

TESIS

**PENGARUH KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL
TERHADAP WAKTU TEMPUH PENGGUNA JALAN
(STUDI KASUS SIMPANG PEGADAIAN DAN
SIMPANG ALUN-ALUN LAMA UNGARAN)**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

FIRMANDHI SAHID BIMANTARA

NIM : 20201900017

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2023**

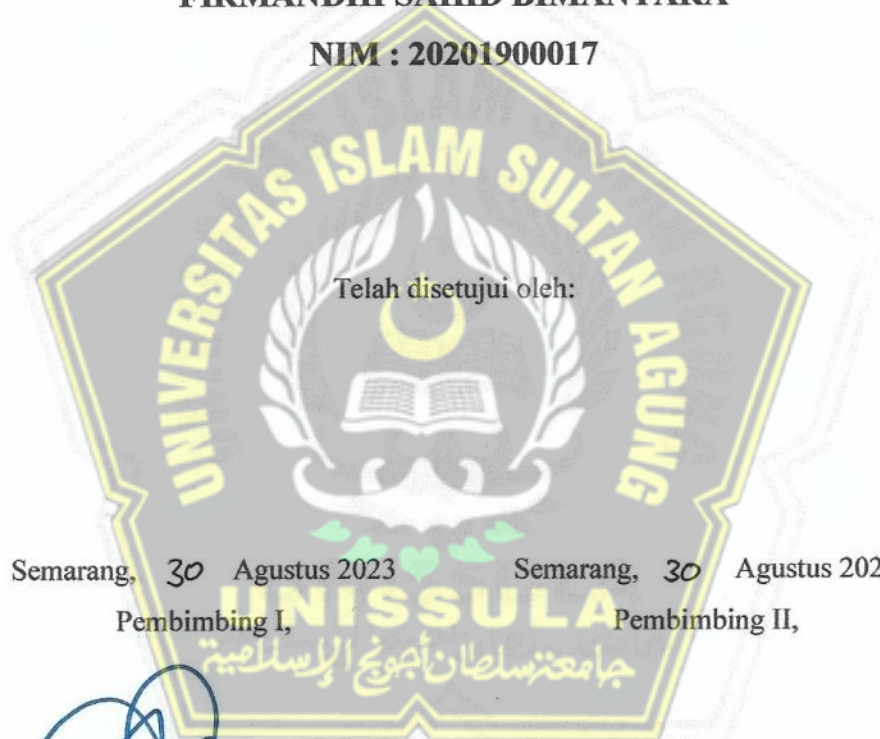
HALAMAN PERSETUJUAN TESIS

**PENGARUH KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL
TERHADAP WAKTU TEMPUH PENGGUNA JALAN
(STUDI KASUS SIMPANG PEGADAIAN DAN
SIMPANG ALUN-ALUN LAMA UNGARAN)**

Disusun oleh :

FIRMANDHI SAHID BIMANTARA

NIM : 20201900017



Semarang, 30 Agustus 2023

Semarang, 30 Agustus 2023

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D.
NIK. 210293018

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si
NIK. 210288011

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

PENGARUH KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL TERHADAP WAKTU TEMPUH PENGGUNA JALAN (STUDI KASUS SIMPANG PEGADAIAN DAN SIMPANG ALUN-ALUN LAMA UNGARAN)

Disusun oleh :
FIRMANDHI SAHID BIMANTARA
NIM : 20201900017

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal:
30 Agustus 2023

Tim Penguji :

1. Ketua



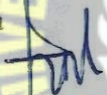
Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

2. Anggota



Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

3. Anggota



Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
Memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, 04 September 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi




Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

NIK. 210202033

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik


H. Rashmat Muliawono, MT., Ph.D

NIK. 210293018



MOTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ ءَامَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

Artinya: Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.

QS. Ali Imran : 110

وَلَوْ أَنَّ أَهْلَ الْقُرَىٰ ءَامَنُوا وَاتَّقَوْا لَفَتَحْنَا عَلَيْهِم بَرَكَاتٍ مِّنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ وَلَٰكِن كَذَّبُوا فَأَخَذْنَاهُم بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

Artinya: Jikalau sekiranya penduduk negeri-negeri beriman dan bertakwa, pastilah Kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi, tetapi mereka mendustakan (ayat-ayat Kami) itu, maka Kami siksa mereka disebabkan perbuatannya.

