

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS : JL. SULTAN AGUNG - JL. KI MAJA)**

(SKRIPSI)

Oleh
AFAF AMIRAH ASY SHABIRAH
NPM 2215011026



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS : JL. SULTAN AGUNG - JL. KI MAJA)**

Oleh:

AFAF AMIRAH ASY SHABIRAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**JURUSAN TEKNIK SIPIL Fakultas
Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS : JL. SULTAN AGUNG - JL. KI MAJA)

Oleh

AFAF AMIRAH ASY SHABIRAH

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu permasalahan di Kota Bandar Lampung, khususnya pada simpang bersinyal dengan volume lalu lintas tinggi. Salah satu simpang yang sering mengalami kemacetan adalah Simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja di Kecamatan Way Halim. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal berdasarkan parameter derajat kejemuhan (D_J), tundaan rata-rata, panjang antrean, dan tingkat pelayanan (*Level of Service/LoS*), serta menyusun usulan rekayasa lalu lintas guna meningkatkan kinerja simpang. Metode analisis yang digunakan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023. Hasil analisis kondisi eksisting menunjukkan bahwa pendekat Selatan dan Timur memiliki kinerja terburuk dengan tingkat pelayanan F, nilai D_J masing-masing sebesar 1,17 dan 1,08, serta tundaan dan panjang antrean yang tinggi. Proyeksi kinerja lima tahun mendatang menunjukkan penurunan kinerja yang lebih signifikan apabila tidak dilakukan penanganan. Usulan rekayasa lalu lintas yang diberikan meliputi optimasi waktu siklus sinyal pada periode sekarang dan mendatang, serta perubahan desain geometrik jalan yang dikombinasikan dengan pengaturan ulang waktu sinyal. Usulan tersebut diharapkan mampu menurunkan tingkat kejemuhan, mengurangi tundaan dan antrean, serta meningkatkan tingkat pelayanan simpang.

Kata kunci: Simpang Bersinyal, Kinerja Simpang, PKJI 2023, Rekayasa Lalu Lintas, Tingkat Pelayanan

ABSTRACT

ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS : JL. SULTAN AGUNG - JL. KI MAJA)

By

AFAF AMIRAH ASY SHABIRAH

Traffic congestion is one of the major problems in Bandar Lampung City, particularly at signalized intersections with high traffic volumes. One intersection that frequently experiences congestion is the Sultan Agung Street–Ki Maja Street Intersection in Way Halim District. This study aims to analyze the performance of the signalized intersection based on the degree of saturation (D_J), average delay, queue length, and level of service (LoS), as well as to propose traffic engineering measures to improve intersection performance. The analysis method refers to the Indonesian Road Capacity Guidelines 2023. The results of the existing condition analysis indicate that the south and east approaches have the poorest performance, operating at Level of Service F, with D_J values of 1.17 and 1.08, respectively, accompanied by high delays and long queue lengths. The five-year performance projection shows a more significant decline in intersection performance if no improvements are implemented. The proposed traffic engineering measures include signal cycle time optimization for current and future conditions, as well as geometric road design improvements combined with signal timing adjustments. These measures are expected to reduce saturation levels, minimize delays and queue lengths, and improve the overall level of service of the intersection.

Keywords: *Signalized Intersection, Intersection Performance, PKJI 2023, Traffic Engineering, Level of Service*

**: ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS : JL. SULTAN AGUNG - JL. KI MAJA)**

Judul Skripsi

Nama Mahasiswa

Nomor Pokok Mahasiswa : 2215011026

Program Studi

Fakultas

Teknik Sipil

Teknik



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

NIP 19720829 199802 1 001

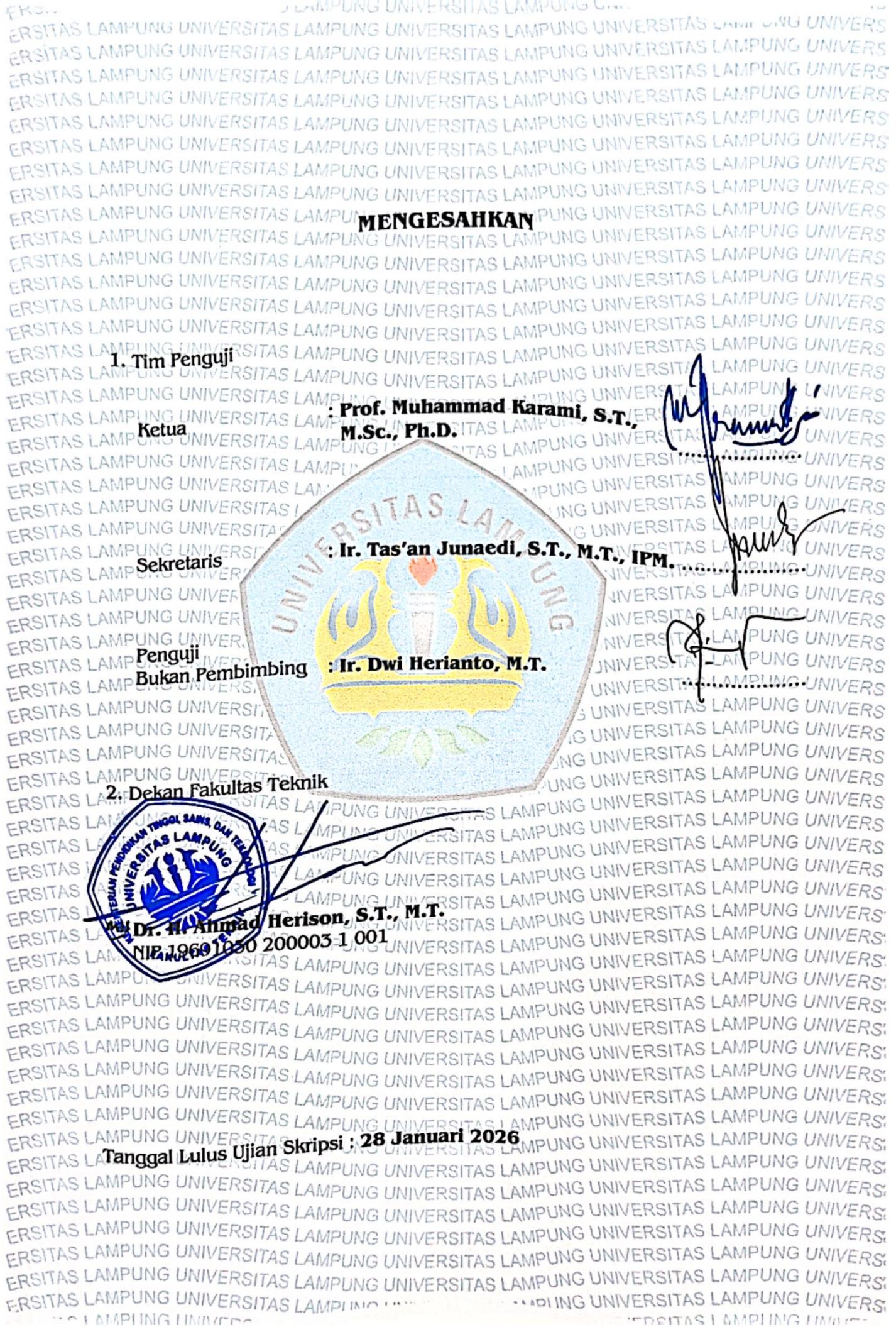
**Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T., IPM,
NIP 19710724 200003 1 001**

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

**Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002**

3. Ketua Prodi Teknik Sipil

**Dr. Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225 200501 1 003**



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afaf Amirah Asy Shabirah

Nomor Pokok Mahasiswa : 2215011026

Program Studi : S1 Teknik Sipil

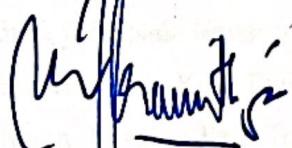
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jl. Sultan Agung - Jl. Ki Maja)”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Ide penelitian ini didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu hak atas data penelitian berada pada saya dan Pembimbing I, Prof. Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 -Januari - 2026

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Skripsi



Prof. Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197208291998021001

Mahasiswa



37A35ANX269031830

Afaf Amirah Asy Shabirah
NPM. 2215011026

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada tanggal 16 April 2003. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, Putri dari Bapak Sambodi Alamsyah dan Ibu Sri Ariani, serta memiliki 1 saudari perempuan, dan 1 saudara laki-laki yang bernama Afifah Nur Khoirunnisa, dan Muhammad Ali Aziz Arrafi.

Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Bustanul Ulum, Lampung Tengah yang diselesaikan pada tahun 2010, lalu dilanjutkan Pendidikan Tingkat Dasar di SD Negeri 1 Poncowati, Lampung Tengah yang diselesaikan pada tahun 2016, lalu dilanjutkan Pendidikan Tingkat Pertama di SMP Negeri 1 Terbanggi Besar, Lampung Tengah yang diselesaikan pada tahun 2019, dan dilanjutkan Pendidikan Menengah Atas di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar, Lampung Tengah yang diselesaikan pada tahun 2022. Kemudian, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2022. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai Anggota Departemen Kesekretariatan pada periode 2024-2025.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Rama Dewa, Kecamatan Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung selamat 40 hari, yaitu pada Januari - Februari 2025. Kemudian, pada Mei – Agustus 2025 penulis melaksanakan Kerja Praktik pada Proyek Penanganan *Long Segment* Ruas Sp. Tugu Radin Intan – Exit Toll Kalianda (R.077), Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Mulai pada tahun 2025 juga, penulis melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jl. Sultan Agung - Jl. Ki Maja)” sebagai tugas akhir dan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilalamun, saya ucapkan syukur atas karunia-mu. Akhirnya saya dapat menyelesaikan karya yang semoga menjadikan saya insan yang berguna, bermanfaat dan bermartabat.

Saya persembahkan karya sederhana ini untuk kedua orangtua saya yang sangat saya cintai, yang telah merawat dan memberikan dukungan materi serta moril dan spiritual. Terima kasih untuk kesabarannya dalam membimbing dan memberikan arahan serta nasihat yang berguna.

Untuk Adik-adik saya yang selalu mensupport selama masa kuliah saya.

Untuk sahabat-sahabat yang telah mendukung dan telah menjadi tempat untuk berbagi cerita dan tempat berkeluh kesah selama masa kuliah saya.

Terima kasih untuk para dosen yang tak hentinya memberikan ilmu pengetahuan, arahan serta bimbingannya. Terima kasih untuk teman-teman keluarga besar serta sahabatku Angkatan 2022 atas dukungannya dalam proses yang sangat panjang ini.

Menemani perjalanan kuliah dari awal hingga akhir studi. Banyak kenangan yang telah kita lalui bersama.

Dan Skripsi ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri, sebagai bukti usaha dan kerja keras saya dalam menyelesaikan studi ini.

MOTTO

“Karena sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S. Al-Insyirah: 5–6)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”

(Boy Chandra)

“do your best, and god will do the rest”

“aku membahayakan nyawa ibuku untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya”

SANWACANA

Atas berkat rahmat hidayat Allah SWT. dengan mengucapkan puji syukur Alhamdulillah, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jl. Sultan Agung - Jl. Ki Maja)” sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. Pada penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M, selaku Rektor Universitas Lampung sekaligus Dosen Teknik Sipil.
2. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan dan dalam proses penyelesaian skripsi. Diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengetahuan, ide, inspirasi, dan petunjuk yang sangat berharga, khususnya dalam proses penyelesaian skripsi ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih atas kebaikan hati, pemahaman, dan kesabaran yang telah diberikan selama proses penulisan ini. Saya berharap semua kebaikan yang telah Bapak berikan akan selalu membawa berkah bagi Bapak dan seluruh keluarga.
5. Bapak Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dukungannya dalam proses penyelesaian skripsi. Diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengetahuan, ide, inspirasi, dan petunjuk yang sangat berharga, khususnya dalam proses penyelesaian skripsi ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih atas kebaikan hati, pemahaman, dan kesabaran yang telah diberikan selama proses penulisan ini. Saya berharap semua kebaikan

yang telah Bapak berikan akan selalu membawa berkah bagi Bapak dan seluruh keluarga.

6. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku Dosen Pengaji yang selalu mampu memberikan pengetahuan baru, masukan, serta kritik dan saran yang sangat bermanfaat baik dalam proses perkuliahan maupun dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan Ibu akan selalu membawa keberkahan bagi Ibu dan Keluarga.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang sudah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat dalam proses pembelajaran agar lebih baik kedepannya.
8. Ayahku tersayang Sambodi Alamsyah, Terima kasih atas keteguhan, kerja keras, dan ketulusan yang senantiasa Ayah tunjukkan dalam setiap peran yang dijalani. Dalam diam dan kesederhanaan, Ayah mengajarkan arti tanggung jawab, kejujuran, dan kekuatan untuk terus melangkah tanpa banyak keluhan. Dukungan yang Ayah berikan, baik secara nyata maupun melalui doa yang tak pernah terucap, menjadi fondasi yang menguatkan penulis hingga mampu menuntaskan perjalanan akademik ini. Sosok Ayah adalah teladan tentang bagaimana keteguhan hati dapat menjadi sumber kekuatan bagi keluarga.
9. Ibuku tercinta Sri Ariani, Terima kasih atas kasih yang tak bersyarat, doa yang tak pernah terputus, dan ketulusan yang selalu menyertai setiap langkah penulis. Ibu adalah sumber inspirasi utama, yang melalui kesabaran, pengorbanan, dan keikhlasan, mengajarkan makna cinta yang sesungguhnya. Setiap nasihat, perhatian, dan doa yang Ibu panjatkan menjadi Cahaya yang menenangkan hati penulis dan menumbuhkan keberanian untuk terus berproses. Skripsi ini adalah bagian kecil dari rasa hormat dan terima kasih penulis atas peran Ibu sebagai penopang dan penguat dalam perjalanan hidup dan pendidikan penulis.
10. Untuk Afifah Nur Khoirunnisa dan M. Ali Aziz Arrafi, adik-adik tercinta, terima kasih telah menjadi pengingat tentang arti tanggung jawab dan keteladanan bagi penulis sebagai anak pertama. Keberadaan kalian mengajarkan penulis untuk terus belajar bersabar, menguatkan diri, dan berusaha menjadi contoh yang baik dalam setiap langkah. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai salah satu bukti bahwa kakakmu memilih untuk terus

melangkah dengan sungguh-sungguh. Namun perjuangan ini tidak berhenti sampai di sini; masih banyak doa, harapan, dan jalan panjang yang harus ditempuh agar kelak kakakmu dapat tumbuh menjadi pribadi yang lebih baik, kuat, dan layak menjadi tempat bersandar serta teladan dalam meraih masa depan kalian.

11. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Daffa Zakky terimakasih banyak telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya tulis ini, baik tenaga, materi, maupun waktu kepada penulis. Sudah selalu mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, menyaksikan setiap tangisan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Teman-Teman Syintiana, Tarisa, Dita, Dhea, Belani, Oji, dan Bila, selaku teman-teman penulis, terima kasih atas ketulusan, waktu, dan tenaga yang telah diberikan dalam membantu penulis selama proses survei dan pengambilan data. Kehadiran kalian bukan sekadar membantu secara teknis, tetapi juga menghadirkan semangat, kebersamaan, dan rasa saling menguatkan di setiap proses yang dijalani. Dukungan yang tulus dan kerja sama yang terjalin menjadi bagian penting dalam tersusunnya skripsi ini, serta akan selalu penulis kenang sebagai bagian berharga dari perjalanan akademik ini.
13. Novia, Sopa, Happy, Farich, dan Fatir, selaku teman-teman SMP dan SMA penulis, yang telah menjadi bagian dari perjalanan panjang sebelum hingga penulis berada di titik ini. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan kehadiran yang tetap terjaga meski waktu dan jarak terus berjalan. Kalian adalah saksi proses tumbuh, belajar, dan bertahan, serta pengingat bahwa setiap langkah yang ditempuh hari ini tidak terlepas dari cerita dan ikatan yang terbangun sejak masa lalu.
14. Keluarga besar angkatan 2022 (TEGAS) yang menemani, memberikan semangat, dan dukungan yang luar biasa dalam proses penyelesaian skripsi. Terima kasih kita sudah bertahan dan menjalani kehidupan skripsi yang menyenangkan ini. Semoga usai dari studi ini kita semua bisa mendapatkan pekerjaan yang sangat kita inginkan.

15. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri, ya! Afaf Amirah Asy Shabirah.

Namamu adalah doa tentang seorang perempuan yang kelak tumbuh sebagai pemimpin - menjaga kehormatan diri, berdiri teguh pada nilai, dan melangkah dengan kesabaran dalam setiap ujian. Terima kasih telah menuntaskan tanggung jawab ini dengan segenap kemampuan yang ada, meski jalannya tidak selalu mudah dan sering kali menuntut ketabahan yang panjang. Setiap proses yang dilewati memiliki arti, membentuk kedewasaan, dan menanamkan kekuatan yang mungkin belum sepenuhnya terlihat hari ini. Ingatlah bahwa capaian ini bukanlah akhir dari perjalanan, melainkan pembuka bagi langkah-langkah berikutnya, tempat doa-doa yang tersimpan dalam namamu perlahan menemukan waktunya untuk menjadi nyata. Semoga engkau terus tumbuh menjadi perempuan yang kuat, bijaksana, dan bermanfaat, serta mampu memberi makna bagi setiap jalan yang dipilih.

Penulis menyadari bahwa laporan masih jauh dari kata sempurna, sehingga saran dan masukan membangun diperlukan oleh penulis agar laporan sempurna di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna.

Bandar Lampung, Desember 2025
Penulis,

Afaf Amirah Asy Shabirah

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Persimpangan	6
2.2. Simpang Bersinyal	7
2.3. Kapasitas Simpang APILL	8
2.3.1. Tipe Pendekat Pada Simpang.....	9
2.3.2. Lebar Pendekat Efektif	10
2.3.3. Penentuan Lebar Efektif (L_E)	11
2.3.4. Arus Jenuh	13
2.3.5. Rasio Arus.....	13
2.4. Waktu Isyarat APIIL	14
2.4.1. Fase (phase)	14
2.4.2. Waktu Hijau Hilang Total (W_{HH}).....	17
2.4.3. Waktu Siklus dan Waktu Hijau.....	17
2.5. Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL	18
2.5.1. Arus Lalu Lintas dan EMP	18
2.5.2. Derajat Kejenuhan	19

2.5.3. Panjang Antrian	19
2.5.4. Rasio Kendaraan Henti	20
2.5.5. Tundaan.....	21
2.5.6. Tingkat Pelayanan (<i>LoS</i>).....	22
2.6. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk dan Kendaraan dalam 5 Tahun Mendatang.....	23
III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Lokasi Penelitian	25
3.2. Diagram Alir.....	26
3.3. Pengumpulan Data.....	27
3.3.1. Data Primer	27
3.3.2. Data Sekunder.....	28
3.4. Pengolahan Data	28
3.5. Proyeksi Arus Lalu Lintas 5 Tahun Mendatang.....	30
3.6. Analisis Data	30
3.6.1. Analisis Kinerja Simpang	31
3.6.2. Tingkat Pelayanan Simpang	31
3.7. Menetapkan Usulan Rekayasa Lalu Lintas	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Geometri Simpang Eksisting	34
4.2. Volume Lalu Lintas	35
4.3. Penggunaan Waktu Isyarat Simpang Eksisting	38
4.3.1. Fase Sinyal	38
4.3.2. Waktu siklus.....	40
4.4. Analisis Kinerja Simpang Eksisting	41
4.4.1. Derajat Kejenuhan (D_J).....	42
4.4.2. Panjang Antrian (P_A).....	48
4.4.3. Tundaan (T)	50
4.5. Tingkat Pelayanan Simpang Eksisting	53
4.6. Analisis Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang	54
4.7. Usulan Rekayasa Lalu Lintas	60
4.7.1. Usulan Rekayasa Lalu Lintas Periode Sekarang	60
4.7.2. Usulan Rekayasa Lalu Lintas Periode Mendatang	64

V. PENUTUP.....	80
5.1. Kesimpulan.....	80
5.2. Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	84

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1. Konflik Pada Simpang 4 Lengan.	8
Gambar 2.2 Tipe Pendekat Terlindung.	9
Gambar 2.3 Tipe Pendekat Terlawan.....	10
Gambar 2. 4. Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas.....	11
Gambar 2. 5. Tipikal pengaturan fase APILL pada Simpang-3.....	15
Gambar 2. 6. Tipikal pengaturan APILL pada Simpang-4 dengan 2.....	15
Gambar 2. 7. Tipikal pengaturan APILL Simpang-4 dengan 4 fase.....	16
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian di Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja	25
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian.	26
Gambar 4. 1. Geometri Simpang Jl. Sultan Agung – Ki Maja.....	34
Gambar 4. 2. Fase Sinyal Eksisting Simpang.	39
Gambar 4. 3. Diagram Waktu Sinyal.....	40
Gambar 4. 4. Faktor Kelandaian.	45
Gambar 4. 5. Grafik Pertumbuhan Penduduk 2019 – 2024.	55
Gambar 4. 6. Grafik Pertumbuhan Kendaraan 2019 – 2024.....	57
Gambar 4. 7. Desain Perubahan Geometrik Simpang Jl.Sultan Agung – Jl. Kimaja	75
Gambar 4. 8. Desain Perubahan Geometrik Pendekat Selatan & Barat.....	76
Gambar 4. 9. Desain Perubahan Geometrik Pendekat Selatan &Timur	77
Gambar 4. 10. Desain Perubahan Geometrik Pendekat Barat & Utara	78
Gambar 4. 11. Desain Perubahan Geometrik Pendekat Utara & Timur	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1. Ekuivalensi mobil penumpang (EMP).....	19
Tabel 2. 2. Tingkat Pelayanan Lalu Lintas.	23
Tabel 4. 1. Volume Lalu Lintas Simpang Pagi Hari.....	35
Tabel 4. 2. Volume Lalu Lintas Simpang Sore Hari.....	35
Tabel 4. 3. Volume Lalu Lintas (SMP/jam) Pagi Hari.	37
Tabel 4. 4. Volume Lalu Lintas (SMP/jam) Sore Hari.	37
Tabel 4. 5. Rasio Belok kiri dan Kanan.	38
Tabel 4. 6. Waktu Sinyal.....	40
Tabel 4.7. Arus Lalu Lintas Simpang.	42
Tabel 4.8. Menentukan Lebar Efektif (L_E) Pendekat.	43
Tabel 4. 9. Lebar Efektif Tiap Pendekat.	43
Tabel 4. 10. Arus Jenuh Dasar Simpang.	43
Tabel 4. 11. Faktor Koreksi Ukuran Kota.....	44
Tabel 4. 12. Faktor Hambatan Samping.....	44
Tabel 4. 13. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BK_i}), dan Belok Kanan	46
Tabel 4. 14. Arus Jenuh pada Kondisi Eksisting.	47
Tabel 4. 15. Nilai Kapasitas (C) Simpang.....	47
Tabel 4. 16. Nilai Derajat Kejenuhan (D_J) Simpang.....	48
Tabel 4. 17. Nilai Jumlah Rata-Rata Kendaraan Antre (N_q).....	49
Tabel 4. 18. Panjang Antrean (P_A) Simpang.....	50
Tabel 4. 19. Nilai R_H Tiap Pendekat.	50
Tabel 4. 20. Rasio Kendaraan Henti dan Jumlah Kendaraan Henti.....	51
Tabel 4. 21. Nilai Tundaan pada Simpang.....	52
Tabel 4. 22. Tingkat Pelayanan Simpang.....	53
Tabel 4. 23. Data Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung.....	54

