Tabel 4. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Bersinyal

Kode Simpang	Jumlah Lengan	Jumlah Lajur Minor	Jumlah Lajur Mayor
322	3	2	2
324	3	2	4
422	4	2	2
424	4	2	4

3.3.2 Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Jumlah arus lalu lintas kendaraan yang masuk ke simpang dan masih dalam satuan kend/jam perlu dikonversikan menjadi smp/jam menggunakan nilai tetapan emp untuk simpang bersinyal berdasarkan tipe pendekat pada tiap lengan simpang.

Tabel 5. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Bersinyal

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
SM	0,15	0,40
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

Jumlah arus lalu lintas kendaraan yang masuk ke simpang dan masih dalam satuan kend/jam perlu dikonversikan menjadi smp/jam menggunakan nilai tetapan emp untuk simpang tak bersinyal berdasarkan jumlah Q_{Total} dari seluruh lengan pendekat.

Tabel 6. Nilai Ekivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Tak Bersinyal

Jenis Kendaraan	EMP	
	$Q_{Total} > 1000$	$Q_{Total} < 1000$
SM	0,2	0,50
MP	1,00	1,00
KS	1,80	1,30

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

3.3.3 Kapasitas Simpang

Kapasitas pada simpang yaitu volume maksimum kendaraan yang dapat memasuki simpang dalam satu jam dan dinyatakan dalam satuan smp/jam (PKJI 2023). Berikut merupakan tabel ketentuan kapasitas dasar pada simpang tiga tak bersinyal dan simpang berdasarkan PKJI 2023

Tabel 7. Kapasitas Dasar Simpang

Tipe Simpang	Kapasitas Dasar (C_0) (Smp/Jam)
322	2700
324	3200
344	3200
422	2900
424	3400

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

Kapasitas simpang pada simpang tak bersinyal dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang masuk dari seluruh lengan simpang yang ditentukan juga oleh faktor koreksi yang memperhitungkan kondisi lingkungan sekitar.

Berikut merupakan persamaan untuk menghitung kapasitas simpang :

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{RM_i} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- C_0 = Kapasitas Dasar Simpang (Smp/Jam)
- F_{LP} = Faktor Koreksi Lebar Rata-Rata Pendekat
- F_M = Faktor Koreksi Tipe Median
- F_{UK} = Faktor Koreksi Ukuran Kota
- F_{HS} = Faktor Koreksi Hambatan Samping
- F_{BK_i} = Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri
- F_{BK_a} = Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan
- F_{RM_i} = Faktor Koreksi Rasio Arus Dari Jalan Minor

Kapasitas simpang pada simpang bersinyal dihitung pada masing-masing pendekat atau sub-pendekat, lebar efektif (LE) ditetapkan dengan mempertimbangkan lebar pendekat pada bagian masuk dan pada bagian keluar simpang bersinyal yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas Simpang Bersinyal (smp/jam)
- J = Arus Jenuh (skr/jam)
- W_H = Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)
- s = waktu siklus (detik)

3.3.4 Rasio Arus

Rasio arus ($R_{Q/J}$) merupakan rasio arus maksimum pada mulut persimpangan jika lampu lalu lintas menyala pada kondisi hijau.

$$R_{Q/J} = \frac{Q}{J} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$R_{Q/J}$ = Rasio Arus Jenuh

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

J = Arus Jenuh

Rasio arus juga menentukan nilai rasio kendaraan belok kiri (RBKi) dan kendaraan belok kanan (RBKa) untuk masing-masing pendekat sebagai berikut :

$$RBKi = \frac{QBKi}{Q_{total}} \dots\dots\dots(4)$$

$$RBKa = \frac{QBKa}{Q_{total}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

$QBKi$ = Arus kendaraan pada lengan pendekat yang belok kiri

$QBKa$ = Arus kendaraan pada lengan pendekat yang belok kanan

Q_{total} = Arus kendaraan total pada satu lengan pendekat

Rasio arus jenuh (J) menentukan nilai kapasitas pada simpang bersinyal dan digunakan untuk menentukan nilai rasio arus ($R_{Q/J}$) berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai rasio arus jenuh :

