

**PENGUNAAN METODE PENGENDALIAN
PERSIMPANGAN DENGAN MOVEMENT BASED UNTUK
OPTIMALISASI SIMPANG BERKAKI LIMA
(STUDI KASUS: SIMPANG LIMA TLOGOSARI)**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH:

AVIN MAULANA

2003001

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

**PENGUNAAN METODE PENGENDALIAN
PERSIMPANGAN DENGAN MOVEMENT BASED UNTUK
OPTIMALISASI SIMPANG BERKAKI LIMA
(STUDI KASUS: SIMPANG LIMA TLOGOSARI)**

KERTAS KERJA WAJIB

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



DISUSUN OLEH:

AVIN MAULANA

2003001

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

2023

HALAMAN PERSETUJUAN
KERTAS KERJA WAJIB
PENGUNAAN METODE PENGENDALIAN PERSIMPANGAN
DENGAN MOVEMENT BASE UNTUK OPTIMALISASI SIMPANG
BERKAKI LIMA
(STUDI KASUS: SIMPANG LIMA TLOGOSARI)

Disusun oleh:

AVIN MAULANA

2003001

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

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II



Dr. Ir. Efendhi Prih Raharjo, S.T, S.SiT, M.T

NIP. 197602152000031002

Tanggal: 31 Juli 2023



Stefanus Sylvan Ryanto, S.S.,M.M

NIP. 199108162019021002

Tanggal: 31 Juli 2023

Ditetapkan di: Tabanan


**HALAMAN PENGESAHAN
KERTAS KERJA WAJIB
PENGUNAAN METODE PENGENDALIAN PERSIMPANGAN
DENGAN *MOVEMENT BASED* UNTUK OPTIMALISASI SIMPANG
BERKAKI LIMA
(STUDI KASUS: SIMPANG LIMA TLOGOSARI)**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:


AVIN MAULANA
2003001

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

Tim Penguji

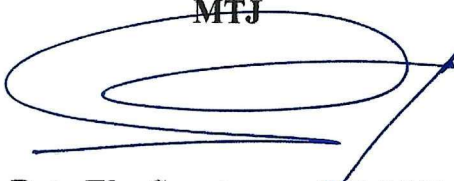

Penguji I:
Putu Eka Suartawan, S.T., M.T
NIP. 198205302009121003


Pembimbing I:
Dr. Ir. Efendhi Prih Raharjo, S.T., S.SiT,
M.T
NIP. 19760215 200003 1 002


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


Pembimbing II:
Stefanus Sylvan Ryanto, S.S., M.M
NIP. 199108162019021002

Mengetahui,
KETUA PROGRAM STUDI
MTJ


Putu Eka Suartawan, S.T., M.T
NIP. 198205302009121003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Avin Maulana, Notar. 2003001, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul "PENGUNAAN METODE PENGENDALIAN PERSIMPANGAN DENGAN MOVEMENT BASED UNTUK OPTIMALISASI SIMPANG BERKAKI LIMA (STUDI KASUS: SIMPANG LIMA TLOGOSARI)" merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau keserjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

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

Tabanan, 31 Juli 2023

Penulis



Avin Maulana
Notar. 2003001

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir yang berjudul "PENGUNAAN METODE PENGENDALIAN PERSIMPANGAN DENGAN MOVEMENT BASED UNTUK OPTIMALISASI SIMPANG BERKAKI LIMA (STUDI KASUS: SIMPANG TLOGOSARI)" dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Orang tua dan Keluarga yang selalu ada untuk mendukung.
2. Bapak Dr. Ir. Efendhi Prih Raharjo, S.T, S.SiT, M.T selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali.
3. Bapak Dr. Ir. Efendhi Prih Raharjo, S.T, S.SiT, M.T dan Bapak Stefanus Sylvan Ryanto, S.S.,M.M sebagai dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan kertas kerja wajib/tugas akhir ini.
4. Bapak Putu Eka Suartawan, ST., M.T. dan Bapak Aswin Badarudin Atmajaya, S.ST., MAP sebagai dosen penguji kertas kerja wajib/tugas akhir ini.
5. Bapak Putu Eka Suartawan, ST., M.T. selaku Kepala Program Studi Manajemen Transportasi Jalan beserta Dosen Program Studi Manajemen Transportasi Jalan yang telah memberikan bimbingan selama Pendidikan.
6. Bapak Drs. Endro Pudyo Martantono, M. Si. selaku Kepala Dinas Perhubungan Kota Semarang beserta jajaran dan pegawai Dinas Perhubungan Kota Semarang.
7. Rekan Taruna/i Politeknik Transportasi Darat Bali PKL Kota Semarang
8. Rekan Taruna/i Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan I serta adik-adik yang telah membantu dan memberikan dukungan serta semangat.
9. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penulisan Kertas Kerja Wajib ini.

Penulis menyadari kertas kerja wajib/tugas akhir ini banyak kekurangan, saran dan masukan sangat diharapkan bagi kesempurnaan penulisan. Semoga bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan bidang Transportasi Darat dan dapat diterapkan untuk membantu pembangunan transportasi di Indonesia pada umumnya serta Kota Semarang.

Tabanan, 31 Juli 2023

Penulis,



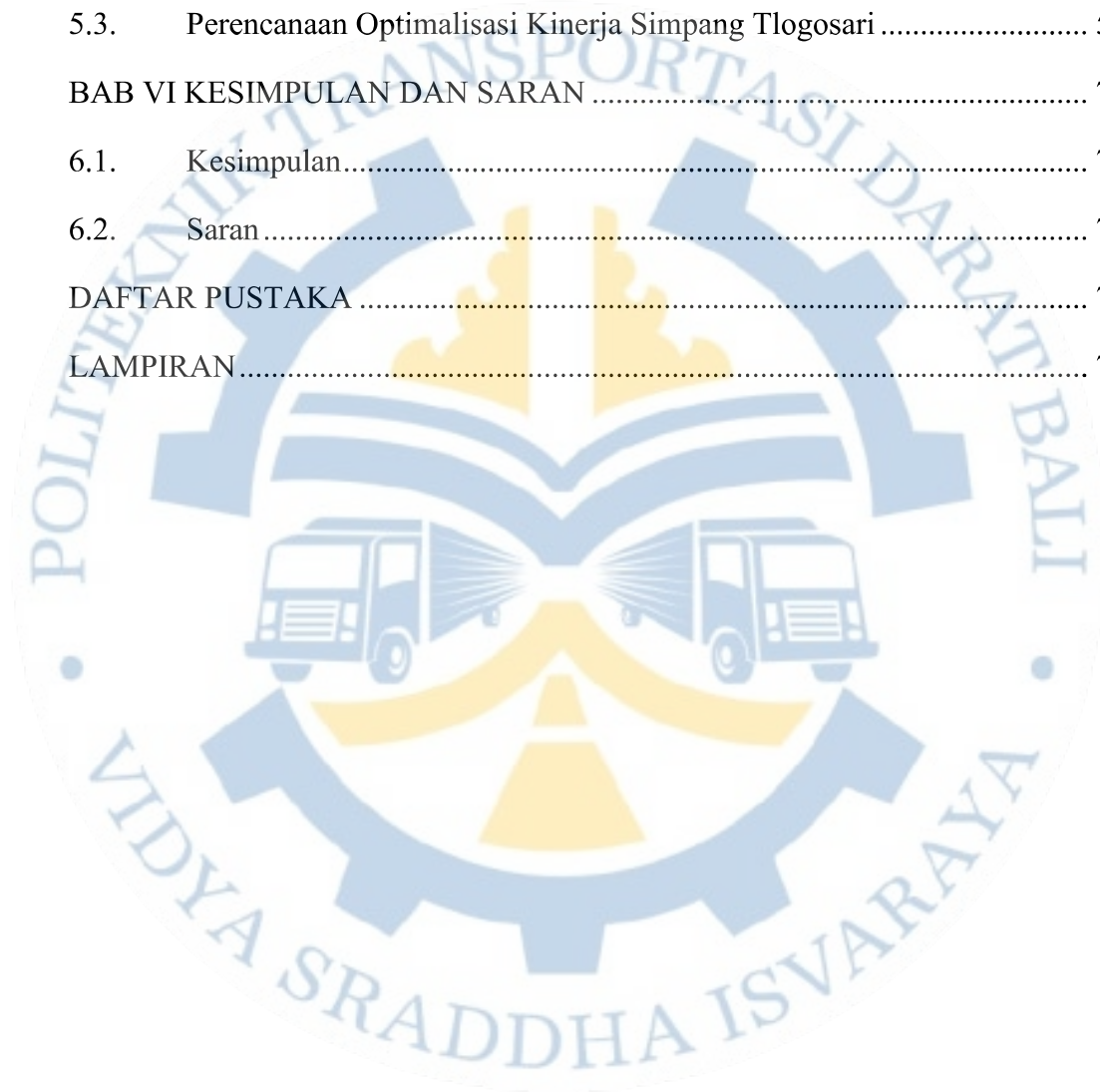
AVIN MAULANA

2003001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II GAMBARAN UMUM.....	6
2.1. Kondisi Wilayah.....	6
2.2. Kondisi Objek.....	6
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	10
3.1. Tinjauan Pustaka	10
3.2. Penelitian Terdahulu/Keaslian Penelitian.....	36
BAB IV METODE PENELITIAN	39
4.1. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data.....	39
4.2. Metode Analisis Data	42
4.3. Bagan Alir Penelitian	45

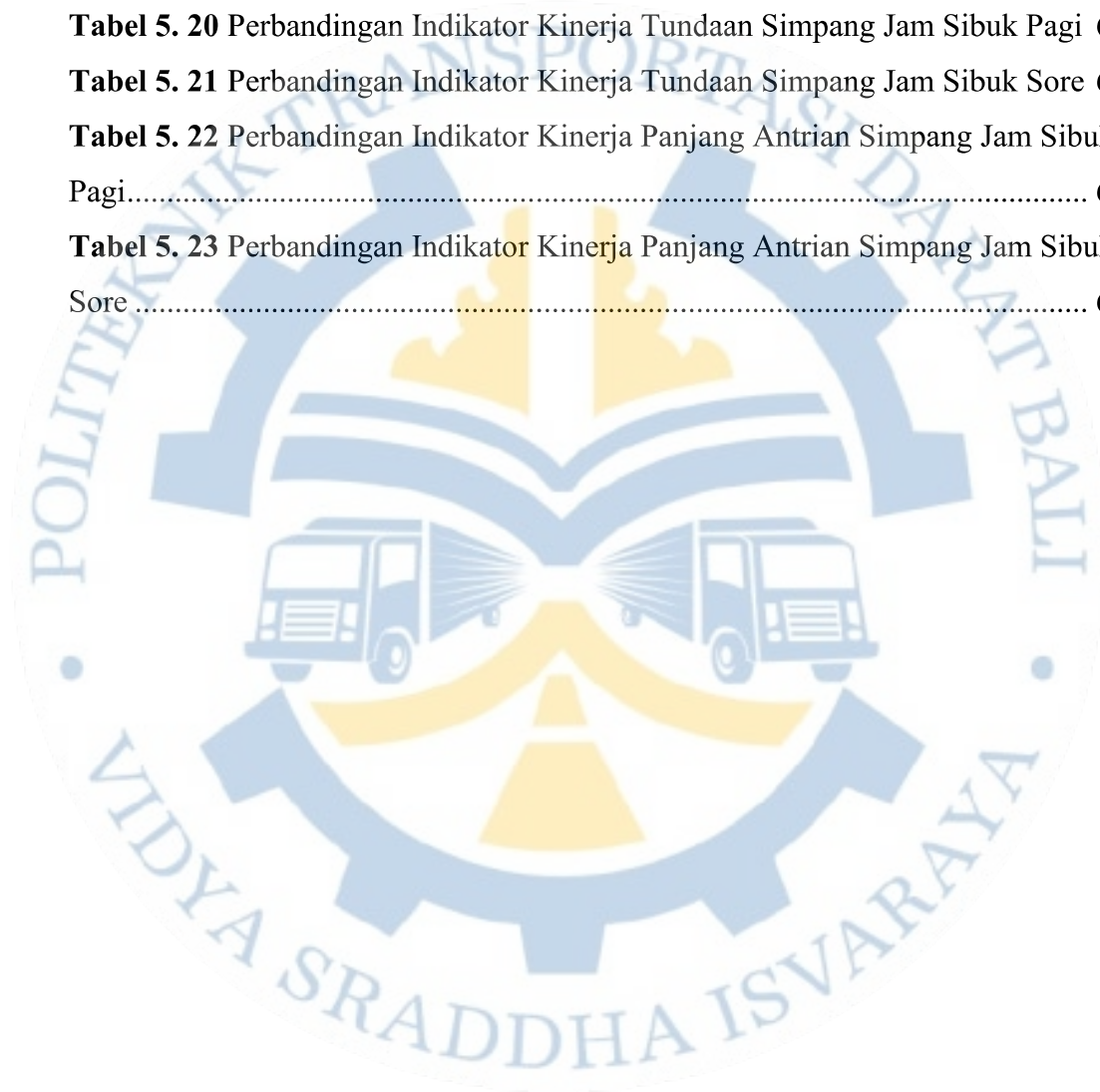
4.4.	Timeline Kegiatan	46
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		47
5.1.	Pengumpulan Data	47
5.2.	Analisis Kinerja Simpang Tlogosari Kondisi Eksisting	55
5.3.	Perencanaan Optimalisasi Kinerja Simpang Tlogosari	58
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		72
6.1.	Kesimpulan	72
6.2.	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN		78