Tabel 4. 24. Data Jumlah Kendaraan Kota Bandar Lampung.....	56
Tabel 4. 25. Jumlah Volume Lalu Lintas 5 Tahun Mendatang.....	58
Tabel 4. 26. Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang.	59
Tabel 4. 27. Waktu Siklus Usulan Optimasi Sinyal Periode Sekarang.....	61
Tabel 4.28. Kinerja Simpang setelah Optimasi Waktu Siklus Sinyal Periode Sekarang.....	62
Tabel 4. 29. Perbandingan Kinerja Simpang Eksisting dengan Usulan Optimasi Waktu Siklus Periode Sekarang.....	62
Tabel 4. 30. Waktu Siklus Usulan Optimasi Sinyal Periode Mendatang.....	65
Tabel 4.31. Kinerja Simpang setelah Optimasi Waktu Siklus Sinyal Periode Mendatang.	66
Tabel 4. 32. Perbandingan Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang dengan Usulan Optimasi Waktu Siklus.	67
Tabel 4. 33. Lebar Pendekat Perubahan Desain Geometrik Jalan.	70
Tabel 4. 34. Penyesuaian Kembali Waktu Siklus.	70
Tabel 4. 35. Lebar Efektif Tiap Pendekat.	71
Tabel 4. 36. Kinerja Simpang setelah dilakukan Perubahan Desain Geometrik Jalan serta Mengatur Ulang Waktu Siklus Sinyal.....	72
Tabel 4.37. Perbandingan Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang dan Kondisi Setelah Perubahan Desain Geometrik Jalan serta Pengaturan Ulang Waktu Siklus Sinyal.....	72

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung (2025), luas wilayah kota Bandar Lampung mencapai 197,2 km² dan kepadatan penduduk 1.209.937 jiwa. Kondisi ini menjadikan kota bandar lampung sebagai salah satu yang wilayah padat di Sumatera, yang mengakibatkan tingginya mobilitas masyarakat. Kota ini mencapai tingkat pertumbuhan yang tinggi dan lalu lintas penduduk terus meningkat setiap tahun. Pergerakan lalu lintas yang cepat menyebabkan kemacetan dan penundaan lalu lintas maupun kecelakaan, permasalahan ini sangat mempengaruhi kinerja jalan dan menghambat akses pengguna jalan (Herlina & Prima, 2023). Salah satu tempat yang paling sering terjadi kemacetan lalu lintas adalah di persimpangan.

Persimpangan bersinyal, yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas, seharusnya menjadi solusi untuk mengendalikan konflik pergerakan kendaraan dan meningkatkan efisiensi arus lalu lintas. Namun, di banyak kota, persimpangan ini justru menjadi sumber kemacetan utama akibat manajemen waktu sinyal yang tidak optimal. Pengaturan waktu yang tidak sesuai dengan volume kendaraan pada jam-jam sibuk dapat menyebabkan antrian panjang dan tundaan yang merugikan (Bahari, 2017). Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mendalam untuk mengevaluasi kinerja persimpangan guna menemukan solusi teknis yang tepat.

Kemacetan lalu lintas masih menjadi salah satu persoalan utama di Kota Bandar Lampung, terutama pada simpang-simpang bersinyal dengan arus kendaraan tinggi. Salah satu titik yang kerap padat adalah Simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja di Kecamatan Way Halim. Penelitian Pramita, Lestari, dan Bertarina (2019) menunjukkan nilai derajat kejenuhan (D_J) simpang tersebut mendekati angka 1, menandakan kapasitas jalan hampir mencapai batas maksimum dan kinerja simpang tidak efisien (Pramita et al., 2017). Artikel Lampung Geh (2022) juga mencatat ruas Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja sebagai daerah rawan kemacetan (Geh, 2022). Kondisi ini masih berlanjut hingga kini. Unggahan media sosial Kupas Tuntas Lampung (2025) memperlihatkan kepadatan akibat pengendara berhenti di area simpang, menutup lajur kiri menuju *mall boemi kedaton*, serta ketiadaan rambu “belok kiri jalan terus” yang menyebabkan arus kendaraan tersendat.

Melihat kondisi tersebut, simpang Simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang memerlukan perhatian serius. Diperlukan evaluasi kinerja simpang secara menyeluruh agar penyebab kemacetan dapat diidentifikasi dan ditangani dengan tepat. Penelitian ini penting dilakukan untuk menilai efektivitas sistem sinyal yang ada serta potensi perbaikan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang bersinyal di Simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja dan memberikan usulan rekayasa lalu lintas yang terukur guna meningkatkan kinerja simpang serta tingkat pelayanan (*Level of Service/LoS*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan latar belakang yaitu :

1. Bagaimana kinerja simpang bersinyal di Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja?
2. Bagaimana usulan rekayasa lalu lintas yang dapat meningkatkan kinerja dan tingkat pelayanan (*Level of Service/LoS*) di simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis kondisi dan kinerja simpang bersinyal di Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja yang sering mengalami kemacetan, terutama pada jam puncak, berdasarkan parameter lalu lintas seperti derajat kejenuhan (Dj), tundaan rata-rata, panjang antrean, dan tingkat pelayanan (*Level of Service/LoS*).
2. Untuk memberikan usulan rekayasa lalu lintas yang terukur guna meningkatkan kinerja simpang serta mengurangi kemacetan di simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Secara teoritis, Penelitian ini bermanfaat untuk menambah pengetahuan di bidang rekayasa transportasi, khususnya dalam menganalisis kinerja simpang bersinyal dan merancang usulan rekayasa lalu lintas dengan penerapan PKJI 2023.
2. Hasil studi ini dapat menjadi dasar bagi Dinas Perhubungan atau lembaga terkait dalam meningkatkan produktivitas lalu lintas. Dengan data dan analisis yang komprehensif, mereka dapat menentukan durasi sinyal atau melakukan rekayasa geometrik yang lebih efektif di simpang tersebut.

1.5. Batasan Penelitian

Agar mempermudah dalam melaksanakan penelitian, maka harus terdapat batasan – batasan masalah dalam penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada lokasi simpang bersinyal, yaitu simpang Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja. Analisis di luar lokasi tersebut tidak termasuk dalam lingkup penelitian.

2. Data lalu lintas dikumpulkan melalui survei lapangan yang dilakukan pada hari kerja (Rabu) dengan dua periode waktu, yaitu pukul 06.30–08.30 (jam sibuk pagi), dan 16.00–18.00 (jam sibuk sore).
3. Data lalu lintas yang digunakan adalah volume arus kendaraan maksimum pada hari Rabu. Pemilihan volume tertinggi ini bertujuan untuk mewakili kondisi terpadat, sehingga peneliti dapat menentukan bagaimana kinerja simpang pada saat beban lalu lintas mencapai puncaknya.
4. Metode perhitungan dan analisis menggunakan aturan dan pedoman yang ada di Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).
5. Usulan rekayasa lalu lintas dirancang berdasarkan hasil perhitungan PKJI 2023 agar kinerja simpang menjadi lebih optimal dan tingkat pelayanan (*LoS*) meningkat.
6. Usulan rekayasa lalu lintas pada penelitian ini berlaku untuk periode 2025-2035 (5 tahun).
7. Variabel yang akan di proyeksikan untuk 5 tahun kedepan adalah jumlah penduduk dan jumlah kendaraan untuk memperkirakan kapasitas simpang dan volume kendaraan untuk 5 tahun mendatang.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan pada penelitian ini terdiri dari sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang landasan teori dan studi literatur yang digunakan peneliti untuk acuan dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian mengenai gambaran umum dan metode yang akan digunakan untuk memperoleh data - data yang dibutuhkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengumpulan data, pengelolahan data, analisis serta pembahasan data berdasarkan teori yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang merupakan hasil dari pembahasan yang didapat dari pengolahan data dan saran dari hasil tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Persimpangan

Persimpangan adalah titik pertemuan atau perpotongan dua atau lebih ruas jalan pada satu bidang elevasi yang sama, di mana kendaraan dari berbagai arah dapat bertemu dan saling berinteraksi. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, persimpangan memiliki peranan penting dalam menentukan kelancaran, keselamatan, serta kapasitas lalu lintas pada jaringan jalan. Persimpangan ini dirancang untuk memfasilitasi pergerakan kendaraan dan pejalan kaki secara efektif dengan berbagai fitur teknis yang mendukung keamanan dan efisiensi operasi lalu lintas (PKJI, 2023).

Penelitian terbaru juga menegaskan peran strategis persimpangan dalam manajemen lalu lintas perkotaan. (Sallido & Putra, 2025) menunjukkan bahwa simpang tiga tak bersinyal di Jalan Urip Sumoharjo–Jalan Pahlawan Kedaton memerlukan penataan ulang geometri dan manajemen lalu lintas (misalnya pelebaran ruas dan pembatasan manuver) untuk menurunkan derajat kejemuhan dan meningkatkan tingkat pelayanan simpang. (Rizal Aprianto & Nugroho, 2024) pada kawasan Exit Tol Ngawen menemukan bahwa perubahan pola bangkitan dan tarikan lalu lintas akibat infrastruktur baru menyebabkan penurunan kinerja persimpangan di sekitarnya, sehingga direkomendasikan tindakan seperti pelebaran ruas dan perubahan tipe jalan untuk menjaga kinerja jaringan tetap stabil. Kedua studi tersebut menguatkan bahwa evaluasi dan desain persimpangan harus selalu mempertimbangkan proyeksi lalu lintas masa depan dan integrasi dengan jaringan jalan di sekitarnya.

Jenis-jenis persimpangan menurut PKJI 2023 dibagi menjadi dua kategori utama yakni persimpangan sebidang dan tidak sebidang.

- Persimpangan sebidang adalah pertemuan ruas jalan pada level yang sama, yang dapat berupa simpang tiga (pertigaan), simpang empat (perempatan), simpang banyak, hingga simpang bergeser serta bundaran.
- Persimpangan tidak sebidang adalah persimpangan di mana ruas jalan memiliki perbedaan elevasi sehingga tidak saling bersinggungan di satu bidang.