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_G \times F_{UK} \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

J_0 = Arus Jenuh Dasar (Smp/Jam)

F_{HS} = Faktor Hambatan Sampung

F_G = Faktor Kelandaian

F_{UK} = Faktor Koreksi Ukuran Kota

F_P = Faktor Koreksi Jarak Parkir

F_{BKi} = Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

F_{BKa} = Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan

3.3.5 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus (s) merupakan indikator dari lampu sinyal yang ada pada lengan pendekat simpang dalam satu putaran penuh. Waktu hijau (W_H) merupakan waktu nyala lampu hijau lalu lintas pada lengan pendekat simpang. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu siklus simpang bersinyal :

$$s = \frac{(1,5 \times W_{hh} + 5)}{1 - \sum R_{Q/J} / \text{kritis}} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

s = Waktu Siklus (Detik)

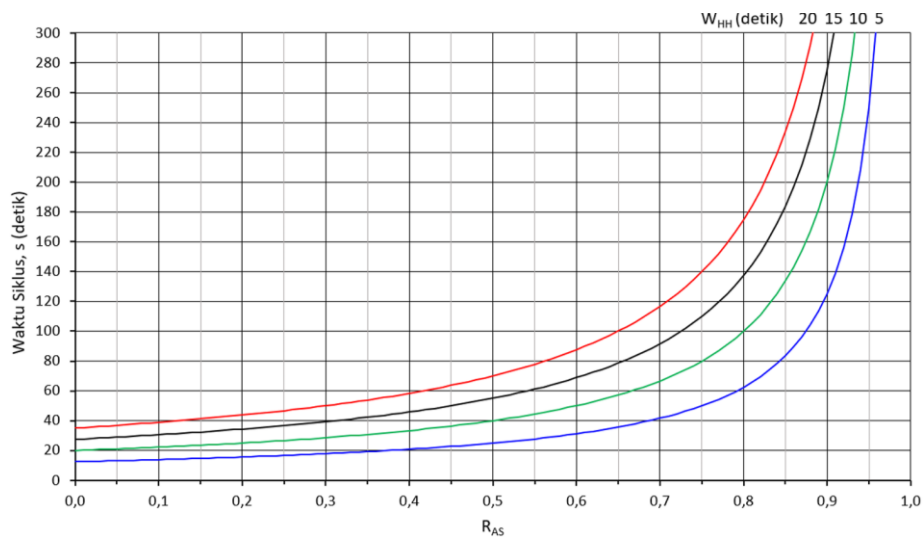
W_{HH} = Waktu Hijau Hilang (Detik)

R_{Q/J} = Rasio Arus Jenuh

Tabel 8. Penetapan Waktu Siklus Berdasarkan Fase Menurut PKJI 2023

Tipe Pengaturan Fase	Waktu Siklus Yang Layak (Detik)
Pengaturan Dua Fase	40-80
Pengaturan Tiga Fase	50-100
Pengaturan Empat Fase	80-130

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023



Gambar 10. Penetapan Waktu Siklus Koreksi

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

Perhitungan waktu hijau untuk tiap fase lengan pendekat

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{Q/J \text{ kritis}}}{\sum_i (R_{Q/J \text{ kritis}})_i} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

W_{Hi} = Waktu Hijau Pada Fase Ke i

i = Indeks untuk fase ke i

$R_{Q/J \text{ Kritis}}$ = Nilai tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{Q/J \text{ kritis}}$ = Rasio arus simpang atau jumlah semua $R_{Q/J \text{ kritis}}$ dari semua fase pada fase ke i

3.3.6 Derajat Kejenuhan

Dalam PKJI (2023), analisis kapasitas untuk simpang bersinyal yang akan ditingkatkan harus mempertahankan nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,85 dan. mempertimbangkan dampaknya terhadap keselamatan dan kelancaran lalu lintas.

$$D_j = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

D_j = Derajat kejenuhan

Q = adalah semua arus lalu lintas yang masuk simpang smp/jam

C = Kapasitas Simpang (Smp/Jam)