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Ekuivalensi mobil penumpang EMP	14
Tabel 3. 2 Perhitungan Waktu Simpang pada Akcelik (a) Movement Data	23
Tabel 3. 3 Perhitungan Waktu Simpang pada Akcelik (b) Phase Data	24
Tabel 3. 4 Tabel Penentuan Arus Jenuh Dasar.....	25
Tabel 3. 5 Perhitungan Pergerakan Keritis Simpang pada Akcelik (a) Data	27
Tabel 3. 6 Perhitungan Pergerakan Keritis Simpang pada Akcelik (b) Calculations	27
Tabel 3. 7 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan Berdasarkan Tundaan – PM 96 Tahun 2015	31
Tabel 3. 8 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan Berdasarkan Tundaan – SIDRA Intersection.....	31
Tabel 3. 9 Penelitian Terdahulu/Keaslian Penelitian	36
Tabel 3. 10 Rencana Kegiatan Penelitian.....	46
Tabel 5. 1 Data Inventarisasi Simpang Tlogosari	47
Tabel 5. 2 Data Pengatur Waktu Fase Simpang Tlogosari Jam Sibuk	48
Tabel 5. 3 Pengelompokan Lajur (lane) dan Fase per Pendekat	52
Tabel 5. 4. Klasifikasi Arah Simpang	54
Tabel 5. 5 Volume puncak Simpang Tlogosari pada jam sibuk.....	54
Tabel 5. 6 Hasil Analisis Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Pagi.....	56
Tabel 5. 7 Hasil Analisis Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Siang.....	56
Tabel 5. 8 Hasil Analisis Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Sore.....	57
Tabel 5. 9 Waktu Simpang Tlogosari Jam Sibuk Pagi Optimalisasi 1.....	58
Tabel 5. 10 Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Pagi Optimalisasi 1	59
Tabel 5. 11 Waktu Simpang Tlogosari Jam Sibuk Pagi Optimalisasi 2.....	59
Tabel 5. 12 Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Pagi Optimalisasi 2	60
Tabel 5. 13 Waktu Simpang Tlogosari Jam Sibuk Sore Optimalisasi 1	60
Tabel 5. 14 Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Sore Optimalisasi 1	61
Tabel 5. 15 Waktu Simpang Tlogosari Jam Sibuk Sore Optimalisasi 2	61
Tabel 5. 16 Kinerja Simpang Tlogosari Jam Sibuk Sore Optimalisasi 2	62

Tabel 5. 17 Hasil Optimalisasi dengan Penyesuaian Desain Persimpangan	63
Tabel 5. 18 Perbandingan Indikator Kinerja Derajat Kejenuhan Simpang Jam Sibuk Pagi	64
Tabel 5. 19 Perbandingan Indikator Kinerja Derajat Kejenuhan Simpang Jam Sibuk Sore	65
Tabel 5. 20 Perbandingan Indikator Kinerja Tundaan Simpang Jam Sibuk Pagi	66
Tabel 5. 21 Perbandingan Indikator Kinerja Tundaan Simpang Jam Sibuk Sore	67
Tabel 5. 22 Perbandingan Indikator Kinerja Panjang Antrian Simpang Jam Sibuk Pagi.....	68
Tabel 5. 23 Perbandingan Indikator Kinerja Panjang Antrian Simpang Jam Sibuk Sore	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Visualisasi Layout Simpang Tlogosari, Kota Semarang	2
Gambar 2. Peta Tata Guna Lahan dan Layout Simpang Tlogosari, Kota Semarang.....	6
Gambar 3. Visualisasi pendekatan Utara simpang – Jl. Tlogosari.....	7
Gambar 4. Visualisasi pendekatan Tenggara – Jl. Soekarno Hatta.....	7
Gambar 5. Visualisasi pendekatan Selatan – Jl. Supriyadi	8
Gambar 6. Visualisasi pendekatan Barat – Jl. Medoho.....	8
Gambar 7. Visualisasi pendekatan Barat Laut – Jl. Soekarno Hatta.....	9
Gambar 8. Tipikal kendaraan dengan kategori Sepeda Motor	11
Gambar 9. Tipikal kendaraan dengan kategori Mobil Penumpang	11
Gambar 10. Tipikal kendaraan dengan kategori Bus	12
Gambar 11. Tipikal kendaraan dengan kategori Truk.....	13
Gambar 12. Diagram Pencarian Gerakan Jam Puncak.....	17
Gambar 13. Gerakan tumpang tindih dengan fase sederhana	21
Gambar 14. Gerakan dengan beberapa tumpang tindih	21
Gambar 15. Model Dasar Akcelik dan Definisi Arus Jenuh	29
Gambar 16. Model Dasar Akcelik dan Definisi Waktu Hilang.....	30
Gambar 17. Bagan Alir Penelitian.....	45
Gambar 18. Pengaturan Fase 1 Simpang Tlogosari	49
Gambar 19. Pengaturan Fase 2 Simpang Tlogosari	49
Gambar 20. Pengaturan Fase 3 Simpang Tlogosari	50
Gambar 21. Pengaturan Fase 4 Simpang Tlogosari	51
Gambar 22. Pengaturan Fase 5 Simpang Tlogosari	51
Gambar 23. Klasifikasi Lajur Simpang Tlogosari.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei Inventarisasi	80
Lampiran 2 Formulir Critical Movement Search Table – (a) DATA	81
Lampiran 3 Formulir Critical Movement Search Table – (b) CALCULATIONS	81
Lampiran 5 Data Inventarisasi Simpang Tlogosari.....	82
Lampiran 6 Diagram Fase Jam Sibuk Pagi Simpang Tlogosari.....	83
Lampiran 7 Diagram Fase Jam Sibuk Siang Simpang Tlogosari.....	83
Lampiran 8 Diagram Fase Jam Sibuk Sore Simpang Tlogosari	83
Lampiran 9 Diagram Fase Optimalisasi 1 Jam Sibuk Pagi Simpang Tlogosari .	83
Lampiran 10 Diagram Fase Optimalisasi 2 Jam Sibuk Pagi Simpang Tlogosari	84
Lampiran 11 Diagram Fase Optimalisasi 1 Jam Sibuk Sore Simpang Tlogosari	84
Lampiran 12 Diagram Fase Optimalisasi 2 Jam Sibuk Sore Simpang Tlogosari	84
Lampiran 13 Diagram Fase Optimalisasi Jam Keritis Simpang Tlogosari	84
Lampiran 14 Hasil Survei Volume Kendaraan Simpang Tlogosari Jam Sibuk Pagi.....	85
Lampiran 15 Hasil Survei Volume Kendaraan Simpang Tlogosari Jam Sibuk Siang.....	86
Lampiran 16 Hasil Survei Volume Kendaraan Simpang Tlogosari Jam Sibuk Sore	87

INTISARI

Penggunaan Metode Pengendalian Persimpangan dengan Movement Based untuk Optimalisasi Simpang Berkaki Lima (Studi Kasus: Simpang Lima Tlogosari)

Oleh

AVIN MAULANA

2003001

Penelitian ini membahas tentang upaya evaluasi dan optimalisasi pada Simpang Tlogosari, Kota Semarang. Simpang Tlogosari merupakan persimpangan yang memiliki lima pendekat dengan pergerakan volume lalu lintas cukup tinggi. Pada saat jam puncak, kondisi eksisting simpang sering terjadi kemacetan hingga menimbulkan antrian panjang pada tiap kaki simpang. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan manajemen rekayasa lalu lintas dengan melakukan peningkatan kinerja Simpang Tlogosari agar lebih optimal. Analisis pada penelitian ini menggunakan perhitungan dengan pendekatan *Movement Based* Metode Akcelik dengan keluaran berupa indikator kinerja simpang meliputi derajat kejenuhan (DS), tundaan dan panjang antrian. Alternatif usulan yang dapat diterapkan pada penelitian ini yaitu dengan optimalisasi pengaturan waktu siklus dan waktu fase serta dengan melakukan perubahan desain geometrik simpang agar dapat meningkatkan kinerja simpang. Hasil dari analisis diketahui pada jam sibuk pagi dengan menerapkan optimalisasi menggunakan plan 2, indikator kinerja simpang mengalami perbaikan dengan menunjukkan penurunan nilai DS sebesar 6,2%, tundaan sebesar 15,0% dan panjang antrian sebesar 15,2% dari kondisi simpang eksisting. Sedangkan hasil dari analisis pada jam sibuk sore dengan menerapkan optimalisasi menggunakan plan 3, indikator kinerja simpang mengalami perbaikan dengan menunjukkan penurunan nilai DS sebesar 29,9%, tundaan sebesar 38,7% dan panjang antrian sebesar 41,2% dari kondisi simpang eksisting.

Kata Kunci: Simpang lima, *movement based*, tundaan

ABSTRACT

Penggunaan Metode Pengendalian Persimpangan dengan Movement Based untuk Optimalisasi Simpang Berkaki Lima (Studi Kasus: Simpang Lima Tlogosari)

By

AVIN MAULANA

2003001

This research discusses the evaluation and optimization efforts at Tlogosari Intersection, Semarang City. Tlogosari Intersection is an intersection that has five approaches with high traffic volume movements. During peak hours, the existing conditions of the intersection often cause congestion, causing long queues at each leg of the intersection. Based on these problems, it is necessary to carry out traffic engineering management by improving the performance of the Tlogosari Intersection to make it more optimal. The analysis in this study uses calculations with the movement-based Akcelik Method approach, with outputs in the form of intersection performance indicators including degree of saturation (DS), delay, and queue length. Alternative proposals that can be applied in this study are optimizing cycle time and phase time settings and making changes to the geometric design of the intersection in order to improve intersection performance. The results of the analysis are known in the morning peak hour by implementing optimization using plan 2, the intersection performance indicators have improved by showing a decrease in DS value by 6.2%, delay by 15.0%, and queue length by 15.2% from the existing intersection conditions. While the results of the analysis in the afternoon peak hour by applying optimization using plan 3 showed an improvement in the intersection performance indicators by showing a decrease in DS value of 29.9%, delay of 38.7%, and queue length of 41.2% from the existing intersection conditions.