Selain itu, persimpangan juga diklasifikasikan berdasarkan pengaturan lalu lintasnya menjadi simpang bersinyal dan tak bersinyal, masing-masing memiliki metode kontrol yang berbeda untuk mengatur alur kendaraan guna menghindari kecelakaan dan kemacetan

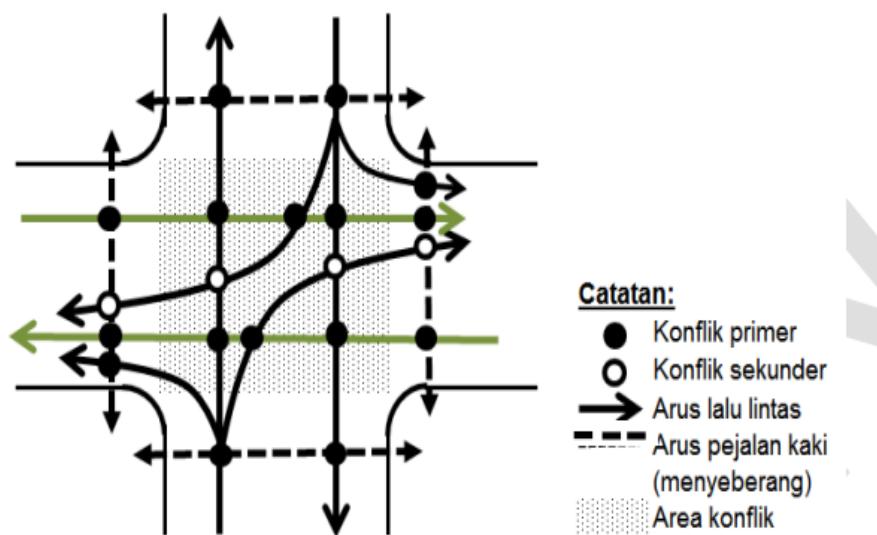
2.2. Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah jenis persimpangan jalan yang pengaturannya menggunakan alat pengatur lalu lintas berupa lampu isyarat (APILL). Fungsi utama simpang bersinyal adalah untuk mengatur pergerakan kendaraan dari berbagai arah agar lalu lintas dapat berjalan dengan aman dan tertib tanpa terjadi tabrakan atau konflik antar arus kendaraan yang saling bersilangan. Simpang ini biasanya digunakan di lokasi dengan volume lalu lintas yang cukup tinggi sehingga perlu pengaturan waktu melalui lampu isyarat untuk mempermudah pergerakan kendaraan dan menjaga kelancaran arus lalu lintas.

Dalam mengelola simpang bersinyal, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 menjadi standar terbaru yang digunakan untuk menganalisa performa simpang. Analisis simpang bersinyal melibatkan penghitungan kapasitas, derajat kejemuhan, waktu siklus, dan panjang antrian yang terjadi di setiap pendekat simpang. Pedoman ini juga mengatur syarat teknis

perencanaan, seperti pengaturan waktu siklus lampu dan fase lampu yang sesuai karakteristik masing-masing simpang (PKJI, 2023)

Pengaturan fase lampu lalu lintas mengurangi konflik antar arus kendaraan di persimpangan dengan memisahkan waktu perjalanan sehingga tercipta aliran yang aman dan teratur. Contohnya pada persimpangan empat lengan terdapat 32 titik konflik yang meliputi benturan langsung antar kendaraan (konflik primer) dan gangguan akibat interaksi arus maupun pejalan kaki (konflik sekunder).



Gambar 2. 1. Konflik Pada Simpang 4 Lengan.

Sumber : PKJI 2023

Pengaturan fase harus disesuaikan agar waktu tunggu kendaraan tidak berlebihan dan antrian tidak melebar, sehingga lalu lintas tetap lancar dan nyaman. Dengan pengaturan yang tepat, risiko kecelakaan dan kemacetan dapat diminimalkan melalui pemisahan arus yang efektif berdasarkan pemahaman titik konflik tersebut (Fazahudiya & Irawan, 2024)

2.3. Kapasitas Simpang APILL

Kapasitas suatu simpang merupakan kemampuan suatu simpang dalam menampung arus lalu lintas secara maksimal dalam satu jam dan dinyatakan

dalam satuan smp/jam. Kapasitas simpang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (1)$$

Keterangan :

C = Kapasitas simpang (smp/jam)

J = Arus jenuh (smp/jam)

W_H = Waktu hijau dalam satu siklus (detik)

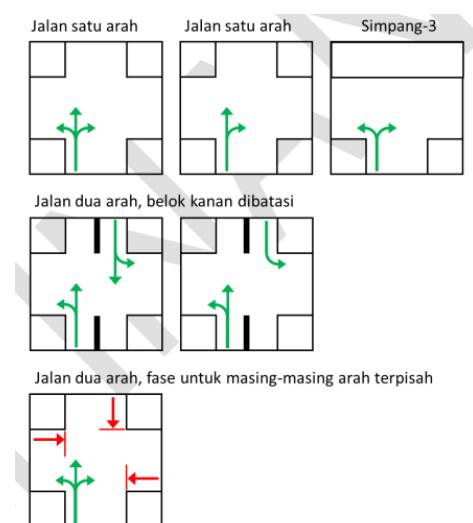
s = Waktu siklus (detik)

2.3.1. Tipe Pendekat Pada Simpang

Jika arus lalu lintas di simpang bergerak pada fase berbeda, kapasitas tiap fase harus dihitung sendiri-sendiri. Misalnya, arus lurus dan belok kanan yang menggunakan jalur terpisah dianalisis terpisah. Begitu juga jika satu pendekat memiliki tipe terlindung dan terlawan di fase berbeda, analisisnya juga dipisah sesuai aturan masing-masing. Ini supaya hasil analisis lebih tepat dan sesuai kondisi nyata.

1. Tipe P (Terlindung)

Pada tipe ini arus berangkat tidak memiliki konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan.



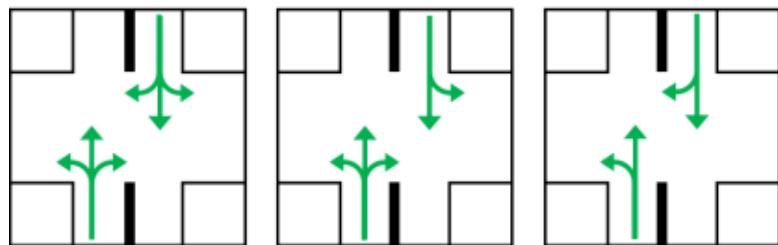
Gambar 2.2 Tipe Pendekat Terlindung.

Sumber : PKJI 2023

2. Tipe O (Terlawan)

Pada tipe ini arus berangkat memiliki konflik dengan arus lalu lintas dari arah yang berlawanan.

Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam Fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi



Gambar 2.3 Tipe Pendekat Terlawan.

Sumber : PKJI 2023

2.3.2. Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif (L_E) dihitung dengan mempertimbangkan beberapa parameter, yaitu lebar ruas pendekat awal (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Dalam menentukan nilai lebar masuk (L_M), terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan, antara lain:

a. Pendekat dengan pulau lalu lintas

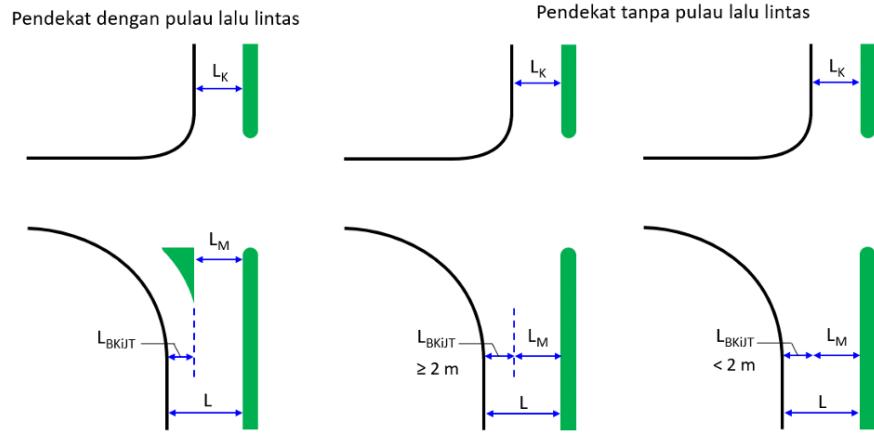
Jika pada pendekat terdapat pulau lalu lintas, maka arus belok kiri memiliki jalur tersendiri. Dalam kondisi ini, lebar masuk (L_M) ditetapkan sebagai jarak antara tepi pulau lalu lintas dengan median jalan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.4 (kiri).

b. Pendekat tanpa pulau lalu lintas

Pada pendekat yang tidak memiliki pulau lalu lintas, arus belok kiri dapat menggunakan jalur khusus atau bergabung dengan arus lurus, bergantung pada ketersediaan ruang. Jika lebar jalur belok kiri jalan terus (L_{BKjT}) lebih dari 2 meter, maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri. Dengan demikian, lebar masuk (L_M) dihitung menggunakan rumus:

$$(L_M) = L - L_{BKjT} \text{ (lihat Gambar 2.4 tengah).}$$

Namun, apabila L_{BKijT} kurang dari 2 meter, maka arus belok kiri dianggap menyatu dengan arus lalu lintas lurus, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.4 kanan.



Gambar 2. 4. Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas.

Sumber : PKJI 2023

2.3.3. Penentuan Lebar Efektif (L_E)

Lebar efektif (L_E) digunakan untuk menghitung kapasitas pendekat simpang, dengan mempertimbangkan apakah jalur belok kiri jalan terus (L_{BKijT}) cukup lebar untuk berdiri sendiri atau tidak.

1. Jika $L_{BKijT} \geq 2$ meter (ada jalur khusus untuk belok kiri jalan terus)
 - Jalur belok kiri dianggap eksklusif, artinya kendaraan belok kiri bisa bergerak tanpa harus menunggu kendaraan lurus/kanan ketika lampu merah.
 - Maka arus belok kiri (q_{BKijT}) dikeluarkan dari perhitungan kapasitas antrian utama, sehingga yang dihitung hanya arus lurus dan belok kanan

$$q = q_{LRS} + q_{BKa} \quad (2)$$

Keterangan :

- $q_{LRS} \rightarrow$ arus lurus (*Straight Through Flow*)

- $q_{BKa} \rightarrow$ arus belok kanan (*Right Turn Flow*)
- $q_{BKijT} \rightarrow$ arus belok kiri jalan terus (*Left Turn Flow – Jalan Terus*)
- Rumus untuk menentukan lebar efektif (L_E) :

$$L_E = \text{Min} \left\{ \frac{L - L_{BKijT}}{L_M} \right\} \quad (3)$$

- Periksa L_K (hanya berlaku untuk pendekat tipe P). Jika nilai $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$.

Rumus R_{BKa} :

$$R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{total}} \quad (4)$$

q_{BKa} = arus kendaraan belok kanan (smp/jam)

q_{total} = total arus lalu lintas pada pendekat (gabungan arus lurus, belok kanan, dan belok kiri)

Selanjutnya, analisis penentuan waktu isyarat pada pendekat ini hanya didasarkan pada arus lalu lintas lurus, yaitu q_{LRS} .

2. Jika $L_{BKijT} < 2$ meter (jalur belok kiri sempit)
 - Jalur belok kiri tidak dianggap eksklusif, artinya kendaraan belok kiri tetap ikut antre bersama kendaraan lurus/kanan.
 - Maka arus belok kiri (q_{BKijT}) harus dimasukkan dalam perhitungan kapasitas total.
 - lebar efektif (L_E) dalam kondisi ini lebih kompleks:

$$L_E = \text{Min} \left\{ \frac{L}{L_M + L_{BKijT}} \right\} \quad (5)$$

- Periksa L_K (hanya berlaku untuk pendekat tipe P). Jika nilai $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$.