Tabel 9. Indikator Tingkat Pelayanan Berdasarkan Derajat Kejenuhan

Tingkat Pelayanan	Derajat Kejenuhan (Dj)	Keterangan
A	0-0,2	Baik Sekali
B	0,21-0,44	Baik
C	0,45-0,74	Sedang
D	0,75-0,84	Kurang
E	0,85-1	Buruk
F	>1	Buruk Sekali

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 96 Tahun 2015

3.3.7 Panjang Antrian dan Peluang Antrian

Panjang antrian menggambarkan total panjang kendaraan yang berhenti pada suatu pendekatan dan dinyatakan dalam satuan meter. Rata-rata jumlah kendaraan (smp) yang membentuk antrian pada awal fase hijau (NQ) dihitung berdasarkan akumulasi kendaraan yang tidak sempat melewati simpang pada fase hijau sebelumnya (NQ₁), ditambah dengan kendaraan yang datang selama fase merah dan turut berhenti membentuk antrian (NQ₂).

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \dots\dots\dots(10)$$

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left\{ (Dj - 1)^2 + \sqrt{(Dj - 1) + \frac{8 \times (Dj - 0,5)}{c}} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

$$N_{Q2} = c \times \frac{(1 - Rh)}{(1 - Rh \times Dj)} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(12)$$

Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian NQ (smp) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (emp) yaitu 20m², dibagi lebar masuk

$$PA = N_Q \times \frac{20}{LM} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

PA = Panjang Antrian

NQ = Jumlah Kendaraan Terhenti

LM = Lebar Masuk (m)

Peluang antrian pada simpang tak bersinyal merupakan kemungkinan terjadinya penumpukan kendaraan akibat keterbatasan kesempatan untuk melakukan pergerakan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya peluang antrian berdasarkan PKJI 2023

$$\text{Batas atas peluang} : PA = 47,71Dj - 24,68Dj^2 + 56,47Dj^3$$

$$\text{Batas bawah peluang} : PA = 9,02Dj + 20,66Dj^2 + 10,49Dj^3$$

3.3.8 Tundaan

Tundaan merupakan rata-rata waktu tunggu kendaraan yang masyj dalam pendekat. Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal yaitu tundaan lalu lintas (TL) dan tundaan geometrik (TG).

1. Tundaan Pada Simpang Tak Bersinyal

Tundaan Lalu Lintas

$$(T_{LL}) = \frac{1,0504}{(0,2742-0,2042Dj)} - (1-Dj)^2 \dots\dots\dots(14)$$

Tundaan Lalu Lintas Mayor

$$(T_{LLMA}) = \frac{1,0503}{(0,3460-0,2460Dj)} - (1-Dj)^{1,8} \dots\dots\dots(15)$$

Tundaan Lalu Lintas Minor

$$(T_{LLMi}) = \frac{Q_{tot} \times T_{LL} \times Q_{ma} \times T_{LLma}}{Q_{mi}} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

Q_{ma} : Arus kendaraan bermotor yang masuk dari jalan mayor (smp/jam)

Q_{mi} : Arus kendaraan bermotor dari jalan minor (smp/jam)

Q_{tot} : Arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang (smp/jam)

Tundaan Geometri

$$(TG) = (1-DJ) \times \{6 R_B + 3 (1 - R_B)\} + 4 DJ \dots\dots\dots(17)$$

R_B : Rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor pada tiap lengan pendekat simpang

2. Tundaan Pada Simpang Bersinyal

Tundaan Lalu Lintas

$$(T_L) = s \times \frac{0,5 \times (1-RKH)^2}{(1- RKH \times Dj)} + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots(18)$$

Tundaan Geometri

$$(TG) = (1 - RKH) \times PB \times 6 + (RKH \times 4) \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan :

s = waktu siklus (detik)