Keywords: Intersection five, movement based, delay

BAB I

PENDAHULUAN

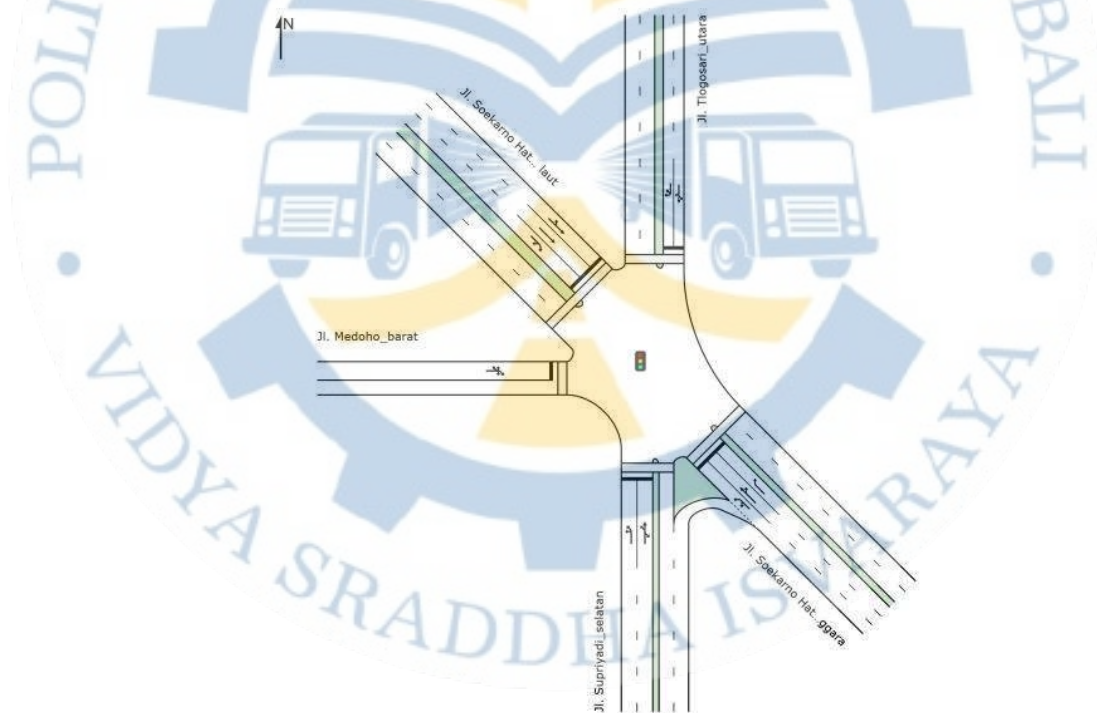
1.1.Latar Belakang

Transportasi merupakan hal penting dalam memberikan dukungan untuk melakukan kegiatan pergerakan perjalanan dari suatu lokasi asal menuju lokasi tujuan guna pemenuhan kebutuhan harian. Sistem transportasi yang baik dapat dicapai apabila mampu memberikan layanan yang aman, cepat, nyaman dan berkelanjutan. Seiring berjalannya waktu, transportasi darat khususnya semakin menunjukkan perkembangan dan peningkatan yang bergitu pesat. Meningkatnya aktivitas lalu lintas akan menyebabkan jumlah volume kendaraan di suatu ruas jalan dan simpang menjadi bertambah.

Kota Semarang sebagai kota inti pusat pemerintahan dan kegiatan di Provinsi Jawa Tengah memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.659.975 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 0,21% per tahun 2021-2022. Dari total penduduk Kota Semarang secara keseluruhan, 64,8% merupakan penduduk usia produktif yang bekerja, punya pekerjaan namun sementara tidak bekerja dan pengangguran dengan kelompok usia diatas 15 tahun (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2023). Dengan kondisi tersebut berpotensi menimbulkan banyak pergerakan dan perjalanan sehingga dapat mempengaruhi karakteristik dan pola lalu lintas. Banyaknya pergerakan membuat perjalanan yang terjadi semakin bertambah dan memungkinkan akan terciptanya peluang titik kepadatan lalu lintas pada jam-jam sibuk (pagi; siang; sore) terutama pada akses keluar masuk pusat kegiatan. Hal ini diperkuat dengan banyaknya jumlah kepemilikan kendaraan bermotor di Kota Semarang yaitu sebanyak 1.882.886 kendaraan lebih banyak dari jumlah penduduk yang ada (Polda Jawa Tengah, 2023).

Manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung dan

memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas. Kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya dengan melakukan pengendalian lalu lintas pada persimpangan. Di Kota Semarang terdapat salah satu persimpangan yang memiliki lima pendekatan kemudian disebut dengan simpang lima dengan permasalahan kinerja yang belum optimal yaitu Simpang lima ber-APILL Tlogosari. Permasalahan ini dapat terjadi karena beberapa hal seperti volume arus lalu lintas tiap-tiap pendekatan yang tinggi, pengaturan waktu APILL dan kondisi geometri pada simpang. Penggunaan APILL pada persimpangan mampu mengurangi konflik antar pergerakan kendaraan dan meningkatkan keselamatan bagi pengguna jalan. Namun, penerapan control APILL yang tidak tepat dapat menyebabkan kemacetan dan meningkatkan resiko tabrakan dari belakang (Marzoug et al., 2022).



Gambar 1. Visualisasi Layout Simpang Tlogosari, Kota Semarang

Simpang Tlogosari memiliki lima kaki simpang dimana tiap kakinya memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Kelima kaki simpang tersebut terdiri atas: Jalan Tlogosari pada bagian Utara mengarah ke pusat kegiatan komersil (pertokoan); Jalan Soekarno Hatta 1 pada bagian Tenggara merupakan penghubung

dari jalan utama Jl. Majapahit ke pusat kegiatan wisata (Masjid Agung Jawa Tengah); Jalan Supriyadi pada bagian Selatan; Jalan Medoho pada bagian Barat dan Jalan Soekarno Hatta 2 pada bagian Barat Laut. Pada kondisi jam puncak volume lalu lintas di tiap kaki simpang mengalami peningkatan yang cukup signifikan sehingga sering menimbulkan tundaan dan antrian lalu lintas panjang pada simpang. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu manajemen rekayasa lalu lintas simpang agar diperoleh optimalisasi kinerja persimpang.

Optimalisasi dilakukan dengan dasar melihat bagaimana kinerja persimpangan (DS, tundaan, panjang antrian) apabila volume kendaraan yang masuk ke simpang melebihi kapasitas yang mampu dilayani oleh simpang. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 merupakan pedoman yang dapat dipergunakan untuk melakukan perhitungan kinerja simpang ber-APILL. Namun, perhitungan kinerja simpang ber-APILL pada PKJI 2023 hanya dapat menghasilkan perhitungan optimal pada simpang tiga dan simpang empat belum termasuk simpang 5. Oleh karena itu, analisis kinerja simpang lima ber-APILL menggunakan PKJI 2023 belum dapat menghasilkan perhitungan yang optimal. Sebagai alternatif yang dapat digunakan untuk menangani hal tersebut maka perhitungan kinerja persimpangan dengan lima pendekatan dapat dilakukan dengan metode Akcelik.

Metode Akcelik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan analisis kinerja dan evaluasi pada simpang 5 ber-APILL dengan pendekatan *movement based*. Secara teoritis Akcelik menerapkan konsep pergerakan arus mengikuti disiplin lajur (*lane based*) sebagai landasannya dimana karakteristik pelepasan arus kendaraan dan reaksi pengemudi sangat berpengaruh (Muntazar & Isya, 2017). Menekankan konsep pergerakan arus lalu lintas (*critical movement*), Metode Akcelik dapat menghasilkan perhitungan kapasitas dan waktu hijau minimum yang sesuai dengan kebutuhan untuk tiap-tiap gerakan lalu lintas yang terjadi pada lajur pendekat persimpangan. Artinya pengaturan waktu lampu lalu lintas pada simpang dilakukan dengan berdasar pergerakan arus kendaraan yang paling keritis (Akcelik, 1998). Dengan menerapkan perhitungan evaluasi dan optimalisasi kinerja simpang 5 ber-APILL menggunakan pendekatan Metode

Akcelik diharapkan mampu memberikan alternatif pemecahan masalah secara efektif dan optimal pada kasus yang sedang terjadi pada Simpang 5 ber-APILL Tlogosari, Kota Semarang.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis mengambil penelitian berjudul “Penggunaan Metode Pengendalian Persimpangan Dengan Movement Based untuk Optimalisasi Simpang Berkaki Lima (Studi Kasus: Simpang Tlogosari)”

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik volume lalu lintas dan kinerja Simpang 5 ber-APILL Tlogosari, Kota Semarang saat jam sibuk pagi, siang dan sore dengan pendekatan *movement based*?
2. Bagaimana model perencanaan desain optimalisasi pengaturan waktu APILL yang dapat diterapkan pada Simpang 5 Tlogosari, Kota Semarang dengan pendekatan *Movement Based*?

1.3.Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka diperoleh tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja lalu lintas melalui pendekatan pergerakan lalu lintas (*movement based*) pada Simpang 5 Tlogosari, Kota Semarang saat jam sibuk pagi, siang dan sore
2. Mengetahui alternatif solusi dan rekomendasi optimalisasi kinerja persimpangan pada saat jam puncak menggunakan pendekatan *movement base* berdasarkan model perencanaan desain pengaturan waktu APILL Simpang 5 Tlogosari, Kota Semarang

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa pemecahan masalah lalu lintas di Kota Semarang beserta turunannya yaitu alternatif untuk mengurangi tingkat kemacetan dan kepadatan kendaraan pada simpang, khususnya pada Simpang 5 ber-APILL Tlogosari. Manfaat yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Sebagai masukan dan pertimbangan bagi Dinas Perhubungan Kota Semarang dan instansi terkait dalam melakukan manajemen rekayasa lalu lintas pada Simpang 5 Tlogosari, Kota Semarang.
2. Memberikan alternatif solusi dan rekomendasi optimalisasi kinerja persimpangan pada saat kondisi keritis simpang menggunakan pendekatan movement base untuk desain pengaturan waktu APILL Simpang 5 Tlogosari, Kota Semarang.

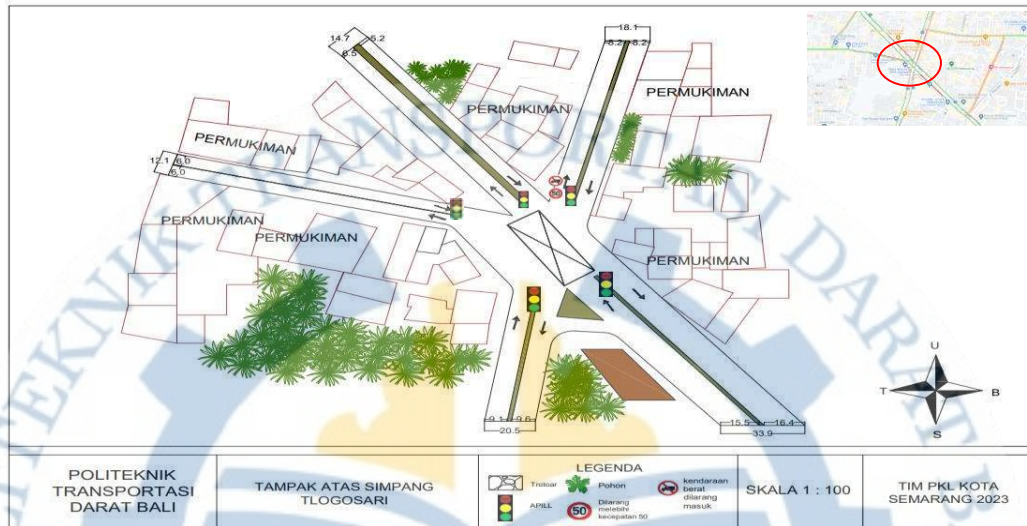
1.5. Batasan Masalah

1. Lokasi penelitian: Simpang Tlogosari, Kota Semarang
2. Penelitian ini menganalisis kondisi persimpangan pada saat kondisi jam sibuk pagi, siang dan sore
3. Parameter kinerja yang digunakan pada penelitian ini adalah Derajat Kejenuhan, Tundaan lalu lintas dan Panjang Antrian
4. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *movement based* (Akcelik, 1998).