QS. Al A'raf : 96

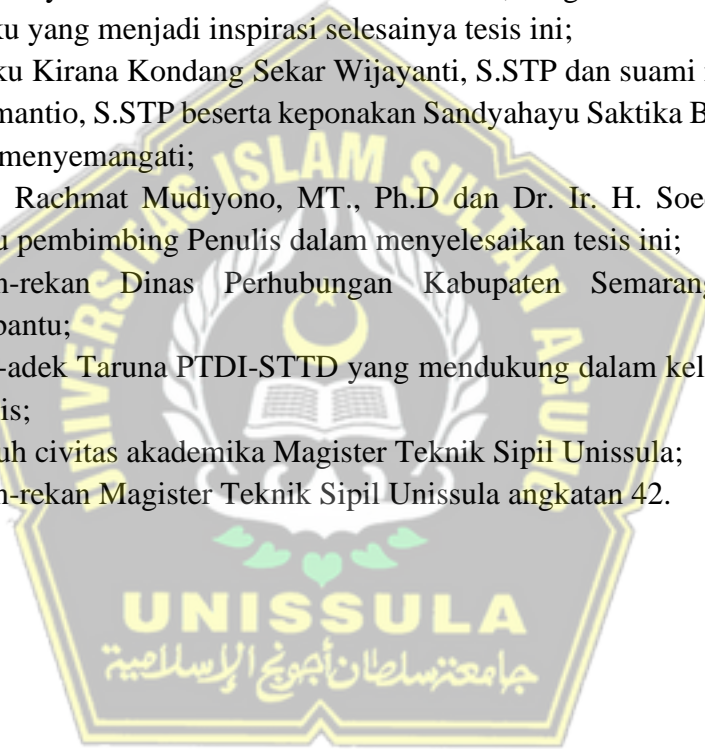
“Lamun siro landep, ojo natoni. Lamun siro banter, ojo nglancangi, lamun siro pinter, ojo ngguroi. Lamun siro sekti, ojo mateni..”

- Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan hamdalah dan bersyukur kepada Allah SWT, akhirnya Tesis ini dapat selesai dan Penulis mempersembahkan kepada:

1. Allah SWT, karena hanya atas izin dan karunia nyalah maka tesis ini dapat diselesaikan dengan baik;
2. Ayahanda H. Suyono SH., MM. dan Ibunda Hj. Ugi Utami, S.Pd., M.Pd, Orangtua Penulis yang telah senantiasa mendukung, mendoakan, dan menasehati;
3. Istriku tersayang dr. Rahajeng Iskinitra Supraba yang senantiasa menjadi support system dan selalu ada untuk Penulis, Dirgatama Arrazi Bimantara anakku yang menjadi inspirasi selesainya tesis ini;
4. Adikku Kirana Kondang Sekar Wijayanti, S.STP dan suami nya Visna Adi Brahmantio, S.STP beserta keponakan Sandyahayu Saktika Brawijaya yang terus menyemangati;
5. Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D dan Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku pembimbing Penulis dalam menyelesaikan tesis ini;
6. Rekan-rekan Dinas Perhubungan Kabupaten Semarang yang ikut membantu;
7. Adek-adek Taruna PTDI-STTD yang mendukung dalam kelengkapan data Penulis;
8. Seluruh civitas akademika Magister Teknik Sipil Unissula;
9. Rekan-rekan Magister Teknik Sipil Unissula angkatan 42.



ABSTRAK

Meningkatnya volume kendaraan membuat suatu permasalahan lalu lintas yang banyak terjadi di wilayah perkotaan yaitu besarnya tundaan yang dialami para pengguna jalan yang tentunya perlu adanya peran stakeholder atau Pemerintah terkait guna mengatasi permasalahan yang terjadi. Permasalahan yang terjadi membuat pengguna jalan mengalami dua kali waktu merah yang membuat waktu perjalanan menjadi lebih lama. Dibuatnya penelitian ini difokuskan pada evaluasi pengaturan waktu siklus eksisting di persimpangan Alun-alun Lama dan Pegadaian di Kabupaten Semarang dengan tujuan untuk mendapatkan waktu siklus optimal.

Tujuan dari penelitian ini mencakup evaluasi pengaturan waktu siklus eksisting, analisis pengendalian persimpangan menggunakan metode *greenwave*, evaluasi efektivitas koordinasi persimpangan, dan penentuan manfaat dari koordinasi persimpangan. Rekomendasi yang diajukan antara lain meliputi penerapan pengaturan waktu siklus yang beragam dan terkoordinasi di persimpangan Pegadaian dan Alun-alun Lama dengan memanfaatkan metode *greenwave*. Metodologi penelitian yang digunakan menggunakan MKJI 1997 yang kemudian hasilnya di ujicobakan secara langsung di lapangan untuk mendapatkan data sebelum dan sesudah pengaturan pengendalian simpang.