2.3.4. Arus Jenuh

Arus jenuh (J) adalah tingkat maksimum arus kendaraan yang dapat mengalir melewati jalan masuk pada sebuah simpang dalam kondisi ideal. Arus jenuh dasar (J_0) merupakan nilai arus jenuh pada kondisi arus lalu lintas dan geometri jalan yang ideal, sehingga faktor koreksi untuk J_0 adalah satu. Nilai J dapat dihitung dengan rumus:

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (6)$$

$$\text{Di mana } J_0 = 600 \times L_E \quad (7)$$

dengan L_E adalah lebar efektif pendekat. Faktor koreksi yang dipakai yaitu:

F_{HS} = Faktor koreksi J_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan

F_{UK} = Faktor koreksi J_0 terkait ukuran kota

F_G = Faktor koreksi J_0 karena kelandaian memanjang pendekat

F_P = Faktor koreksi J_0 karena adanya jeda garis henti pada ujung pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama

F_{BK_i} = Faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang belok kiri

F_{BK_a} = Faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang belok kanan

2.3.5. Rasio Arus

Rasio arus ($R_{q/J}$) ialah rasio arus kemudian lintas terhadap arus jenuh masing-masing pendekat. Dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh, perlu diperhatikan bahwa:

1. Jika arus $BKiJT$ wajib dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung menjadi nilai q .
2. Jika $L_E = L_k$, nilai q hanya mencakup arus searah.
3. Jika pendekat mempunyai 2 fase, yaitu fase 1 buat arus terlawanan (O) dan fase 2 untuk arus terlindung (P), maka arus resultant kemudian dihitung dengan pembobotan seperti pada persamaan 2.

$$\frac{Rq}{J} = \frac{q}{J} \quad (8)$$

Keterangan :

$R_{q/J}$ = Rasio arus jenuh

q = Arus lalu lintas (smp/jam)

J = Arus jenuh

2.4. Waktu Isyarat APIIL

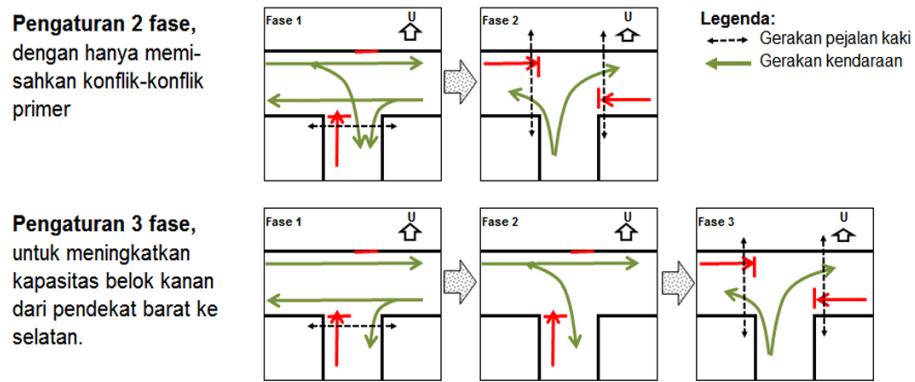
Waktu isyarat APIILL terdiri dari beberapa bagian yang penting untuk mengatur lalu lintas di persimpangan. Waktu Merah Semua (W_{MS}) adalah waktu di mana semua lampu merah menyala sehingga kendaraan dari semua arah berhenti untuk memberikan ruang kosong pada persimpangan. Waktu Hijau Hilang Total (W_{HH}) adalah total waktu saat tidak ada lampu hijau menyala selama satu siklus, termasuk waktu merah semua dan kuning.

Waktu Siklus (S) adalah total durasi satu putaran lengkap isyarat mulai dari satu fase sampai kembali fase yang sama. Sedangkan Waktu Hijau (W_H) adalah durasi lampu hijau menyala pada satu fase yang memberi kesempatan kendaraan bergerak. Selain itu, terdapat fase (*phase*), yaitu bagian dari siklus isyarat yang mengatur kombinasi pergerakan tertentu, seperti arus lurus atau belok, agar kendaraan dapat bergerak bergantian dengan konflik minimal. Jumlah fase bisa berbeda, misalnya dua fase, tiga fase, atau empat fase, tergantung kebutuhan pengaturan lalu lintas. Penyesuaian waktu-waktu dan jumlah fase ini sangat penting agar persimpangan berjalan lancar, aman, dan efisien bagi semua pengguna jalan.

2.4.1. Fase (phase)

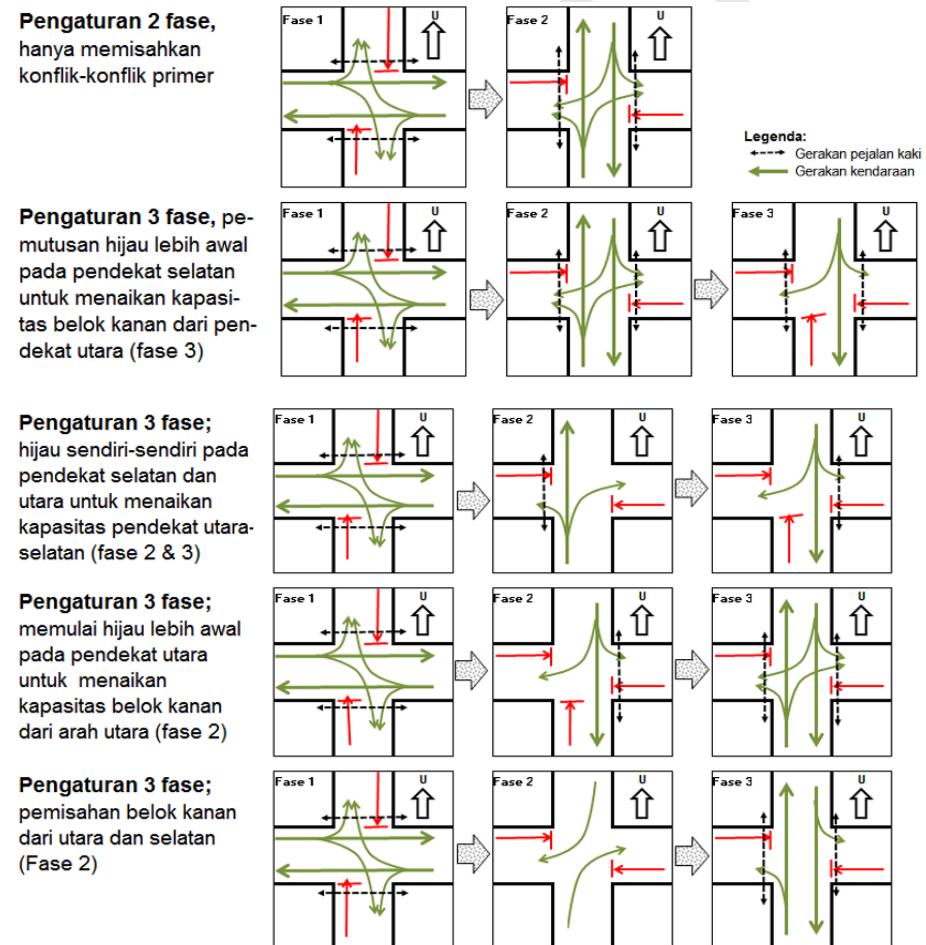
bagian dari siklus sinyal lalu lintas yang mengatur kombinasi pergerakan tertentu (misalnya arus lurus, belok kanan, atau belok kiri) agar dapat bergerak secara bergantian dengan konflik minimum.

Jumlah fase dapat berbeda-beda seperti pada gambar di bawah ini :



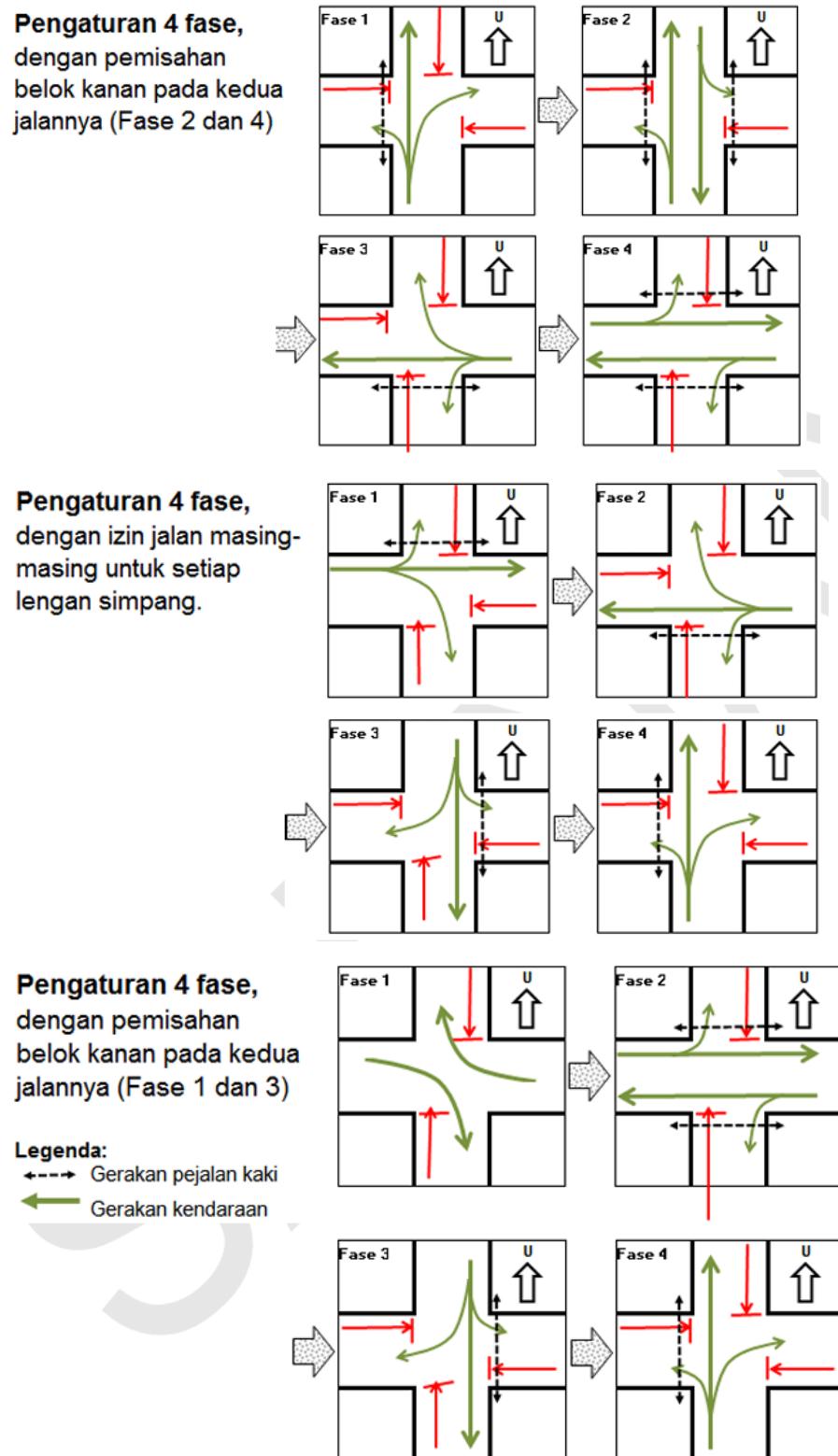
Gambar 2. 5. Tipikal pengaturan fase APILL pada Simpang-3.

Sumber : PKJI 2023



Gambar 2. 6. Tipikal pengaturan APILL pada Simpang-4 dengan 2 fase dan 3 fase.

Sumber : PKJI 2023



Gambar 2. 7. Tipikal pengaturan APILL Simpang-4 dengan 4 fase.

Sumber : PKJI 2023

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

Jika periode W_{MS} di akhir tiap fase sudah diketahui, maka total waktu hijau yang hilang (W_{HH}) dalam satu siklus sinyal dihitung sebagai penjumlahan waktu antar hijau.

$$W_{HH} = \sum i (W_{MS} + W_K) i \quad (9)$$

Keterangan :

W_{MS} = Waktu merah semua (detik)

W_K = Waktu kuning (detik)

2.4.3. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu isyarat lalu lintas terdiri dari waktu siklus (s) dan waktu hijau (W_H). Waktu siklus adalah satu putaran penuh sinyal (hijau–kuning–merah), sedangkan waktu hijau merupakan durasi lampu hijau pada suatu lengan simpang. Dalam sistem kendali waktu tetap, panjang siklus dihitung menggunakan rumus (Webster, 1966). Nilai waktu siklus tersebut dihitung dengan persamaan:

$$S = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/J} kritis)} \quad (10)$$

Keterangan:

S = waktu siklus (detik).