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1.Kondisi Wilayah



Gambar 2. Peta Tata Guna Lahan dan Layout Simpang Tlogosari, Kota Semarang

Simpang Tlogosari merupakan simpang ber-APILL yang memiliki lima kaki simpang terletak di Kelurahan Kalicari, Kecamatan Pedurungan, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Simpang lima Tlogosari memiliki 2 kaki simpang dengan arus mayor dan 3 kaki simpang dengan arus minor. Dua kaki simpang mayor tersebut adalah Jalan Soekarno Hatta bagian Tenggara dan Jalan Soekarno Hatta bagian Barat Laut. Sementara itu 3 kaki simpang minor yaitu terletak pada Jalan Tlogosari pada bagian Utara, Jalan Supriyadi pada bagian Selatan dan Jalan Medoho pada bagian Barat.

2.2.Kondisi Objek

Simpang Tlogosari memiliki lima pendekat simpang dengan karakteristik dan arus lalu lintas yang berbeda-beda. Berikut merupakan karakteristik dan visualisasi kondisi tiap pendekat Simpang Tlogosari:

1. Visualisasi pendekat Utara simpang – Jl. Tlogosari



Gambar 3. Visualisasi pendekatan Utara simpang – Jl. Tlogosari

Pendekat Utara pada Jalan Tlogosari merupakan kaki simpang yang memiliki 2 lajur pendekat. Kondisi karakteristik tata guna lahan pada pendekat Utara Simpang adalah komersil dengan banyak pertokoan dan kegiatan dagang pada lahan bagian samping kiri dan kanan jalan sehingga menimbulkan banyak hambatan samping. Selain itu, terdapat juga beberapa kendaraan pribadi yang memarkirkan kendaraannya di tepi jalan sehingga mengurangi lebar efektif untuk kegiatan lalu lintas. Karakteristik perilaku pengemudi khususnya sepeda motor pada pendekat Utara simpang lebih cenderung berhenti di depan garis henti (*stop line*) sehingga menghambat kendaraan yang akan belok kiri jalan terus serta menurunkan tingkat disiplin dan tertib lalu lintas.

2. Visualisasi pendekatan Tenggara – Jl. Soekarno Hatta



Gambar 4. Visualisasi pendekatan Tenggara – Jl. Soekarno Hatta

Pendekat Tenggara yaitu Jalan Soekarno Hatta memiliki 3 lajur pendekat dengan arus lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan pribadi (MP, SM) dan

terdapat kendaraan angkutan penumpang dan barang (KS, BB, TB). Tingkat heterogenitas karakteristik arus lalu lintas pada Jalan Soekarno Hatta sangatlah tinggi dikarenakan arus lalu lintas dari kaki simpang ini mengarah pada kawasan pendidikan, wisata religi, logistik (bongkar muat muatan truk), pusat kegiatan olahraga dan pusat kesehatan.

3. Visualisasi pendekatan Selatan – Jl. Supriyadi



Gambar 5. Visualisasi pendekatan Selatan – Jl. Supriyadi

Pada kaki simpang Jalan Supriyadi memiliki 2 lajur pendekatan simpang dengan terdapat kawasan pendidikan salah satunya yaitu SD Negeri Kalicari 01 yang akses keluar masuknya terletak tepat pada ujung mulut kaki simpang bagian Selatan. Kondisi seperti ini kemudian akan membuat terciptanya tambahan pergerakan atau perjalanan dari dan ke simpang sehingga akan mempengaruhi jumlah volume lalu lintas (Tamin, 2000).

4. Visualisasi pendekatan Barat – Jl. Medoho



Gambar 6. Visualisasi pendekatan Barat – Jl. Medoho

Pada pendekat Barat simpang yaitu Jalan Medoho memiliki 1 lajur pendekat simpang. Kondisi karakteristik tata guna lahan pada pendekat Barat adalah komersil dengan banyak pertokoan dan kegiatan dagang pada lahan bagian kiri dan kanan samping jalan, sehingga menyebabkan terciptanya hambatan samping salah satunya berupa penurunan kecepatan yang diakibatkan terdapatnya kendaraan berbelok untuk menuju pusat pertokoan atau perdagangan tersebut.

5. Visualisasi pendekat Barat Laut – Jl. Soekarno Hatta



Gambar 7. Visualisasi pendekat Barat Laut – Jl. Soekarno Hatta

Serupa dengan pendekat Tenggara, pendekat Barat Laut yaitu Jalan Soekarno Hatta memiliki 3 lajur pendekat dengan arus lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan pribadi (MP, SM) dan terdapat kendaraan angkutan penumpang dan barang (KS, BB, TB). Tingkat heterogenitas karakteristik arus lalu lintas pada Jalan Soekarno Hatta sangatlah tinggi dikarenakan arus lalu lintas dari kaki simpang ini mengarah dari dan ke kawasan pendidikan, wisata religi, logistik (bongkar muat muatan truk), pusat kegiatan olahraga dan pusat kesehatan.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Tinjauan Pustaka

3.1.1. Transportasi

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan yang digerakan oleh manusia atau mesin (Utami et al., 2020). Transportasi merupakan kebutuhan pendukung bukan yang utama digunakan untuk memudahkan perpindahan manusia untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Permasalahan transportasi di beberapa negara berbeda-beda, untuk beberapa negara sedang berkembang kondisi permasalahan transportasinya sudah dalam tahap yang parah. Tren pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor pada suatu daerah juga akan membawa dampak positif apabila dibarengi dengan peningkatan sarana dan prasarana pendukung transportasi yang ada. Sebaliknya, apabila yang mengalami peningkatan hanya jumlah kendaraan bermotornya saja sedangkan sarana dan prasarana transportasinya tidak justru akan menyebabkan permasalahan transportasi pada daerah tersebut baik berupa kemacetan, polusi udara, kecelakaan dan dampak-dampak negatif yang bisa berpengaruh hingga pada permasalahan perekonomian dan politik.

3.1.2. Kendaraan

Kendaraan adalah suatu sarana angkut di jalan yang terdiri atas Kendaraan Bermotor dan Kendaraan Tidak Bermotor (LALU LINTAS DAN ANGKUTAN JALAN, 2009). Kendaraan terbagi menjadi 2 yaitu kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan dengan peralatan mekanik berupa mesin (listrik atau bensin) selain kendaraan yang berjalan di atas rel. Sedangkan yang disebut kendaraan tidak bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh tenaga manusia dan/atau hewan (KENDARAAN, 2012).

Kendaraan bermotor menurut jenisnya sesuai PP Nomor 55 tahun 2012 tentang Kendaraan dengan klasifikasi kendaraan sesuai PKJI 2023 terdiri atas beberapa jenis, meliputi:

1. Sepeda Motor, yaitu kendaraan bermotor beroda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor beroda tiga tanpa rumah-rumah. Dengan karakteristik jenis kendaraan, kendaraan bermotor roda 2 dan 3 dengan panjang $< 2,5$ m.
Tipikal kendaraan: Sepeda motor dan kendaraan bermotor roda 3. Selanjutnya, untuk sepeda motor dan kendaraan bermotor roda 3 termasuk ke dalam klasifikasi sepeda motor (SM) dalam penentuan nilai ekuivalensi mobil penumpang (emp).



(Sumber : PKJI 2023)

Gambar 8. Tipikal kendaraan dengan kategori Sepeda Motor

2. Mobil Penumpang, yaitu kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk maksimal 8 orang, termasuk untuk Pengemudi atau yang beratnya tidak lebih dari 3.500 kilogram. Dengan karakteristik jenis kendaraan, mobil penumpang 4 tempat duduk, mobil penumpang 7 tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang $\leq 5,5$ m.



(Sumber : PKJI 2023)

Gambar 9. Tipikal kendaraan dengan kategori Mobil Penumpang

Tipikal kendaraan: Sedan, Jeep, Minibus, Mikrobus, Pickup dan Truk Kecil. Selanjutnya, untuk kendaraan mobil penumpang berupa sedan, jeep, minibus, mikrobus, pickup dan truk kecil termasuk ke dalam klasifikasi kendaraan sedang (KS) dalam penentuan nilai ekuivalensi mobil penumpang (emp).

3. Mobil Bus, yaitu kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk lebih dari 8 orang, termasuk untuk Pengemudi atau yang beratnya lebih dari 3.500 kilogram. Dengan karakteristik jenis kendaraan, Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 sumbu dengan panjang $\leq 9,0$ m; Bus besar 2 dan 3 gandar dengan panjang $\leq 12,0$ m.

Tipikal kendaraan: Bus tanggung, Bus Metromini, Bus antar kota dan Bus *double decker city tour*.

Berikut merupakan jenis-jenis mobil bus:

- a. Mobil bus kecil
- b. Mobil bus sedang
- c. Mobil bus besar
- d. Mobil bus maxi
- e. Mobil bus tingkat
- f. Mobil bus gandeng
- g. Mobil bus tempel

Selanjutnya, untuk kendaraan mobil bus kecil termasuk ke dalam klasifikasi kendaraan sedang (KS) dalam penentuan nilai ekuivalensi mobil penumpang (emp). Sedangkan untuk mobil bus sedang, besar, maxi, tingkat gandeng dan tempel termasuk ke dalam klasifikasi kendaraan berat (KB) dalam penentuan nilai ekuivalensi mobil penumpang (emp).



(Sumber : PKJI 2023)

Gambar 10. Tipikal kendaraan dengan kategori Bus

4. Mobil Barang, yaitu kendaraan bermotor yang dirancang sebagian atau seluruhnya untuk mengangkut barang. Dengan karakteristik jenis kendaraan, Mobil angkutan barang 3 sumbu, mobil angkutan barang 2 sumbu dengan panjang $\leq 9,0$ m; truk gandeng, dan truk tempel (semi trailer) dengan panjang $> 12,0$ m. Selanjutnya, untuk kendaraan mobil barang dalam kelompok ini masuk ke dalam klasifikasi kendaraan berat (KB) dalam penentuan nilai ekuivalensi mobil penumpang (emp).

Tipikal kendaraan: Truk sedang, truk tronton, truk semi trailer dan truk gandeng.

Mobil barang memiliki dibagi menjadi beberapa jenis, meliputi:

- a. Mobil bak muatan terbuka
- b. Mobil bak muatan tertutup
- c. Mobil tangka
- d. Mobil penarik



(Sumber : PKJI 2023)

Gambar 11. Tipikal kendaraan dengan kategori Truk

5. Kendaraan Khusus, yaitu kendaraan yang dirancang bangun dengan penggunaan untuk fungsi tertentu. Yang dimaksud fungsi tertentu tersebut adalah untuk keperluan militer, ketertiban dan keamanan masyarakat, alat produksi dan mobilitan penyandang disabilitas.

Pengelompokan kendaraan bermotor berdasarkan fungsi penggunaannya:

1. Kendaraan bermotor umum, yaitu setiap kendaraan bermotor yang disediakan untuk dipergunakan oleh masyarakat umum dengan dipungut biaya.
2. Kendaraan bermotor perseorangan, yaitu kendaraan yang digunakan untuk kepentingan pribadi atau individu

3.1.3. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Ekuivalensi mobil penumpang kemudian disebut EMP adalah penyesuaian faktor nilai konversi dari berbagai jenis kendaraan meliputi sepeda motor, kendaraan sedang, bus besar dan truk besar yang dibandingkan terhadap mobil penumpang sehubungan dengan pengaruhnya kepada kapasitas jalan (Direktorat Jendral Bina Marga, 2023).