$NQ1$ = Jumlah kendaraan tersisa dari fase sebelumnya

RKH = Rasio Kendaraan Henti

PB = Porsi Kendaraan Membelok Pada Suatu Pendekat

Tabel 10. Indikator Tingkat Pelayanan Berdasarkan Nilai Tundaan Simpang

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	<5	Baik Sekali
B	5,1-15	Baik
C	15,1-25	Sedang
D	25,1-40	Kurang
E	40,1-60	Buruk
F	>60	Buruk Sekali

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 96 Tahun 2015

3.3.9 Faktor Ukuran Kota

Faktor ukuran kota pada simpang merupakan salah satu variabel penyesuaian dalam analisis kapasitas lalu lintas yang digunakan sebagai nilai koreksi terhadap kapasitas dasar pendekat simpang.

Tabel 11. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})

Jumlah Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})
> 3.0	1.05
1.0 – 3.0	1.00
0.5 – 1.0	0.94
0.1 – 0.5	0.83
< 0.1	0.82

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023

3.4 Tahapan Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil survei lapangan kemudian dilakukan analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2023 (PKJI 2023) dan aplikasi *software* PTV VISSIM untuk mengetahui kondisi kinerja simpang tiga bersinyal yang diamati. Berikut merupakan tahapan analisis data yang dilakukan untuk melakukan analisis kinerja pada simpang bersinyal :

1. Pengolahan Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh melalui survei lalu lintas harian pada masing-masing lengan simpang. Volume dinyatakan dalam satuan smp/jam (satuan mobil penumpang) dengan menggunakan interval waktu selama 5 menit pada tiap pengambilan data kendaraan. Setelah itu, volume kendaraan dihitung kembali dengan waktu per jam dalam satu interval kemudian digambarkan dalam bentuk grafik guna mengetahui pergerakan arus volume lalu lintas kendaraan.

2. Melakukan Perhitungan Kapasitas Simpang Bersinyal

Tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan kapasitas pada simpang bersinyal. Perhitungan kapasitas simpang bersinyal meliputi perhitungan rasio belok kanan, rasio belok kiri, rasio arus jenuh, rasio fase, kapasitas simpang dan derajat kejenuhan. Setelah perhitungan kapasitas simpang selesai dilakukan dapat dilanjutkan dengan menentukan nilai *Level Of Service* (LOS) berdasarkan nilai derajat kejenuhan pada tiap lengan pendekat simpang

3. Melakukan Perhitungan Kinerja Simpang Bersinyal

Perhitungan kinerja simpang bersinyal meliputi perhitungan rasio kendaraan berhenti, panjang antrian dan tundaan pada tiap lengan simpang. Pada tahap ini dapat menentukan nilai kinerja simpang bersinyal berdasarkan nilai tundaan pada tiap lengan pendekat simpang dan tundaan rata-rata pada simpang bersinyal dan menentukan apakah simpang bersinyal dalam kondisi eksisting masih layak untuk dioperasikan atau sudah memerlukan perubahan desain baik dari kondisi sinyal lalu lintas dan geometri simpang.

4. Melakukan Simulasi Visual Dengan *Software* PTV VISSIM

Simulasi visual dengan menggunakan PTV VISSIM bertujuan untuk mengetahui pergerakan kendaraan berdasarkan data volume kendaraan yang diperoleh dari hasil survei lapangan. Untuk melakukan simulasi dengan PTV VISSIM diperlukan input pada parameter yang dibutuhkan seperti geometri simpang, data volume kendaraan, klasifikasi kendaraan dan data sinyal lalu lintas pada simpang bersinyal.

Setelah memasukkan (input) parameter yang dibutuhkan maka diperoleh hasil:

- *Movement* (Pergerakan).
- *QLen* (Panjang antrian rata-rata (m)).
- *QLenMax* (Panjang antrian maksimum (m)).
- *Vehs (All)* (Jumlah kendaraan yang lewat saat simulasi (unit)).
- *VehDelay* (Tundaan kendaraan (detik)).
- *Level Of Service (LOS)* Tingkat Pelayanan

Setelah dilakukan simulasi visual menggunakan PTV VISSIM, hasil simulasi perlu dilakukan uji nilai dengan menggunakan metode GEH.