W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik).

$R_{q/J}$ = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, q/J .

$R_{q/J} kritis$ = nilai $R_{q/J}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama.

$\sum R_{q/J} kritis$ = rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{q/J}$ kritis dari semua fase) pada siklus tersebut.

Apabila waktu siklus terlalu panjang, maka tundaan rata-rata kendaraan akan meningkat. Kondisi ini biasanya muncul ketika nilai $\sum(R_{q/J} kritis)$ mendekati satu. Jika nilainya melebihi satu, simpang dianggap jenuh,

sehingga rumus Webster menghasilkan nilai siklus yang tidak realistik, baik terlalu besar maupun negatif.

W_H ditetapkan menggunakan persamaan.

$$W_H = (s - W_{HH}) \times \frac{R_q/J \text{ kritis}}{\sum_i (R_q/J \text{ kritis})_i} \quad (11)$$

Keterangan:

W_{Hi} = waktu hijau pada fase i (detik).

i = indeks untuk fase ke i.

2.5. Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

Analisis kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal (APILL) diperlukan untuk memahami sejauh mana pengaturan sinyal mampu mengakomodasi volume kendaraan yang melintas. Evaluasi ini memberikan gambaran mengenai tingkat kelancaran arus, potensi hambatan, serta kapasitas simpang dalam melayani pergerakan kendaraan pada setiap pendekat. Hasil penilaian kinerja menjadi dasar penting dalam menentukan kebutuhan perbaikan atau optimalisasi pengaturan sinyal di lokasi studi.

2.5.1. Arus Lalu Lintas dan EMP

Arus lalu lintas jam perencanaan q_{JP} dihitung dengan mengalikan lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dengan faktor jam perencanaan (K).

$$q_{JP} = LHRT \times K \quad (12)$$

Nilai K ditentukan berdasarkan fluktuasi arus lalu lintas jam-jaman selama satu tahun dan umumnya berkisar 7–12% untuk jalan perkotaan.

Volume lalu lintas kemudian dinyatakan dalam satuan SMP/jam dengan menggunakan faktor ekivalensi mobil penumpang (EMP), yang nilainya berbeda sesuai jenis kendaraan serta kondisi pendekat (terlindung atau terlawanan). Nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan

pada tipe pendekat terlindung dan terlawan ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. 1. Ekuivalensi mobil penumpang (EMP).

Jenis Kendaraan	EMP untuk Tipe Pendekat Terlindung	EMP untuk Tipe Pendekat Terlawanan
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

2.5.2. Derajat Kejemuhan

Derajat Kejemuhan (D_J) dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (13)$$

Keterangan:

D_J = derajat kejemuhan.

C = kapasitas segmen jalan (smp/jam).

q = semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang (smp/jam)

2.5.3. Panjang Antrian

Rata-rata jumlah kendaraan dalam antrian (SMP) pada awal fase hijau (N_q) dihitung sebagai penjumlahan dari kendaraan yang tersisa pada akhir fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dengan kendaraan yang datang dan berhenti selama fase merah (N_{q2}). Perhitungan ini dapat menggunakan Persamaan berikut :

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (14)$$

- Jika derajat kejemuhan (D_J) $\leq 0,5$ maka $N_{q1} = 0$
- Jika (D_J) $> 0,5$ maka :

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8(D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (15)$$

Sedangkan jumlah kendaraan yang masuk ke dalam antrian selama fase merah (N_{q2}) dihitung dengan :

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{(q)}{3600} \quad (16)$$

Keterangan :

R_H = rasio hijau

Selanjutnya, Panjang antrian kendaraan (P_A) diperoleh dengan mengalikan N_q dengan luas area rata-rata yang dipakai oleh satu mobil penumpang (SMP) yaitu 20 m^2 , dibagi lebar masuk (m), pada persamaan

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (17)$$

Keterangan :

P_A = Panjang antrian

N_q = jumlah kendaraan terhenti

L_M = lebar masuk (m)

2.5.4. Rasio Kendaraan Henti

R_{KH} yaitu perbandingan kendaraan di suatu jalan masuk yang harus berhenti sebelum melintasi suatu persimpangan untuk lampu merah dengan luas area pada fase yang sama untuk jalan masuk tersebut.

Dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad (18)$$

keterangan :

N_q = jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat hijau.

S = waktu siklus (detik).

q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (smp/jam)

Jumlah rata-rata kendaraan yang berhenti, N_{KH} adalah jumlah henti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang APIIL, dihitung dengan persamaan :

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (19)$$

Keterangan :

N_q = jumlah rata-rata antrian kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau.

s = waktu siklus (detik).

q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (smp/jam).

2.5.5. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang bersinyal terjadi karena 2 hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}), dan tundaan geometri (T_G). tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (20)$$

Keterangan :

T_i = tundaan rata-rata pada pendekat i

T_{LLi} = tundaan lalu lintas pada pendekat i

T_{Gi} = tundaan geometri pada pendekat i

Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat i dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_f)} \times \frac{N_{q1} \times 3600}{c} \quad (21)$$

Hasil perhitungan tidak dapat diterapkan apabila nilai C dipengaruhi oleh faktor eksternal, misalnya terhambatnya arus keluar akibat kemacetan di bagian hilir, pengaturan lalu lintas oleh petugas, maupun gangguan lain. Untuk kondisi seperti ini, tundaan geometrik rata-rata pada pendekat iii dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan:

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (22)$$

Keterangan :

P_B = porsi kendaraan yang melakukan belokan pada suatu pendekat.

Nilai normal tundaan geometrik (T_G) ditetapkan sebesar 6 detik untuk kendaraan yang berbelok tanpa berhenti, dan 4 detik untuk kendaraan yang harus berhenti. Nilai ini diperoleh berdasarkan beberapa asumsi berikut:

- Kecepatan kendaraan lurus adalah 40 km/jam.
- Kecepatan kendaraan saat berbelok tanpa berhenti adalah 10 km/jam.
- Nilai percepatan maupun perlambatan kendaraan dianggap sama, yaitu $1,5 \text{ m/det}^2$.
- Kendaraan yang berhenti diasumsikan mengalami perlambatan, sehingga tundaan yang diperhitungkan hanya berasal dari percepatan kembali.

2.5.6. Tingkat Pelayanan (*LoS*)

Tingkat pelayanan atau Level of Service (*LoS*) adalah indikator yang digunakan untuk menilai mutu kinerja lalu lintas pada jalan maupun simpang. PKJI 2023 mengklasifikasikan *LoS* ke dalam enam kategori, mulai dari A hingga F, yang menunjukkan kondisi arus lalu lintas dari sangat lancar hingga macet.

Penilaian *LoS* umumnya didasarkan pada parameter seperti derajat kejemuhan (D_J), rata-rata tundaan per kendaraan (Indonesia, 2015).

Tabel 2. 2. Tingkat Pelayanan Lalu Lintas.

Tingkat Pelayanan	Derajat Kejemuhan	Tundaan (Det/Kend)	Keterangan
A	0,35	≤ 5	Arus Bebas
B	0,54	5 – 15	Arus Stabil
C	0,77	15,1 – 25	Masih batas stabil
D	0,93	25,1 – 40	Mendekati Tidak stabil
E	1,00	40,1 – 60	Arus Tidak Stabil
F	$> 1,00$	> 60	Arus Tertahan

Sumber : PM No. 96 Tahun, 2015.

2.6. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk dan Kendaraan dalam 5 Tahun Mendatang

Perhitungan dilakukan dengan Ms. Excel untuk mendapat nilai pertumbuhan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan dalam 5 tahun mendatang berdasarkan data yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) Bandar Lampung.

Nilai yang nantinya akan digunakan berupa jumlah penduduk dan kendaraan dalam 5 tahun kedepan beserta rasio pertumbuhannya. Jumlah penduduk digunakan untuk menentukan faktor koreksi pada kapasitas simpang. Untuk rasio pertumbuhan kendaraan akan digunakan untuk memperkirakan volume kendaraan dalam 5 tahun mendatang. Studi lain oleh (Septiani & Pratama, 2021) dalam Jurnal Teknik Sipil Untirta juga menegaskan pentingnya integrasi proyeksi penduduk dan jumlah kendaraan dalam perencanaan transportasi perkotaan. Mereka menyebutkan bahwa penggunaan data historis dan metode statistik sangat efektif untuk memperoleh proyeksi kebutuhan infrastruktur jalan dan simpang, di mana pertumbuhan penduduk sangat erat kaitannya dengan peningkatan volume lalu lintas di kawasan perkotaan.

Berikut merupakan rumus pertumbuhan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada persamaan (24) dan (25):

Menghitung Rasio Pertumbuhan:

$$r = (P_1 / P_0)^{1/t} - 1 \quad (24)$$

Atau

Menghitung Jumlah Penduduk/Kendaraan :

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad (25)$$

Keterangan:

P_t = Jumlah Kendaraan pada tahun t

P_0 = Jumlah Kendaraan pada tahun dasar

t = Jangka waktu

r = Laju pertumbuhan kendaraan

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Sultan Agung – Jalan Ki Maja. Penelitian akan dilakukan survey lalu lintas di hari senin, pagi hari pukul 06.30-08.30 WIB, dan sore hari pukul 16.00-18.00 WIB. Berikut merupakan lokasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian di Jl. Sultan Agung – Jl. Ki Maja.