Tabel 3. 1 Ekuivalensi mobil penumpang (EMP)

Jenis kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	Terlindung (P)	Terlawan (O)
MP	1,00	1
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

(PKJI 2023)

Keterangan:

MP: mobil penumpang 4 tempat duduk, mobil penumpang 7 tempat duduk, mikrobus, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang $\leq 5,5$ m

KS: Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 sumbu dengan panjang $\leq 9,0$ m

SM: Kendaraan bermotor roda 2 dan 3 dengan panjang $< 2,5$ m.

3.1.4. Simpang

1. Persimpangan sebidang adalah pertemuan dan atau perpotongan ruas jalan sehingga terjadi konflik arus lalu lintas (Hutahaean Greace & Susilo Hartanto, 2021). Pada umumnya simpang tak-bersinyal dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) dipergunakan pada daerah permukiman perkotaan

dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas rendah (Direktorat Jendral Bina Marga, 2023).

2. Pada persimpangan bersinyal pergerakan kendaraan dikendalikan oleh lampu lalu lintas untuk memastikan keamanan dan kelancaran arus lalu lintas (Marzoug et al., 2022). Menurut PKJI 2023 (Direktorat Jendral Bina Marga, 2023), simpang bersinyal dipergunakan dengan alasan-alasan sebagai berikut:
 - a. Untuk menghindari terjadinya kemacetan simpang yang diakibatkan oleh adanya konflik lalu lintas
 - b. Untuk memberi kesempatan bagi kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan minor untuk memotong/melewati jalan mayor
 - c. Untuk menciptakan keselamatan dalam berlalu lintas dan meminimalkan terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

Pada pengaturan simpang bersinyal terdapat waktu hijau, kuning dan merah, diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu, diantara pengaturan tersebut terdapat waktu periode antar hijau ($IG = \text{kuning} + \text{merah}$) yang berfungsi sebagai berikut:

- a. Memperingatkan lalu lintas yang sedang bergerak bahwa waktu fase (waktu hijau pada arus lalu lintas yang sedang diberikan) sudah berakhir
- b. Menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau yang baru saja diakhiri memperoleh waktu yang cukup untuk ke luar dari daerah konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki daerah yang sama di persimpangan.

3.1.5. Analisis Simpang dengan Pendekatan *Movement Based* (Akcelik, 1998)

Secara teoritis Akcelik menerapkan konsep pergerakan arus mengikuti disiplin lajur (*lane based*) sebagai landasannya dimana karakteristik pelepasan arus kendaraan dan reaksi pengemudi sangat berpengaruh (Muntazar & Isya, 2017). Akcelik dalam hal ini merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan analisis kinerja dan evaluasi pada simpang 5 ber-APILL dengan

pendekatan movement based. Menekankan konsep pergerakan arus lalu lintas (critical movement), Metode Akcelik dapat menghasilkan perhitungan kapasitas dan waktu hijau minimum yang sesuai dengan kebutuhan untuk tiap-tiap gerakan lalu lintas yang terjadi pada lajur pendekat persimpangan. Artinya pengaturan waktu lampu lalu lintas pada simpang dilakukan dengan berdasar pergerakan arus kendaraan yang paling keritis (Akcelik, 1998). Berikut merupakan variabel yang digunakan dalam perhitungan dalam metode Akcelik, 1998:

1. Pergerakan keritis (*Critical Movement*)

Memasukkan data hasil survei berupa data waktu fase dan volume arus lalu lintas. Untuk setiap pergerakan volume lalu lintas per lajurnya dihitung dengan:

$$y = q/s \quad 3.1$$

Dimana:

y : rasio antara arus volume lalu lintas dengan kapasitas arus jenuh pada simpang

q : arus volume lalu lintas (kend/jam)

s : kapasitas arus jenuh pada simpang

$$u = y/x_p \quad 3.2$$

Dimana:

u : rasio waktu hijau

y : $(\frac{q}{s})$

x_p : tingkat kejenuhan praktis

$$(100 + \ell) \quad 3.3$$

Dimana:

ℓ : waktu hilang (*lost time*), waktu kehilangan awal (a) dikurangi waktu kehilangan akhir (b)

$$t_m = G_m + I$$

3. 4

Dimana:

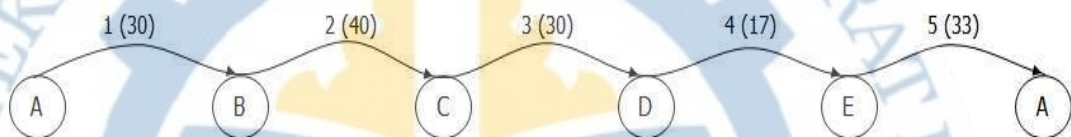
t_m : penjumlahan antara tampilan waktu hijau minimum (detik) dengan waktu antar hijau (detik)

G_m : tampilan waktu hijau minimum (detik)

I : waktu antar hijau (*intergreen*)

2. Diagram pencarian gerakan keritis (*Critical Movement Search*)

Lakukan penggambaran diagram gerakan jam puuncak melalui diagram pentahapan. Contoh diagram dapat dipersiapkan sebagai berikut:



Gambar 12. Diagram Pencarian Gerakan Jam Puncak

Keterangan:

- Gambar lingkaran menunjukkan urutan fase
- Penghubung lingkaran berupa *link* (pergerakan) didasarkan awal dan akhir waktu fase
- Angka dalam kurung merupakan jumlah waktu hijau pada tiap-tiap pergerakan

3. *Non-overlap Movements*

Bandingkan nilai t (waktu bergerak) dari gerakan yang tidak gerakan tumpang tindih pada setiap fasenya. Pilih gerakan dengan nilai t (waktu bergerak) terbesar (gerakan yang representatif) dan hilangkan variabel lain (nilai yang lebih kecil). Apabila urutan fase tanpa gerakan tumpang tindih maka dapat langsung ke tahap 5.

4. *Overlap Movements*

Bandingkan nilai t (waktu bergerak) dari gerakan tumpang tindih yang menerima hak jalan dalam satu waktu yang sama, kemudian pilih yang memiliki nilai t terbesar dan hilangkan variabel lain (nilai yang lebih kecil). Misal pada gambar diagram pencarian gerakan jam puncak, antara fase A ke fase A (1 dan

7) atau (2, 3 dan 7) dan antara fase B ke fase B pergerakan kritisnya adalah (1 dan 7) atau (2, 3 dan 7) atau (3 dan 4). Mana yang memiliki lama waktu pergerakan jam puncak terpanjang, maka waktu total tersebut yang diambil.

$$T_{1,7} = t_1 + t_7 = 27 + 22 = 49$$

$$T_{2,3,7} = t_2 + t_3 + t_7 = 22 + 37 + 22 = 81$$

$$T_{3,4} = t_3 + t_4 = 37 + 60 = 97$$

Karena pergerakan pada $T_{3,4}$ merupakan total lama waktu pergerakan jam puncak terbesar, maka pergerakan tertinggi pada jam puncak menggunakan $t_{3,4}$ (Akelik, 1998).

5. Parameter Persimpangan (*Intersection Parameters*)

Parameter perhitungan simpang L (waktu hilang), Y rasio arus dan U (rasio waktu hijau) merupakan penjumlahan dari parameter pergerakan tertinggi pada jam puncak. L (waktu hilang) harus disertai nilai hijau minimum dari setiap gerakan tertinggi pada jam puncak.

6. Perhitungan Waktu Siklus (*Cycle Time Calculation*)

- a. Perkiraan waktu siklus optimal dapat digunakan dengan rumus

$$C_o = \frac{(1,4 + k)L + 6}{1 - Y} \quad 3.5$$

Dimana:

C_o : perkiraan waktu siklus optimal dalam detik

L : waktu hilang pada simpang dalam detik

Y : rasio arus pada simpang

k : $K/100$, adalah parameter yang diberikan stop penalty

Nilai stop penalty (K), diberikan sehingga dapat menghitung beberapa keluaran data tambahan meliputi:

k : 0,4 ; nilai untuk menetapkan konsumsi minimum BBM yang dibutuhkan untuk melalui persimpangan

k : 0,2 ; nilai untuk menetapkan biaya minimum yang dikeluarkan untuk melalui persimpangan

k : 0 ; nilai yang menghasilkan waktu untuk tundaan yang minimum

b. Selanjutnya dapat diketahui waktu siklus praktis sebagai berikut:

$$C_p = L/(1 - U) \quad 3.6$$

Dimana:

L = waktu hilang persimpangan (det)

U = rasio waktu hijau fase terkait

Cara tersebut dapat dipergunakan untuk memperoleh waktu siklus minimum yang diperlukan pada persimpangan untuk konsentrasi arus jenuh praktis yang ditentukan oleh data pergerakan arus lalu lintas ($x = x_p$ untuk *critical movements* dan $x < x_p$ untuk *non-critical movements*).

c. Penentuan waktu siklus untuk optimalisasi

Nilai waktu siklus diperoleh dari perhitungan waktu siklus praktis pada persamaan 3.6 untuk waktu siklus sesuai dengan pengaturan kondisi eksisting. Sedangkan untuk menghasilkan perkiraan waktu siklus optimal dapat menggunakan perhitungan dengan persamaan 3.5 dengan penyesuaian nilai *K*. Dalam upaya peningkatan kinerja simpang dengan optimalisasi pengaturan waktu digunakan rentang nilai yang terdapat pada perhitungan nilai waktu siklus C_p dengan C_o .

7. *Cycle Time Choice*

Pemilihan waktu siklus dikatakan memenuhi syarat nilai waktu siklus maksimum yang dapat diterima apabila tidak lebih dari 120-150 detik. Untuk penerapan di lapangan, angka nilai waktu siklus dapat dibulatkan ke kelipatan terdekat 5 sampai 10 detik.

8. *Checking Critical Movements*

Memeriksa pergerakan tertinggi di jam puncak untuk melihat kevalidan pergerakan. Pada beberapa kasus ditemukan gerakan tertinggi di jam puncak bergantung menyesuaikan dengan waktu siklus, terkhusus apabila total waktu yang dibutuhkan untuk gerakan lalu lintas serupa (langkah 4).

9. Waktu Hijau (*Green Times*)

Perhitungan waktu hijau untuk pergerakan, serta terkait perubahan waktu fase, seperti yang telah dijelaskan pada bagian perhitungan waktu hijau, untuk alasan praktis (lapangan) dilakukan pembulatan nilai waktu hijau ke nilai terdekat (detik).