Pengujian nilai GEH (Geoffrey E. Havers) bertujuan untuk mengecek kesesuaian data yang dihasilkan oleh pemodelan pada aplikasi PTV VISSIM yang berupa perbandingan data volume lalu lintas hasil survey lapangan dengan data volume lalu lintas hasil simulasi pada PTV VISSIM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M-C)^2}{(M+C)}} \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan :

M = Jumlah kendaraan yang dihitung oleh software PTV VISSIM.

C = Data volume arus lalu lintas pada survei lapangan

Tabel 12. Keterangan Nilai Uji *GEH*

Nilai GEH	Keterangan
< 5,0	Nilai Uji GEH Diterima
5,0 – 10,0	Warning, Terdapat Error Pada Data
>10,0	Nilai Uji GEH Ditolak

Sumber : Romadhona, J.P. (2019)

5. Melakukan Perubahan Skenario Alternatif Pada Simpang

Pengaturan skenario alternatif pada simpang bersinyal bertujuan untuk memberikan rekomendasi terbaik sesuai dengan kondisi simpang berdasarkan data volume lalu lintas dan kondisi geometri pada simpang.

3.5 Alternatif Skenario Perbaikan Simpang Bersinyal

3.5.1 Optimalisasi Waktu Sinyal (*Signal Timing Optimization*)

Pengaturan ulang waktu sinyal merupakan langkah awal yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan di simpang. Penyesuaian ini mencakup pembagian waktu hijau, merah, dan kuning berdasarkan volume lalu lintas yang diperoleh melalui survei lapangan pada masing-masing lengan simpang. Dengan mengacu pada data derajat kejenuhan dan panjang antrian, pengaturan sinyal dapat mengurangi tundaan dan mempercepat pergerakan arus lalu lintas, khususnya pada jam puncak.

3.5.2 Pemberlakuan Simpang Tak Bersinyal

Penerapan skenario simpang tak bersinyal digunakan untuk menilai apakah penghapusan sistem sinyal dapat memberikan peningkatan terhadap parameter kinerja seperti tundaan rata-rata, panjang antrian, serta derajat kejenuhan. Tujuan utama dari penerapan skenario ini adalah untuk menguji kemungkinan terjadinya aliran lalu lintas yang lebih alami dan efisien melalui pendekatan prioritas kendaraan.

3.5.3 Penerapan Belok Kiri Jalan Terus (BKijT)

Penerapan lajur belok kiri jalan terus dapat menjadi alternatif yang efektif. Lajur tersebut memungkinkan kendaraan untuk terus bergerak tanpa menunggu lampu hijau, selama tidak ada kendaraan dari arah berlawanan atau pejalan kaki yang melintas. Penerapan jalur ini perlu didukung dengan rambu dan marka jalan yang jelas.

3.5.4 Perubahan Manajemen Simpang Bersinyal

Manajemen lalu lintas pada simpang tiga bersinyal memegang peranan penting dalam menjamin kelancaran pergerakan kendaraan, keselamatan pengguna jalan, dan efisiensi sistem transportasi di kawasan perkotaan. Perbaikan manajemen simpang dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan teknis berikut ini.

1. Melakukan Penyesuaian Fase dan Waktu Siklus Sinyal

Langkah utama dalam perbaikan manajemen simpang adalah melakukan penyesuaian fase sinyal lalu lintas berdasarkan volume kendaraan pada masing-masing lengan simpang. Penyesuaian ini dapat dilakukan dengan menghitung ulang waktu siklus optimal menggunakan metode PKJI 2023.