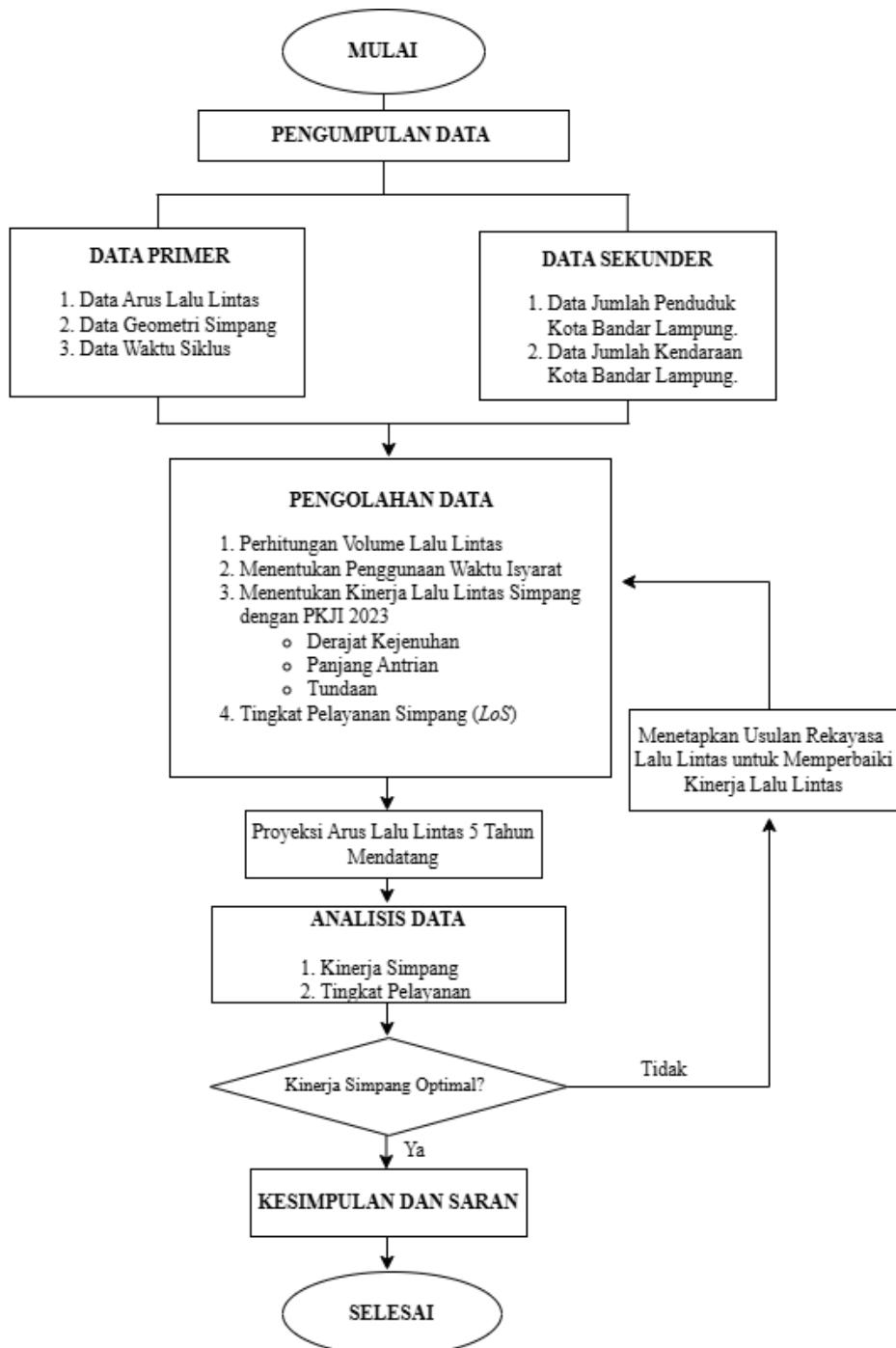
Sumber : Google Earth

Penelitian ini membutuhkan 12 surveyor yang terbagi di 4 titik berbeda, tugas surveyor untuk :

1. Mengambil video arus lalu lintas.
2. Mencatat waktu siklus disetiap lengan.
3. Mengukur Panjang antrian.

3.2. Diagram Alir

Metodologi penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini secara singkat dapat dilihat pada gambar 3.2 yaitu diagram alir penelitian.



Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian.

3.3. Pengumpulan Data

3.3.1. Data Primer

Data primer adalah data yang diambil langsung di lapangan. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Survei Arus Lalu Lintas

- a. Waktu Survei

Penelitian oleh (Ramadhan et al., 2021) berjudul "Model Pergerakan Kota Bandar Lampung Berdasarkan Intensitas Guna Lahan."

Dalam penelitiannya, disebutkan bahwa waktu *peak hour* di Bandar Lampung adalah pukul 06.30 - 08.30 pada pagi hari dan pukul 16.00 - 18.00 pada sore hari. Penentuan waktu ini berdasarkan hasil pengamatan volume lalu lintas secara berkala di ruas-ruas jalan utama kota, termasuk simpang Kimaja - Sultan Agung, di mana terjadi peningkatan signifikan volume kendaraan pada interval waktu tersebut. Hal ini menyebabkan kemacetan dan antrean kendaraan yang meningkat pada simpang tersebut.

Maka dari itu, pengambilan data arus lalu lintas dilakukan pada saat kondisi puncak atau *peak hour* yaitu pada pukul 06.30 - 08.30 WIB untuk pagi hari, dan 16.00 -18.00 WIB untuk sore hari. Data dicatat dengan interval setiap 30 menit.

- b. Klasifikasi Tipe Kendaraan

Survei arus lalu lintas dilakukan untuk memperoleh data jumlah serta jenis kendaraan yang melintasi setiap lengan persimpangan. Langkahnya dengan menentukan jenis kendaraan berdasarkan klasifikasi kendaraan jalan perkotaan yaitu sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS).

2. Survei Geometri Simpang

Pengambilan data geometri simpang dilakukan untuk mengetahui : Lebar jalan (L), Lebar pendekat tiap lengan (L_P), jumlah lajur dan lebar masing-masing lajur, lebar arus masuk (L_M), lebar arus keluar (L_K), lebar bersih sisi kiri pada jalur tikungan (L_{BKiJT}).

3. Survei Waktu Siklus

Pengambilan data waktu siklus dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan stopwatch untuk mengetahui waktu lampu lalu lintas pada setiap lengan persimpangan. Waktu siklus, waktu hijau, waktu merah dan waktu antar hijau adalah semua data yang dikumpulkan. Waktu siklus diperoleh dengan mencatat waktu fase dari saat menyalा, berhenti hingga menyalा kembali.

3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Data Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung dan Data Jumlah Kendaraan Kota Bandar Lampung. Kedua data tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung.

3.4. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengamatan lapangan akan diolah untuk mendapatkan hasil penelitian mengenai kinerja simpang pada kondisi eksisting. Pengolahan data dilakukan berdasarkan perhitungan (PKJI 2023).

1. Perhitungan Volume Arus Lalu Lintas

Volume arus lalu lintas diperoleh dari hasil survei lapangan mengenai jumlah kendaraan. Data kendaraan yang melewati simpang dicatat setiap 30 menit, kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan dan arah pergerakan. Selanjutnya data diolah untuk memperoleh volume total lalu lintas.

2. Menentukan Penggunaan Waktu Isyarat pada Simpang

Tahapan ini meliputi beberapa langkah penting untuk mengetahui bagaimana sinyal lalu lintas bekerja pada kondisi eksisting.

- Menentukan fase sinyal eksisting

Proses ini dilakukan dengan mengidentifikasi urutan pemberian hak jalan pada setiap pendekat simpang. Setiap fase menunjukkan kelompok pergerakan yang dapat melintas secara bersamaan tanpa konflik, misalnya fase untuk pendekat Utara–Selatan atau fase untuk Timur–Barat. Penetapan fase dilakukan dengan melihat kondisi aktual di lapangan, termasuk pola pergerakan kendaraan, kebutuhan pemisahan konflik, serta pengaturan lampu yang sudah diterapkan sebelumnya. Hasil identifikasi ini menjadi dasar untuk melakukan evaluasi apakah fase eksisting sudah sesuai dengan karakteristik lalu lintas di simpang tersebut.

- Menentukan waktu siklus eksisting

Langkah ini bertujuan memperoleh lama satu putaran penuh pengoperasian sinyal yang berlaku pada simpang. Waktu siklus dihitung berdasarkan total durasi lampu hijau, kuning, dan merah untuk seluruh fase yang bekerja dalam satu siklus. Pengukuran dilakukan melalui observasi langsung, pencatatan timer sinyal. Nilai waktu siklus eksisting diperlukan untuk mengetahui efisiensi pengaturan sinyal yang saat ini digunakan serta menjadi acuan dalam analisis apakah perlu dilakukan optimasi untuk meningkatkan kinerja simpang.

3. Menentukan Kinerja pada Simpang

Untuk menghitung kinerja lalu lintas terdiri dari perhitungan derajat kejemuhan (D_J), panjang antrian (P_A), dan tundaan setiap kendaraan (T).

- Untuk derajat kejemuhan dapat dihitung dengan rumus :

$$D_J = \frac{q}{c} \quad (13)$$

Keterangan:

D_J = derajat kejemuhan.

C = kapasitas segmen jalan(smp/jam).

q = semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang (smp/jam).

- Untuk panjang antrian (P_A), dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (17)$$

Keterangan :

P_A = Panjang antrian

N_q = jumlah kendaraan terhenti

L_M = lebar masuk (m)

- Tandaan lalu lintas rata-rata pada pendekat i dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_{LL} = s \times \frac{0.5 (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{N_{q1} \times 3600}{c} \quad (21)$$

3.5. Proyeksi Arus Lalu Lintas 5 Tahun Mendatang

Dalam proyeksi ini, variabel yang dianalisis meliputi jumlah penduduk dan jumlah kendaraan selama 5 tahun terakhir untuk memperoleh perkiraan hingga 5 tahun ke depan. Proyeksi jumlah penduduk digunakan untuk menentukan faktor koreksi ukuran kota, yang nantinya berpengaruh pada perhitungan arus jenuh di persimpangan. Sementara itu, proyeksi volume kendaraan bertujuan untuk memperkirakan volume arus lalu lintas dalam kurun waktu 5 tahun mendatang. Kedua variabel tersebut diproyeksikan dengan menggunakan rumus yang tercantum dalam persamaan 24 dan 25.

3.6. Analisis Data

Setelah diperoleh proyeksi jumlah arus volume lalu lintas dan jumlah penduduk untuk lima tahun mendatang, selanjutnya dilakukan analisis data yang meliputi dua aspek utama:

3.6.1. Analisis Kinerja Simpang

Analisis kinerja simpang dilakukan dengan menggunakan rumus yang tertuang dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengukur berbagai parameter penting yang mencerminkan kondisi operasional simpang, yaitu:

- Derajat Jenuh (D_J): Merupakan perbandingan antara volume lalu lintas aktual dengan kapasitas simpang, yang menggambarkan tingkat tekanan lalu lintas pada simpang tersebut.
- Panjang Antrian (P_A): Menggambarkan jarak fisik rata-rata kendaraan yang mengantri pada simpang selama periode tertentu, sebagai indikator kemacetan.
- Tundaan (T_i): Waktu penundaan rata-rata yang dialami oleh tiap kendaraan saat melewati simpang, baik akibat antrian maupun pengaturan sinyal.

3.6.2. Tingkat Pelayanan Simpang

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang yang meliputi kapasitas, derajat jenuh, panjang antrian, dan waktu tundaan, tahap selanjutnya adalah menentukan tingkat pelayanan (*Level of Service/LoS*) simpang. Tingkat pelayanan ini merefleksikan kualitas operasional simpang dalam melayani lalu lintas, yang biasanya dikategorikan dalam beberapa tingkat mulai dari A (pelayanan sangat baik) hingga F (pelayanan sangat buruk atau mengalami kemacetan parah). Penetapan tingkat pelayanan untuk lima tahun ke depan penting untuk mengetahui apakah kondisi simpang masih cukup baik dalam menghadapi peningkatan volume lalu lintas atau perlu dilakukan perbaikan dan penyesuaian desain serta pengaturan lalu lintas.

3.7. Menetapkan Usulan Rekayasa Lalu Lintas

Usulan rekayasa lalu lintas dilakukan apabila hasil analisis kinerja simpang dan tingkat pelayanan untuk proyeksi 5 tahun mendatang menunjukkan nilai derajat kejemuhan yang melebihi batas yang ditetapkan dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Kondisi tersebut menandakan bahwa kapasitas simpang tidak memadai untuk menampung volume lalu lintas yang ada atau yang diperkirakan, sehingga diperlukan langkah rekayasa guna meningkatkan kinerja simpang dan mengoptimalkan pelayanan lalu lintas.

Beberapa solusi rekayasa yang sering diusulkan berdasarkan penelitian terdahulu meliputi optimasi waktu siklus sinyal, pelebaran badan jalan, perubahan fase sinyal, dan peningkatan fasilitas penunjang lain.