Perhitungan waktu hijau dalam waktu siklus dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menghitung waktu hijau arus tertinggi
- b. Menghitung waktu hijau bukan arus tertinggi
- c. Menentukan waktu hijau fase

Direkomendasikan untuk perhitungan mempergunakan diagram *critical movement search*. Dengan demikian maka akan dapat membantu dalam memvisualisasikan hubungan antara gerakan dan fase dan antara gerakan dengan arus puncak dan tidak, khususnya apabila terdapat gerakan tumpang tindih. Hubungan secara umum antara pergerakan arus dengan waktu fase adalah sebagai berikut:

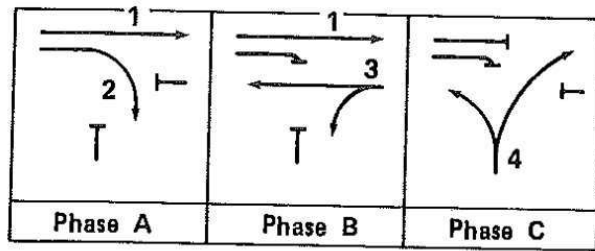
$$\Sigma(g + \ell) = \sum_i^{k-1} (G + I) \quad 3.7$$

Dimana:

$\Sigma(g + \ell)$: total waktu untuk beberapa pergerakan yang menerima hak jalan selama fase i to $k - 1$ secara berurutan

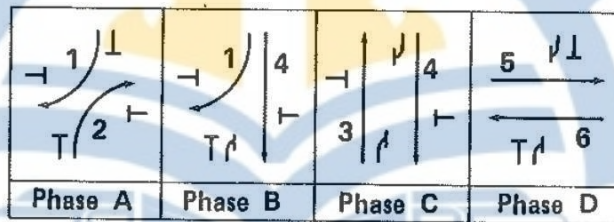
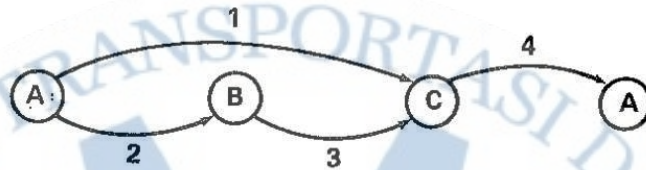
g, ℓ : gerakan hijau dan waktu hilang

G: Waktu hijau dan waktu antar hijau (i = fase awal, k = fase akhir)

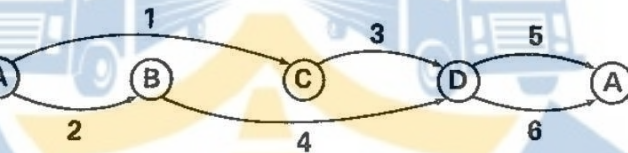


(Sumber: *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*, (Akcelik, 1998))

Gambar 13. Gerakan tumpang tindih dengan fase sederhana



(Sumber: *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*, (Akcelik, 1998))



Gambar 14. Gerakan dengan beberapa tumpang tindih

10. Movement Degrees of Saturation

Sebagai pengecekan akhir, hitung derajat kejenuhan (x), untuk mengetahuinya dapat dengan melihat alokasi waktu hijau yang diberikan. Jika $x \leq x_p$ untuk semua lajur pergerakan. Kondisi ini akan terpenuhi kecuali jika waktu siklus praktis (lapangan) ditemukan lebih besar dari waktu siklus maksimum yang ditetapkan ($c_p > c_{max}$) dan oleh karena itu waktu siklus yang dipilih adalah waktu siklus maksimum ($c = c_{max}$). Jika ditemukan $x > 1$ dengan waktu siklus menunjukkan bahwa sedang terjadi arus jenuh yang terlalu tinggi maka dapat dilakukan langkah-langkah untuk memperbaiki kondisi simpang.

11. Tundaan (*Delay*)

Untuk melakukan perhitungan tundaan dalam pergerakan pada simpang ber-APILL, dapat dilakukan dengan tahapan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{qc(1-u)^2}{2(1-y)} + N_o \times x \quad 3.8$$

Dimana:

D: tundaan total

qc: rata-rata jumlah arus kedatangan per siklus (q= arus kendaraan per detik; c= waktu siklus)

u: rasio waktu hijau (=g/c)

y: rasio arus (=q/s)

N_o: antrian rata-rata (DS > 1)

Tundaan rata-rata per kendaraan (detik) dapat diketahui melalui rumus:

$$d = \frac{D}{q} \quad 3.9$$

Dimana:

D: tundaan total

q: arus dalam kendaraan per detik

12. Panjang Antrian

Untuk mengetahui sisa panjang antrian setelah fase hijau berubah menjadi fase merah, dapat digunakan rumus berikut:

$$N_o = \left\{ \frac{QT_f}{4} \left(z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x-x_o)}{QT_f}} \right) \right\} \text{ for } x > x_o \quad 3.10$$

Dimana:

QT_f : Jumlah kendaraan aksimal yang dapat diloloskan pada suatu periode hijau

Z : x-1, hasil dari perhitungan ini mungkin akan mendapatkan nilai negatif jika x<1

x_o : hasil dari, $x_o = 0,67 + \frac{sg}{600}$

x : derajat kejenuhan, didapat dari rasio antara arus dengan kapasitas

Untuk mengetahui panjang antrian selama fase merah, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Nm = \frac{qr}{1 - y} + No \quad 3.11$$

Dimana:

- q : arus kendaraan per detik
- r : waktu merah
- No : sisa panjang antrian setelah fase hijau
- y : flow ratio, $y = q/s$

13. Tabel Perhitungan Kinerja dengan Akcelik

Berikut pada Tabel 3.2 merupakan contoh perhitungan waktu persimpangan dengan Metode Akcelik:

Tabel 3. 2 Perhitungan Waktu Simpang pada Akcelik (a) Movement Data

Movement	Phase	Intergreen I	Eff.green g	Start Loss	End lag b	Start Lag	Lost Time $g =$ $a - b$	Movement Time $t = g+g$	Displayed Green $G = g+g-I$

Sumber: (Akcelik, 1998)

Dimana:

- Movement : lajur perkerakan lalu lintas kendaraan dalam suatu pendekat
- Phase : fase hijau dari suatu lajur
- Intergreen : waktu antar hijau
- Eff green : waktu hijau efektif pada suatu lajur
- Start loss : waktu kehilangan pada awal hijau
- Start leg : waktu yang hilang dari waktu antar hijau ditambah waktu kehilangan awal hijau
- End leg : waktu yang tercipta setelah waktu hijau selesai untuk menghabiskan sisa kendaraan pada lajur
- Lost time : waktu hilang (Start leg – end leg)
- Movement time : waktu hijau efektif dan loss time (waktu pergerakan)

Displayed green : waktu hijau

Berikut pada Tabel 3.3 merupakan contoh perhitungan lanjutan dari waktu persimpangan dengan Metode Akcelik:

Tabel 3. 3 Perhitungan Waktu Simpang pada Akcelik (b) Phase Data

Phase	Intergreen I	Displayed Green G	Change Time F	Green Start F+I	Green End F+I+G

Sumber: (Akcelik, 1998)

Dimana:

Intergreen : waktu antar hijau

Displayed Green : waktu hijau

Change Time : waktu yang diperlukan untuk menghentikan suatu pergerakan pada fase hijau dan kemudian memulai suatu pergerakan pada fase hijau lainnya.

Green Start : penjumlahan antar Intergreen dengan Change Time

Green End : penjumlahan antara Intergreen, Change Time dan Display Green

Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan *saturation flow* atau arus jenuh (s):

Tabel 3. 4 Tabel *Base Saturation Flow* (tcu/h)

Lane Number	Environment and Lane Type	Sat. Flow (Table 3.4) tcu/h	Lane Width m	Factor, f_w	Sat. Flow tcu/h
a	b	c	d	e	f
1					
2					
3					

Sumber: (Akcelik 1998)

Dimana:

- a. Lane number: lajur pada pendekat simpang

- b. Environment and Lane Type: ditentukan dengan kondisi lajur pendekat untuk melakukan penentuan Environment Class dan Lane Type pada Tabel 3.5
- c. Sat. Flow (Table 3.4): penentuan Arus Jenuh Dasar dengan perhitungan pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Tabel Penentuan Arus Jenuh Dasar

Environment Class	Lane Type		
	1	2	3
A	1850	1810	1700
B	1700	1670	1570
C	1580	1550	1270

Sumber: (Akcelik, 1998)

Untuk menentukan arus jenuh dapat dilakukan dengan melihat kondisi Environment Class (kelas lingkungan) dengan Lane Type (tipe lajur). Environment Class (kelas lingkungan) merupakan klasifikasi lajur berdasarkan kondisi jalan, kondisi lingkungan, parkir dll. Berikut merupakan penjelasan Environment Class (kelas lingkungan):

- 1) Class A, merupakan jalan dengan kondisi ideal untuk bergerak bebas, memiliki jarak pandang yang baik, pejalan kaki sedikit, dan hampir tidak ada kegiatan turun naik penumpang atau pergerakan parkir.
- 2) Class B, merupakan kondisi rata-rata dengan klasifikasi geometri simpang yang cukup, pejalan kaki sedikit, terdapat sedikit gangguan dari kendaraan turun naik penumpang dan parkir.
- 3) Class C, merupakan yang memiliki kondisi yang jelek dengan klasifikasi jumlah pejalan kaki banyak, jarak pandang buruk, terdapat gangguan dari kendaraan turun naik penumpang dan parkir.

Berikut penjelasan klasifikasi Lane Type (tipe jalur):

- 1) Type 1, merupakan tipe lajur untuk kendaraan dengan arah lurus saja
- 2) Type 2, merupakan lajur untuk kendaraan berbelok baik belok kiri langsung atau kanan atau lajur yang dapat digunakan untuk lurus dan berbelok, memiliki radius tikung yang cukup, gangguan pejalan kaki sedikit pada saat kendaraan berbelok

3) Type 3, merupakan lajur untuk berbelok namun terbatas, memiliki radius lebih kecil dengan gangguan dari pejalan kaki.

d. Lane Width: lebar lajur

e. Faktor, f_w (faktor penyesuaian lebar lajur):

$$f_w = \begin{cases} 1.0 & \\ 0,55 + 0,14 \times w & \\ 0,83 + 0,05 \times w & \end{cases} \quad 3.12$$

untuk $w \geq 3,0$ sampai 3,7
 untuk $2,4 \leq w < 3,0$
 untuk $4,6 \geq w > 3,7$

f. Sat. Flow tcu/h: perkalian nilai Sat Flow (Tabel 3.4) dengan f_w

Setelah mendapatkan nilai Arus Jenuh Dasar (*Saturation Flow*), Sat. Flow tcu/h, langkah selanjutnya adalah menjumlahkan nilai tersebut sesuai dengan banyaknya jumlah *Lane Number* yang terdapat pada pendekatan untuk mendapatkan nilai s_{tcu} . Kemudian melakukan perhitungan faktor penyesuaian komposisi lalu lintas dengan menggunakan Tabel 3.6 sebagai berikut:

Tabel 3. 6 Tabel *Traffic Composition Adjustment Factor* (f_c)

TRAFFIC COMPOSITION ADJUSTMENT FACTOR (f_c)							
	Left		Through		Right		Total
	CAR	HV	CAR	HV	CAR	HV	
Flow count, q_i (veh)							...=q
Equivalent, e_i (tcu/veh)							
Weighted flow, $e_i q_i$ (tcu)							...= $\sum e_i q_i$

Sumber: (Akcelik, 1998)

Dimana Tabel 3.6 digunakan untuk memperoleh perhitungan $f_c = \frac{\sum e_i q_i}{q}$, setelah memperoleh perhitungan nilai f_c langkah terakhir untuk mendapatkan nilai Satur. Flow (s) adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$s = s_{tcu} / f_c \quad 3.13$$

Berikut pada Tabel 3.7 merupakan contoh perhitungan pergerakan keritis (*critical movement*) persimpangan dengan Metode Akcelik:

Tabel 3. 7 Perhitungan Pergerakan Keritis Simpang pada Akcelik (a) Data

Movement	Strating Phase	Termin Phase	Intergreen Time (I)	Min.Display Green (Gm)	Arrival Flow (q)	Satur. Flow (s)	Lost Time (g)	Min.Eff.Green (gm)	Prac.Deg.Sat (xp)

Sumber: (Akcelik, 1998)

Dimana:

Strating Phase : fase hijau dimulai dari suatu lajur

Termin Phase : fase selanjutnya setelah dari Strating Phase

Minimal Display Green Time : waktu minimal yang diperlukan kendaraan untuk melewati persimpangan, ($Gm = 6 + D/1,2$), D merupakan lebar jalan pendekat total

Arifal Flow (q) : arus yang lewat pada suatu lajur

Saturation Flow : arus jenuh maksimal yang bisa lewat dari lajur pendekat simpang pada waktu hijau

Minimal Efektif Green : waktu hijau efektif minimal, ($Gm + Intergreen - Lost time$)

Practical Degree Saturation : perkiraan derajat kejenuhan

Berikut pada Tabel 3.8 merupakan contoh perhitungan lanjutan dari pergerakan keritis (*critical movement*) persimpangan dengan Metode Akcelik:

Tabel 3. 8 Perhitungan Pergerakan Keritis Simpang pada Akcelik (b) Calculations

Movement	y=q/s	u=y/xp	t=100 u+g	tm=Gm+I	t	Check for c = 175		
						uc + g	t'	g

Sumber: (Akcelik, 1998)