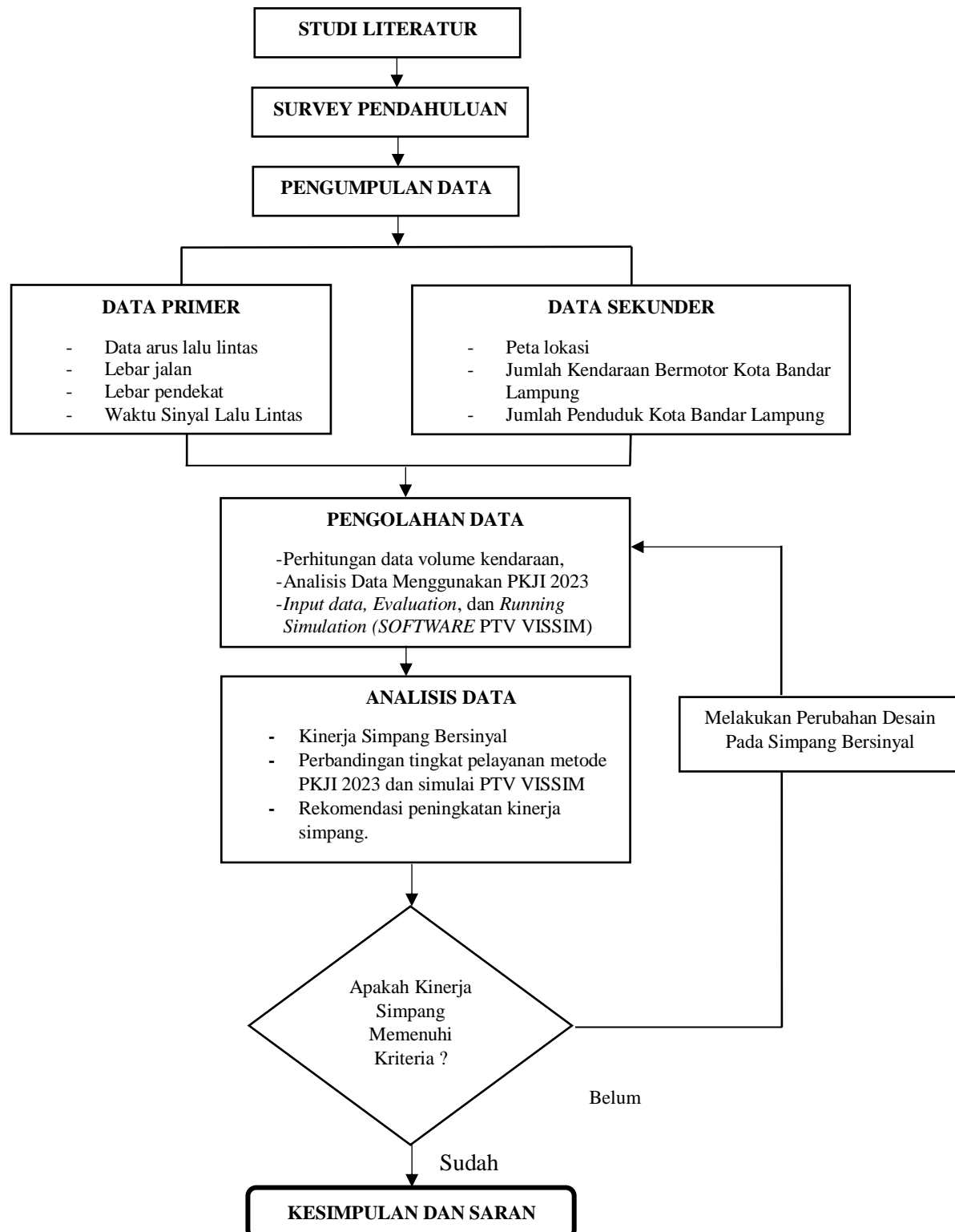
2. Melakukan Perbaikan Desain Geometrik Simpang

Geometrik simpang yang sempit atau tidak proporsional dapat menyebabkan hambatan dalam manuver kendaraan, terutama saat belok atau berganti arah. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan desain geometri simpang, seperti pelebaran lengan masuk, penambahan lajur khusus belok kiri atau kanan. Perbaikan ini akan mengurangi konflik antar kendaraan, mempercepat manuver, dan mengurangi tundaan secara keseluruhan.