1. Menurut penelitian oleh Agus dan Putra (2025) yang berjudul *Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Menggunakan PKJI 2023*, hasil analisis menunjukkan bahwa simpang pada kondisi eksisting memiliki derajat kejemuhan mencapai 0,94 dengan tingkat pelayanan kategori F, yang berarti kemacetan yang sangat tinggi. Usulan rekayasa yang diajukan adalah mengubah pola fase sinyal dari tiga fase menjadi dua fase serta melakukan pelebaran jalan dari 4,5 meter menjadi 6 meter. Hasil penerapan usulan ini mampu menurunkan derajat kejemuhan menjadi 0,45 dan meningkatkan kapasitas simpang secara signifikan sehingga kinerja simpang lebih optimal (Agus & Putra, 2025).
2. Penelitian oleh Sari dan Wijaya (2025) dengan judul *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Empat Lengan Menggunakan PKJI 2023 di Kabupaten Ciamis* menunjukkan bahwa simpang tersebut memiliki tingkat pelayanan *LoS D* dengan derajat kejemuhan rata-rata sekitar 0,41 hingga 0,40 pada berbagai pendekat. Panjang antrian yang cukup signifikan menjadi kendala utama. Usulan rekayasa yang disampaikan adalah penyesuaian waktu siklus lampu lalu lintas agar lebih efisien dan penambahan jalur keluar masuk sehingga mengurangi beban antrian serta meningkatkan kapasitas simpang (Sari & Wijaya, 2025).

3. Studi oleh Rahman (2025) pada *Evaluasi Peningkatan Kinerja Kapasitas Simpang di Jalan Sukabumi-Cisaat Menggunakan PKJI* 2023 memperlihatkan dua alternatif solusi yaitu pelebaran badan jalan dan pengembangan simpang menjadi bersinyal. Pelebaran jalan terbukti meningkatkan kapasitas simpang dari 2286 menjadi 2659 smp/jam serta menurunkan waktu tundaan dari 16,25 menjadi 13,4 detik per kendaraan, sehingga meningkatkan tingkat pelayanan dari kategori E menjadi C. Sebaliknya, alternatif pengembangan simpang bersinyal cenderung menurunkan kapasitas dan meningkatkan tundaan, sehingga pelebaran jalan dinilai lebih efektif untuk meningkatkan kinerja simpang (Rahman, 2025).

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian mengenai kinerja simpang bersinyal Jl. Ki Maja – Jl. Sultan Agung, maka kesimpulan yang diperoleh untuk menjawab rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Kinerja simpang bersinyal eksisting di Jl. Ki Maja – Jl. Sultan Agung.

Hasil perhitungan kinerja simpang eksisting berdasarkan PKJI 2023 menunjukkan bahwa kondisi operasi simpang berada pada tingkat pelayanan yang kurang baik, terutama pada pendekat tertentu. Hal ini terlihat dari beberapa indikator utama berikut:

- Derajat kejemuhan (D_J), Derajat kejemuhan pada masing-masing pendekat adalah: Utara 0,83, Selatan 1,17, Timur 1,08, dan Barat 0,60.
- Tingkat pelayanan menunjukkan bahwa pendekat Selatan dan Timur berada pada *LoS* F, pendekat Utara pada *LoS* C, dan pendekat Barat pada *LoS* B.
- Tundaan rata-rata (T_i) pada masing-masing pendekat adalah: Utara 51,8 detik/smp, Selatan 191,5 detik/smp, Timur 56,2 detik/smp, dan Barat 30,1 detik/smp.
- Panjang (P_A) pada masing-masing pendekat adalah: Utara 69,64 m, Selatan 159,01 m, Timur 181,78 m, dan Barat 77,26 m.

2. Kinerja simpang bersinyal 5 tahun mendatang di Jl. Ki Maja – Jl. Sultan Agung.

Hasil proyeksi kinerja simpang untuk periode 5 tahun mendatang berdasarkan metode PKJI 2023 menunjukkan bahwa kondisi operasi simpang mengalami penurunan kualitas layanan yang cukup signifikan apabila tidak dilakukan penanganan. Hal ini dapat dilihat dari beberapa indikator utama sebagai berikut:

- Derajat kejenuhan (D_J) pada masing-masing pendekat adalah: Utara sebesar 0,9, Selatan sebesar 1,3, Timur sebesar 1,2, dan Barat sebesar 0,7.
- Tingkat pelayanan menunjukkan bahwa pendekat Selatan dan Timur berada pada tingkat pelayanan *LoS F*, pendekat Utara pada *LoS D*, serta pendekat Barat pada *LoS C*.
- Tundaan rata-rata (T_i) pada masing-masing pendekat adalah: Utara sebesar 67,5 detik/smp, Selatan sebesar 287,4 detik/smp, Timur sebesar 70,9 detik/smp, dan Barat sebesar 31,5 detik/smp.
- Panjang antrian (P_A) pada masing-masing pendekat adalah: Utara sepanjang 86,9 meter, Selatan sepanjang 219,0 meter, Timur sepanjang 211,7 meter, dan Barat sepanjang 89,9 meter.

3. Usulan Rekayasa Lalu Lintas Periode Sekarang

a. Optimasi Waktu Siklus Periode Sekarang

Usulan rekayasa lalu lintas pada periode ini difokuskan pada optimasi waktu siklus dengan menata kembali pembagian waktu hijau, kuning, waktu merah semua, dan merah pada setiap pendekat untuk menyesuaikan kondisi arus lalu lintas eksisting. Pembagian waktu siklus (total 144 detik) yang diusulkan adalah:

- Utara: hijau 23 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 118 detik;
- Selatan: hijau 25 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 116 detik;
- Timur: hijau 50 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 91 detik; dan

- Barat: hijau 34 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 107 detik.

4. Usulan Rekayasa Lalu Lintas Periode Mendatang

a. Optimasi Waktu Siklus Periode Mendatang

Usulan rekayasa ini bertujuan mengantisipasi pertumbuhan volume lalu lintas 5 tahun ke depan melalui penyesuaian durasi sinyal. Pembagian waktu siklus (total 164 detik) yang diusulkan adalah:

- Utara: hijau 27 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 134 detik;
- Selatan: hijau 35 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 126 detik;
- Timur: hijau 50 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 111 detik; dan
- Barat: hijau 40 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 121 detik.

b. Perubahan Desain Geometrik Jalan serta Mengatur Ulang Waktu Siklus Sinyal

Usulan ini mengombinasikan pelebaran jalan dengan pengaturan ulang sinyal. Pelebaran pada pendekat utara dan selatan dilakukan dengan penambahan lajur belok kiri jalan terus (2 m) serta pembangunan pulau lalu lintas, sedangkan pada pendekat timur dan barat dilakukan penambahan lajur belok kiri jalan terus (1,5 m). Penyesuaian waktu siklus (total 124 detik) dengan pembagian:

- Utara: hijau 22 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 99 detik;
- Selatan: hijau 20 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 101 detik;
- Timur: hijau 43 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 78 detik; dan

- Barat: hijau 27 detik, kuning 2 detik, waktu merah semua 1 detik, merah 94 detik.

5.2. Saran

1. Pemerintah daerah atau instansi terkait diharapkan dapat mempertimbangkan usulan optimasi waktu siklus sinyal dan perubahan desain geometrik jalan, mengingat kondisi simpang eksisting maupun proyeksi 5 tahun mendatang menunjukkan tingkat kejemuhan yang tinggi pada beberapa pendekat. Implementasi bertahap dapat dimulai dari penyesuaian waktu siklus karena tidak memerlukan perubahan fisik, sehingga dampak perbaikan dapat terlihat lebih cepat.
2. Pada periode lalu lintas padat, petugas lapangan diperlukan untuk membantu mengarahkan kendaraan dan mencegah manuver tidak teratur yang berpotensi menimbulkan kemacetan, terutama pada jam-jam puncak.
3. Untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya, disarankan mencoba metode atau pendekatan analisis yang berbeda, misalnya menggunakan simulasi mikroskopik seperti *VISSIM*, *SIDRA*, atau metode analitik lainnya sebagai bahan pembanding terhadap hasil perhitungan PKJI 2023.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, A. A. (2005). Rekayasa lalu lintas. *Universitas Muhammadiyah Malang, Malang*.

Anjarwati, S. (2014). Analisis kinerja simpang bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 15(1), 14–20.

Agus, I., & Putra, A. (2025). Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Menggunakan PKJI 2023. *Jurnal Teknik Sipil Polinema*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.33735/mrk.v5i1.3790>

Bahari, S. (2017). Analisis Kemacetan Simpang Tiga Tak Bersinyal di Jalan Klambir 5–Jalan Stasiun Lama Medan. *Jurnal Upgris*, 1–85. <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/12932>

Dirjen Bina Marga. (2023). Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*, 021, 7393938.

Fazahudiya, K., & Irawan, M. Z. (2024). Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur Yogyakarta. *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur, Pkji 2014*, 2–5.

Geh, L. (2022). *Ini Lokasi Rawan Kecelakaan, Macet, Bencana hingga Jalan Rusak di Bandar Lampung*. Lampung Geh. <https://kumparan.com/lampunggeh/ini-lokasi-rawan-kecelakaan-macet-bencana-hingga-jalan-rusak-di-bandar-lampung-1zUokkQFDLT>

Herlina, N., & Prima, G. R. (2023). Kajian Kinerja Serta Upaya Peningkatan Keselamatan pada Simpang (Studi Kasus : Simpang Padayungan Kota Tasikmalaya). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 10(1), 8–18. <https://doi.org/10.21063/JTS.2023.V1001.008-18>

Indonesia, K. P. R. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Kementerian Perhubungan RI.

Pramita, G., Lestari, F., & Bertarina. (2017). *Analisis kinerja persimpangan bersinyal di kota bandar lampung pada masa pandemi covid-19 (studi kasus persimpangan jl. sultan agung-kimaja)*. 19, 1–6.

Pratama, A., & Widodo, B. (2020). Analisis Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Melalui Optimasi Waktu Siklus. *Jurnal Rekayasa Transportasi*,

8(2), 45–54.

Prayitno, E. (2020). Kinerja simpang bersinyal pada jam puncak. *Jurnal REKAYASA*, 10(1), 123–137. <https://jurnalrekayasa.bunghatta.ac.id/index.php/JRFTSP/article/view/54>

Rahman, F. (2025). Evaluasi Peningkatan Kinerja Kapasitas Simpang di Jalan Sukabumi-Cisaat Menggunakan PKJI 2023. *Jurnal Teknik Sipil Dan Manajemen*, 3(2), 120–135. <https://doi.org/10.33096/jtsm.v3i2.280>

Ramadhan, A., Ibad, M. Z., & Sulistyorini, R. (2021). Model Pergerakan Kota Bandar Lampung Berdasarkan Intensitas Guna Lahan. *Jurnal Perencanaan Dan Pengembangan Kebijakan*, 1(2), 87. <https://doi.org/10.35472/jppk.v1i2.436>

Rizal Aprianto, M., & Nugroho, D. (2024). Prediksi dan Rekomendasi Penanganan Kinerja Lalu Lintas di Kawasan Exit Tol Ngawen. *Jurnal Transportasi Wilayah Dan Kota*, 13(1), 45–58.

Sallido, A., & Putra, R. (2025). Penataan Lalu Lintas pada Persimpangan Beruang Madu Kota X. *Jurnal Rekayasa Transportasi Perkotaan*, 10(2), 115–126.

Sari, N. P., & Wijaya, R. (2025). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Empat Lengan Menggunakan PKJI 2023 (Studi Kasus Simpang Empat Cihaurbeuti Kabupaten Ciamis). *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 2(1), 45–56. <https://doi.org/10.25157/jiteks.v2i1.5122>

Septiani, A., & Pratama, B. (2021). Analisis Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Kendaraan terhadap Kinerja Lalu Lintas Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil Perkotaan*, 9(2), 101–112. <https://contoh-jurnal.ac.id/index.php/jts/article/view/1234>

Webster, F. V. (1958). Traffic Signal Settings. In *Road Research Technical Paper No. 39*. Her Majesty's Stationery Office (HMSO).

Webster, F. V. (1966). *Traffic Signal Settings*. Road Research Laboratory.