Dimana:

y : q/s

q : arus per lajur

s : saturation flow

u : rasio hijau pada suatu lajur

- y : rasio antara arus dengan kapasitas
- Xp : practical degree saturation
- Intergreen : waktu antar hijau
- t : waktu pergerakan efektif, penjumlahan dari green time dengan lost time
- Tm : display green an intergreen
- c : waktu siklus
- L : lost time (waktu hilang)
- g : waktu hijau
- x : derajat kejenuhan per masing-masing lajur

14. Penentuan Perbaikan Kinerja Persimpangan Berdasarkan Metode Akcelik

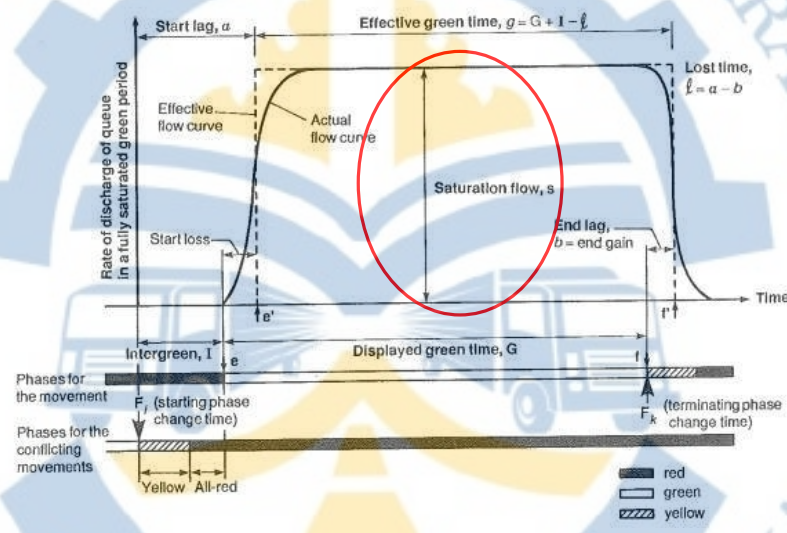
Dalam melakukan peningkatan dengan tujuan untuk memperbaiki kinerja lalu lintas pada simpang ber-APILL maka dapat dilakukan upaya-upaya sebagai berikut (Akcelik, 1998), meliputi:

- a. Perbaikan pada geometri persimpangan dan sekitar seperti radius putar yang diperbesar, mengatur kanalisasi lajur marka dan pengurangan gangguan dari kendaraan parkir dan pejalan kaki sehingga terhindar dari berkurangnya jalur lalu lintas.
- b. Penyediaan jumlah dan lebar lajur tambahan yang memadai.
- c. Pengaturan sinyal lalu lintas yang lebih baik menyesuaikan dengan kebutuhan arus lalu lintas yang bervariasi selama periode yang berbeda disertai dengan pengaturan lajur
- d. Koordinasi simpang ber-APILL guna menghilangkan kemacetan di hilir sehingga dapat memperbaiki persimpangan di hulu.

3.1.6. Arus Jenuh

Arus jenuh merupakan tingkat keberangkatan maksimal pada suatu pendekat yang mampu diloloskan dari antrian selama periode hijau dengan satuan kendaraan per jam. Perhitungan arus jenuh dapat diukur melalui banyaknya kendaraan yang dilewatkan pada garis henti (*stopline*) selama periode waktu hijau pada pendekat yang diamati (Subandi & Gunawan, 2014). Model dasar mengasumsikan bahwa ketika sinyal APILL berubah menjadi hijau, maka arus kendaraan yang melintas garis

henti (*stopline*) akan mengalami peningkatan dengan cepat ke arus yang disebut aliran saturasi (*Saturation flow, s*). Tingkat keberangkatan diawal akan lebih rendah selama beberapa detik sementara kendaraan berakselerasi ke kecepatan perjalanan normal. Demikian pula untuk tingkat keberangkatan akan menjadi lebih rendah selama periode hijau akhir. Hal ini bisa terjadi karena terdapat beberapa kendaraan memilih untuk berhenti dan mengurangi kecepatan dan lainnya tidak. Pada beberapa kejadian mungkin tingkat keberangkatan selama waktu antar hijau (*intergreen*) lebih tinggi tetapi model dasar arus jenuh tetap diberlakukan (Akcelik, 1998).

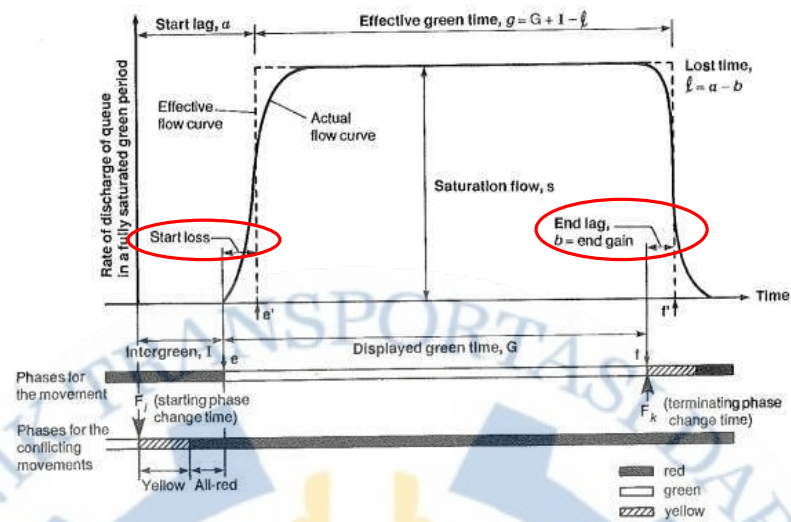


(Sumber : Akcelik, 1998)

Gambar 15. Model Dasar Akcelik dan Definisi Arus Jenuh

3.1.7. Waktu Hilang (*Lost Time*)

Waktu hilang adalah jumlah semua periode waktu antar hijau (*intergreen*) yang diperoleh dari perhitungan waktu kehilangan awal (*end gain*) dan kehilangan/keuntungan akhir (*end gain*). Jika diasumsikan bahwa (*start lost*) sama dengan (*end gain*), maka waktu pergerakan yang hilang sama dengan waktu *intergreen* (Akcelik, 1998).



(Sumber : Akcelik, 1998)

Gambar 16. Model Dasar Akcelik dan Definisi Waktu Hilang

3.1.8. Tingkat Pelayanan pada Persimpangan Berdasarkan Tundaan (*Level of Service*)

Tingkat pelayanan pada simpang telah ditetapkan dalam Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas sehingga dapat diklasifikasikan menjadi 6 tingkat (PEDOMAN PELAKSANAAN KEGIATAN MANAJEMEN DAM REKAYASA LALU LINTAS, 2015), dengan kategori sebagai berikut:

1. Tingkat pelayanan kategori A, yaitu kondisi pada persimpangan yang memiliki lama tundaan kurang dari 5 detik per kendaraan;
2. Tingkat pelayanan kategori B, yaitu kondisi pada persimpangan yang memiliki lama tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik per kendaraan;
3. Tingkat pelayanan kategori C, yaitu kondisi pada persimpangan yang memiliki lama tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik per kendaraan;
4. Tingkat pelayanan kategori D, yaitu kondisi pada persimpangan yang memiliki lama tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik per kendaraan;
5. Tingkat pelayanan kategori E, yaitu kondisi pada persimpangan yang memiliki lama tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik per kendaraan;
6. Tingkat pelayanan kategori F, yaitu kondisi pada persimpangan yang memiliki lama tundaan lebih dari 60 detik per kendaraan.

Tabel 3. 9 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan Berdasarkan Tundaan – PM 96 Tahun 2015

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

PM 96 Tahun 2015, tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas

Salah satu pengaplikasian perhitungan Metode *Movement Base* (Akcelik, 1998) pada aplikasi transportasi adalah SIDRA Intersection. Tingkat layanan berdasarkan SIDRA yang menerapkan metode Akcelik, dijelaskan bahwa sebagaimana ditentukan oleh US Highway Capacity Manual (HCM) untuk persimpangan SIDRA menggunakan tundaan rata-rata sebagai ukuran *level of service* untuk simpang ber-APILL dan tak ber-APILL (SIDRA Solution & Akcelik and Associates Pty Ltd, 2018).

Tabel 3. 10 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan Berdasarkan Tundaan – SIDRA Intersection

Tingkat Layanan	Tundaan dalam Detik (d)		
	Ber-APILL	Bundaran	<i>Sign Control</i>
A	< 10	< 10	< 10
B	10 – 20	10 – 20	10 – 15
C	20 – 35	20 – 35	15 – 25
D	35 – 55	35 – 50	25 – 35
E	55 – 80	50 – 70	35 – 50
F	> 80	> 70	> 50

SIDRA Intersection User Guide for Version 8

3.1.9. Tundaan

Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan oleh pengguna jalan untuk dapat melalui suatu persimpangan ber-APILL apabila dibandingkan dengan

lintasan tanpa persimpangan ber-APILL. Tundaan dibagi menjadi 2 yaitu meliputi tundaan geometri dan tundaan lalu lintas. Tundaan geometri dapat terjadi dikarenakan oleh perlambatan dan/atau percepatan arus lalu lintas yang membelok pada persimpangan. Sedangkan, tundaan lalu lintas yaitu bertambahnya waktu tempuh pengguna jalan akibat interaksi antar gerakan arus lalu lintas yang berlawanan pada persimpangan (Direktorat Jendral Bina Marga, 2023). Setiap kendaraan yang tertunda dapat diasumsikan mengalami perhentian. Apabila kendaraan mengalami perlambatan tanpa perhentian total dapat di kategorikan masuk ke dalam penundaan kecil, dalam kasus ini dapat disebut sebagai berhenti sebagian (Akcelik, 1998).

Nilai perkiraan untuk tundaan pada simpang untuk pergerakan ber-APILL dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$D = \frac{qc(1-u)^2}{2(1-y)} + N_o x \quad 3.14$$

Dimana:

D : total tundaan (smp/jam; kendaraan)

qc : rata-rata jumlah kedatangan kendaraan per siklus (q , jumlah kendaraan per siklus; c , waktu siklus dalam detik)

u : rasio waktu hijau ($= q/c$)

y : rasio arus (q/s)

N_o : antrian kendaraan yang melebihi rata-rata antrian

3.1.10. Kemacetan

Kemacetan adalah permasalahan yang terjadi akibat kepemilikan kendaraan yang semakin meningkat namun tidak diimbangi dengan perkembangan prasarana pembangunan jalan raya dan fasilitas lalu lintas yang belum optimal. Kemacetan dapat didefinisikan sebagai tidak mempunya suatu jalan untuk bekerja dengan baik dalam memberikan pelayanan lalu lintas kepada pengguna jalan akibat tersendat, terhenti atau tidak lancar (Dewi et al., 2020). Kemacetan merupakan situasi, kondisi

atau keadaan terhambatnya bahkan sampai terhentinya arus lalu lintas pada suatu bagian jalan yang diakibatkan volume jumlah kendaraan melebihi kapasitas jalan. Masalah kemacetan lalu lintas di persimpangan merupakan penyebab semakin parahnya tingkat kemacetan pada suatu wilayah terutama pada waktu-waktu puncak. Solusinya adalah mengandalkan sinyal lalu lintas cerdas dan dinamis yang disesuaikan dengan perilaku lalu lintas yang terjadi di setiap kaki persimpangan, bukan lampu lalu lintas statis yang memberikan slot waktu tetap untuk lalu lintas di setiap jalan dengan kondisi yang bervariasi. Solusi alternatif adalah membangun jembatan atau terowongan dan ini selalu merupakan solusi terbaik jika tersedia, tetapi sangat mahal dan mungkin tidak dapat dilakukan dalam semua situasi (Alsaawy et al., 2022).