3. Melakukan Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Pasca Perubahan Desain

Evaluasi kinerja simpang bersinyal dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan utama, yaitu menggunakan metode perhitungan manual dengan PKJI 2023 dan simulasi *software* PTV VISSIM. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh hasil evaluasi yang detail, baik dari sisi analisis teknis secara teoritis maupun representasi perilaku lalu lintas secara dinamis berdasarkan hasil simulasi.

3.6 Diagram Alir (Flow Chart)



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis data yang dilakukan dengan metode PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM untuk mengetahui kinerja dan tingkat pelayanan pada simpang bersinyal didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Volume arus lalu lintas tertinggi pada saat jam sibuk terjadi pada hari jumat saat waktu pengamatan pagi hari khususnya pukul 07.00 – 08.00 WIB dengan total volume arus lalu lintas kendaraan sebesar 2409 smp/jam.
2. Hasil analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting dengan metode PKJI 2023 didapatkan nilai tundaan tertinggi pada lengan pendekat utara (Jalan P. Emir Moh Noer) yaitu sebesar 93,56 Det/Smp dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 77,41 Det/Smp (LOS F). Selain itu, dengan menggunakan software PTV VISSIM didapatkan nilai tundaan tertinggi pada lengan pendekat utara sebesar 91,06 Det/Kend dengan tundaan rata-rata pada simpang 76,71 Det/Kend (LOS F). Kondisi tersebut disebabkan oleh waktu siklus simpang yang sudah relevan dengan keadaan lalu lintas sekarang dan tingginya volume lalu lintas.
3. Berdasarkan hasil uji coba beberapa skenario alternatif untuk meningkatkan kinerja pada simpang, didapatkan skenario terbaik untuk mengurangi permasalahan pada simpang yaitu skenario 4 dengan melakukan perubahan manajemen simpang yang awalnya menggunakan sinyal lalu lintas menjadi tidak menggunakan sinyal lalu lintas atau simpang tak bersinyal. Perubahan pada skenario tersebut mengakibatkan penurunan nilai tundaan yang cukup signifikan, dimana pada kondisi eksisting nilai tundaan simpang sebesar 93,56 Det/Smp (LOS F) menjadi 13,86 (LOS B) Det/Smp dengan menggunakan skenario 4.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari analisis data yang dilakukan dengan metode PKJI 2023 dan Software PTV VISSIM untuk mengetahui kinerja dan tingkat pelayanan pada simpang bersinyal terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Melakukan perubahan manajemen simpang khususnya tidak menggunakan sinyal lalu lintas.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, skenario terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu dengan tidak memberlakukan sinyal lalu lintas pada simpang atau melakukan perubahan menjadi simpang tak bersinyal.

2. Melakukan pemasangan kamera CCTV dan pemberlakuan tilang elektronik.

Pemasangan kamera CCTV dan pemberlakuan tilang elektronik bertujuan untuk meningkatkan ketertiban disekitar area simpang dan mengurangi resiko terjadinya kecelakaan apabila diberlakukan penerapan sanksi bagi pelanggar lalu lintas.

3. Melakukan evaluasi kinerja simpang secara berkala.

Evaluasi lanjutan sebaiknya dilakukan secara berkala untk mengetahui perubahan arus lalu lintas dan melakukan evaluasi terkait kebijakan yang diterapkan masih layak atau tidak untuk dipertahankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. 2024. *Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung Tahun 2024*. Lampung
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. 2024. *Jumlah Pengguna Kendaraan Bermotor Kota Bandar Lampung Tahun 2023*. Lampung
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2023. *Kapasitas Jalan Perkotaan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)* .Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2023. *Kapasitas Simpang Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)* .Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2023. *Kapasitas Simpang APILL Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)* .Jakarta
- Kementerian PUPR R.I. (2023). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2023 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan.
- Pascha, T., Herianto, D., Ofrial, S. A. M. P., & Sulityorini R. (2024). Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jalan Panglima Polim – Jalan Pagar Alam Kota Bandar Lampung. *Jurnal Momen*, 07(01), 20-26.
- Putra, F. A., Herianto, D., Putra, S., & Sulistyorini, R. (2024). Analisis Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal Jalan Lintas Barat Sumatera (Studi Kasus Jalan Ahmad Yani – Jalan Pemuda Pringsewu). *Jurnal Momen*, 07(01), 27-35.
- Sarwoko, I., Widodo, S., & Mulki, G. Z. (2017). Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Pada Simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Daya Nasional Di Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 1-9.
- Ricardianto, P., Sufriyano, S., Suryobuwono, A.A., Handayani, S., & Widiyanto, P. (2024). Rekayasa Lalu Lintas Pada Simpang Empat Plaza Ratahan di Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Transportasi Darat*, 25(2) , 115-129.
- Hartono. 2021. Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas pada Simpang 3 (Tiga) T Bersinyal (Studi Kasus : Jembatan Ngujang – Jalan Raya Ngantru Kabupat Tulungagung. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, Vol. 23 no. 2. Hal 204-216.
- Prayitno, E.A., Abidin, Z., Hudam M. (2019) . Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden – Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014. *Ge-STREAM Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 02(01).