3.1.11. Kapasitas Jalan

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan atau tetap pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu-lintas dan sebagainya). Catatan: Biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam) (Direktorat Jendral Bina Marga, 2023). Kapasitas jalan juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu ruas jalan dalam menampung volume lalu lintas dengan satuan kendaraan/waktu. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas jalan utamanya kapasitas jalan perkotaan. Faktor-faktor tersebut meliputi lebar jalur atau lajur, ada tidaknya median atau pemisah jalan, adanya bahu atau kerb pada jalan, kondisi kelandaian jalan dan ukuran kota (jumlah penduduk).

3.1.12. Fase pada Sinyal APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) Persimpangan

Fase adalah keadaan sinyal yang memberikan hak jalan untuk melakukan pergerakan pada satu atau lebih arus kendaraan lain pada persimpangan. Fase-fase pada sinyal akan ditentukan sedemikian rupa sehingga ketika terjadi perubahan hak jalan suatu gerakan akan dihentikan dan gerakan lainnya akan dimulai (Akcelik, 1998).

Terdapat konsep dasar yang perlu untuk diketahui dalam penerapan fase sinyal APILL (Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas) persimpangan, beberapa konsep pemahaman tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dalam pengaturan lalu lintas pada persimpangan yang berupa konflik antara arus kendaraan, dapat dilakukan dengan pemisahan dan pengaturan waktu. Pengaturan pemisahan arus lalu lintas tersebut kemudian disebut fase (phase). Fase merupakan bagian dari waktu siklus sinyal dengan lampu hijau, disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (Hutahaean Greace & Susilo Hartanto, 2021). Fase sinyal pada umumnya digunakan dengan tujuan untuk mengurangi dan menekan terjadinya resiko kecelakaan lalu lintas dengan melakukan pemisahan pada pergerakan kendaraan di persimpangan.
2. Pada beberapa kasus dengan menambah jumlah fase pada persimpangan akan dapat menciptakan tundaan yang lebih rendah dan dapat menghasilkan peningkatan kinerja/kapasitas.
3. Fase yang akan diterapkan harus direncanakan dengan konsisten dan berdasar dengan geometrik dan karakteristik lalu lintas pada simpang (tata guna lahan, volume dan kecepatan kendaraan serta *demand* pedestrian).

Penerapan sinyal dua fase merupakan pengaturan APILL persimpangan yang paling umum ditemui dan dengan konsep yang sederhana. Dalam perencanaan suatu fase harus memperhatikan jumlah pergerakan lalu lintas kendaraan utamanya yang berbelok ke kanan. Apabila terdapat pendekat simpang dengan rasio belok kanan yang cukup besar maka dianjurkan untuk menerapkan satu fase tersendiri. Semakin lebar geometrik dengan tingkat volume lalu lintas yang tinggi pada persimpangan, maka jumlah fasenya pun akan bertambah menyesuaikan dengan banyaknya pendekat pada simpang (Tahir & Hidayat, 2009).

3.1.13. Antrian

Antrian merupakan jumlah kendaraan yang berderet memanjang menunggu untuk mendapat giliran dalam melewati simpang dalam suatu pendekat (Hutahaean

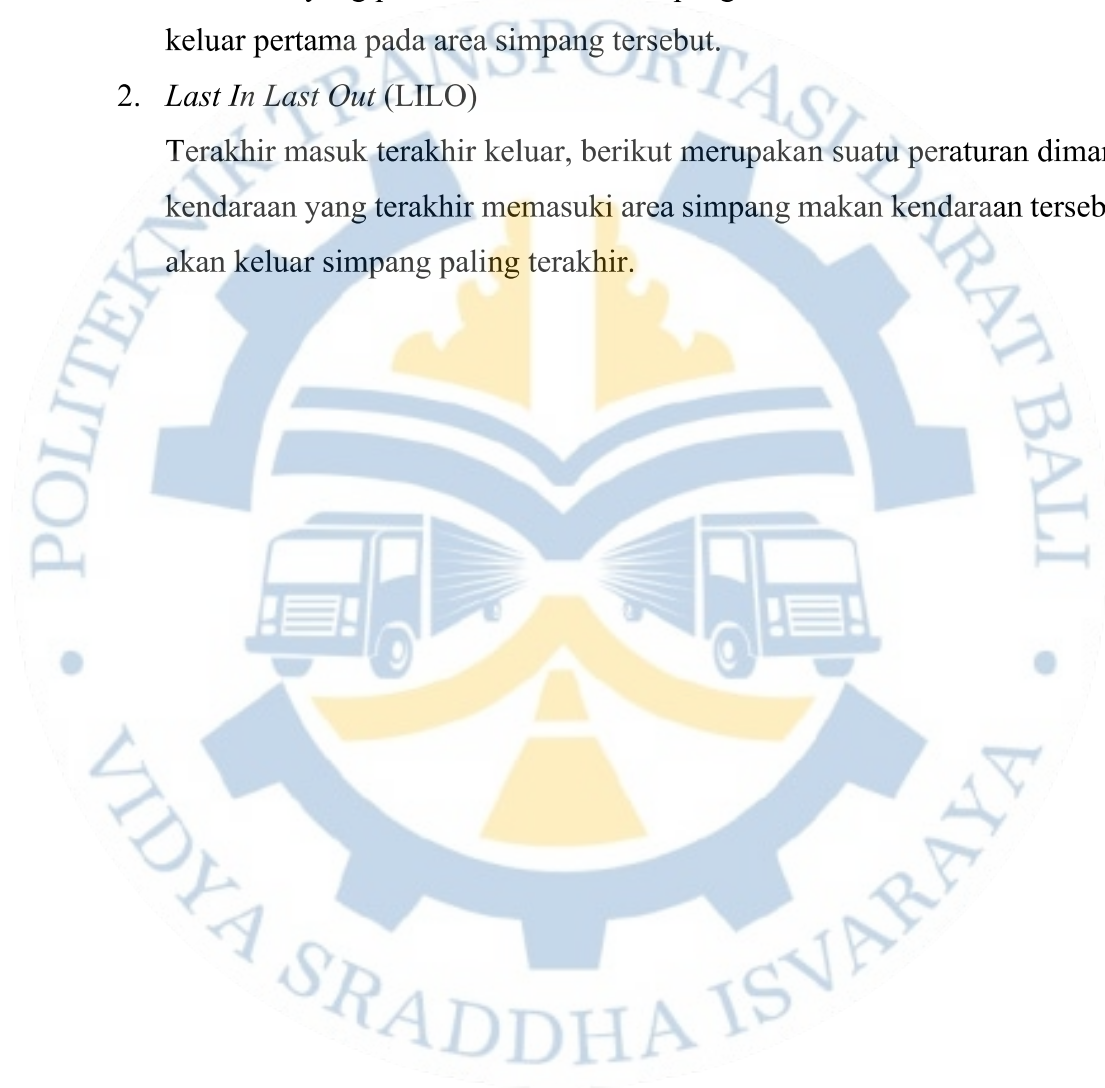
Greace & Susilo Hartanto, 2021). Pada dasarnya antrian akan dapat berjalan dengan baik dengan menerapkan disiplin dan tertib adalah yang diatur sebagai berikut:

1. *Frist In First Out* (FIFO)

Pertama masuk pertama keluar, berikut merupakan suatu peraturan dimana kendaraan yang pertama memasuki simpang maka kendaraan tersebut akan keluar pertama pada area simpang tersebut.

2. *Last In Last Out* (LIFO)

Terakhir masuk terakhir keluar, berikut merupakan suatu peraturan dimana kendaraan yang terakhir memasuki area simpang maka kendaraan tersebut akan keluar simpang paling terakhir.



3.2. Penelitian Terdahulu/Keaslian Penelitian

Tabel 3. 11 Penelitian Terdahulu/Keaslian Penelitian

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Persamaan	Perbedaan
1.	Evaluasi Pengendalian Lalu Lintas Dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal	Iin Irawati*, Trias Widorini, Ari Endang Jayati	Lokasi penelitian terletak pada Simpang Tlogosari, Kota Semarang	Penelitian ini menggunakan metode perhitungan MKJI 1997, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode Akcelik dengan pendekatan <i>movement based</i> dalam perhitungannya.
2.	Kajian Waktu Hilang (Lost Time) Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Jakarta Di Kota Tegal)	Edi Purwanto dan Iqbal Maulana	Melakukan perhitungan dan analisa terkait waktu pada simpang berupa waktu kehilangan awal dan waktu tambahan akhir	Analisis penelitian ini dilakukan pada Simpang Jakarta di Kota Tegal berdasar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997, sedangkan pada penelitian ini dilakukan di Simpang Tlogosari, Kota Semarang menggunakan analisis berdasar pendekatan <i>movement based</i> dengan metode Akcelik dengan pendekatan <i>movement based</i> .

Dalam menghasilkan tulisan yang baik maka perlu dilakukan pendalaman dan tinjauan terhadap penelitian terdahulu. Hal tersebut bertujuan untuk memperkaya analisis dari penelitian ini.2

1. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Iin Irawati, Trias Widorini, Ari Endang Jayati pada tahun 2020 dengan judul “Evaluasi Pengendalian Lalu Lintas Dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal” dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, didapatkan hasil berupa perbedaan panjang antrian pada kondisi eksisting dengan kondisi hasil analisis MKJI 1997. Selain itu, nilai derajat

kejenuhan yang terjadi pada tiap pendekat berdasarkan analisis MKJI 1997 yaitu memiliki nilai paling rendah 0,1 dan paling tinggi 0,99.

Persamaan antara penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Iin Irawati, Trias Widorini, Ari Endang Jayati pada tahun 2020 dengan penelitian ini adalah lokasi penelitian terletak di Simpang Tlogosari, Kota Semarang. Selain itu, penelitian ini juga mempergunakan indikator kinerja simpang berupa derajat kejenuhan dan panjang antrian dalam perhitungan dan analisisnya. Sedangkan perbedaan pada penelitian adalah penelitian sebelumnya hanya mengkaji kondisi eksisting saja sedangkan pada penelitian ini mengkaji perubahan manajemen rekayasa lalu lintas dan geometri persimpangan. Selanjutnya, pendekatan yang digunakan dengan pada penelitian sebelumnya adalah dengan MKJI 1997 sedangkan pada penelitian ini menggunakan pendekatan *Movement Based* dengan metode Akcelik (1998).

2. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Edi Purwanto dan Iqbal Maulana pada tahun 2017 dengan judul “Kajian Waktu Hilang (Lost Time) Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Jakarta Di Kota Tegal)” dengan tujuan untuk membandingkan hasil analisis waktu kehilangan awal dan tambahan akhir menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dengan pengaturan sinyal kondisi normal, maka diperlukan kelengkapan data yaitu dengan melakukan survei terkait perhitungan waktu pada persimpangan dilanjutkan dengan Uji Beda (*One Way Anova*) dan Uji Beda Sampel Tunggal (*One Sample t Test*) menggunakan *software* SPSS 16.0. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terhadap waktu kehilangan awal maupun tambahan akhir pada simpang bersinyal dengan hasil analisis menurut MKJI 1997.

Persamaan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Edi Purwanto dan Iqbal Maulana pada tahun 2017 dengan penelitian ini adalah melakukan perhitungan dan analisis terkait waktu persimpangan. Selain itu, pada penelitian juga menggunakan model dasar arus jenuh Akcelik untuk penentuan waktu kehilangan awal dan waktu tambahan akhir. Sedangkan

perbedaan dengan penelitian adalah perhitungan dan analisis pada penelitian ini tidak berhenti sampai perhitungan waktu kehilangan awal dan waktu tambahan akhir. Namun, berlanjut sampai menghasilkan indikator kinerja persimpangan (derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian). Selanjutnya, pada lokasi penelitian sebelumnya dilakukan di Simpang Jakarta, Kota Tegal berbeda dengan penelitian ini yaitu di Simpang Tlogosari, Kota Semarang.