- Sholahudin, F., & Rivi., A. G. (2020). Analisis Simpang Bersinyal Pada Simpang 4 Jl. Simpang Kota Tasikmalaya. *Ge-STREAM Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 03(02), 70-75.
- Mamu, I., Kadir, Y., & Patutim I. M. (2021). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan J.A Katili – Jalan Tondano – Jalan Madura Dengan Metode PKJI.. *Composite Journal*, 1(1), 9-16. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Rahadiyan, A. P. (2018). Analisis Antrian dan Tundaan Kendaraan Pada Simpang Tiga Bersinyal Jalan Raya Pekayon. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Reddy, R., Almeida, L., Santos, P. (2023). *Waiting Time Analysis For A Network Of Signalized Intersections*. *Procedia Computer Science* 503-510. Porto. Portugal.
- Guo, R., Liu, J., Zhao, Q. (2021). *Signal Timing and Geometric Design At Contraflow Left Turn Lane Intersections*. *International Journal Of Transportation Science And Technology* 619-635. Shanghai. China
- Ofyar Z Tamin. 2008. *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Romadhona., J. P., Ikhsan, T. N., Prasetyo., D. (2019). Aplikasi Permodelan Lalu Lintas PTV VISSIM 9.0. *UII Press*. Yogyakarta.
- Zulfikar A.A, et al. 2020. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM (Studi Kasus Simpang Menukan Yogyakarta)*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Menteri Perhubungan RI. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekaya Lalu Lintas. Jakarta
- Song, Y., Chitturi, V.M., Bremer, W.F. (2022). *Review of United States research and guidelines of left turn lane offset : Unsignalized intersections and signalized intersections with permitted left turns*. *Journal Of Traffic And Transportation Engineering*, 9(4), 556-570. China
- Cakici, Z., Aksoy, G. (2024). *Does the minimization of the average vehicle delay and the minimization of the average number of stops mean the same at signalized intersection?*. *International Journal Of Transportation Science & Technology* 213-228. Shanghai. China
- Fazahudiya, K., Irawan, M.Z., Dewanti. 2024. *Evaluasi Panjang Antrian Simpang Bersinyal Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)*. *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur*. Yogyakarta.

- Nemers, E., Boy, W. 2024. Analisis Konflik Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus : Simpang 3 Parak Gadang, Kota Padang). *Jurnal Riset dan Inovasi Teknologi* (04) (02)
- Artiani, G.P. 2024. Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Sebagai Acuan Perencanaan Jalan Untuk Meningkatkan Keselamatan. *Jurnal Forum Mekanika*. (05) (02), 1-72
- Agustina, Z., Dewi, I., Rahayu, T. 2022. Hubungan Jarak, Waktu, Kecepatan dan Volume Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Karya Di Kota Medan. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Wibowo, M.R.A. 2023. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Pada Ruas Jalan Menur Pumpungan – Jalan Manyar Indah Raya – Jalan Manyar Tirtoyoso di Kota Surabaya Dengan Metode PKJI 2014. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*. (01) (03), 278-190.