Berdasarkan analisis literatur, penelitian, dan observasi lapangan diketahui bahwa koordinasi simpang bersinyal dapat mengurangi waktu tempuh bagi pengguna jalan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pengaturan waktu siklus yang ada saat ini memerlukan waktu lebih lama dibandingkan dengan waktu siklus baru yang diusulkan. Hasil dari pengendalian persimpangan menggunakan metode *greenwave* berhasil mengurangi waktu tempuh hingga 27,9% dari total waktu yang diperlukan. Hal ini menunjukkan pentingnya variasi pengaturan waktu untuk mencapai kinerja optimal. Penelitian ini juga memberikan dampak positif bagi pengguna jalan dan dapat dijadikan referensi bagi Pemerintah dalam mengatur waktu siklus persimpangan.

Kata Kunci : Koodinasi Simpang Besinyal, *Greenwave*, Efisiensi Tansportasi

ABSTRACT

The increasing volume of vehicles creates a traffic problem that often occurs in urban areas, long time of travel time delays experienced by road users, therefore the government's role is needed to overcome these problems. The problems that occur make road users experience twice the red time which makes the travel time longer. This research was focused on evaluating the existing cycle time settings at the Alun-alun lama and Pegadaian intersections in Semarang Regency with the aim of obtaining optimal cycle times.

The main objectives of this study include evaluating the existing cycle timing, analyzing intersection control using the greenwave method, evaluating the effectiveness of intersection coordination, and determining the benefits of intersection coordination. The recommendations put forward include implementing various and coordinated cycle timings at the intersection of Pegadaian and Alun-alun Lama by utilizing the greenwave method. The research methodology used was MKJI 1997, the results of which were tested directly in the field to obtain data before and after the intersection control arrangements.

Based on literature analysis, research, and field observations it is known that the coordination of signalized intersections can reduce travel time for road users. The research findings show that setting the current cycle time requires longer time than the proposed new cycle time. The results of controlling the intersection using the greenwave method managed to reduce travel time by up to 27.9% of the total time required. This shows the importance of varying timing to achieve optimal performance. This research also has a positive impact on road users and can be used as a reference and guide for the government in setting the intersection cycle time.

Keywords: *Signal Intersection Coordination, Greenwave, Transportation Efficiency*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : FIRMANDHI SAHID BIMANTARA

NIM : 20201900017

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**PENGARUH KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL TERHADAP
WAKTU TEMPUH PENGGUNA JALAN
(STUDI KASUS SIMPANG PEGADAIAN DAN
SIMPANG ALUN-ALUN LAMA UNGARAN)**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 10 Agustus 2023



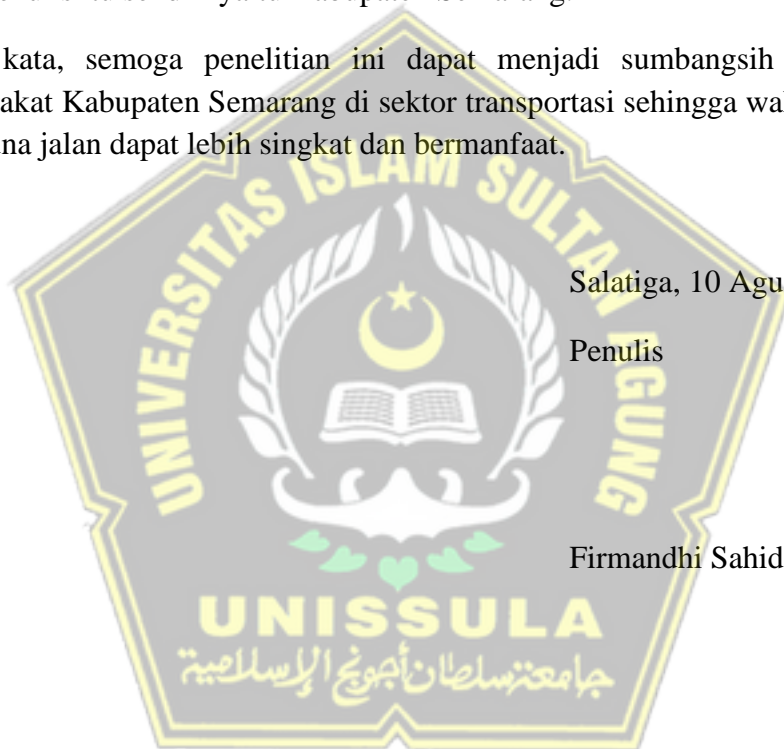
FIRMANDHI SAHID BIMANTARA

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan ridho-Nya Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “ Pengaruh Koordinasi Simpang Bersinyal Terhadap Waktu Tempuh Pengguna Jalan (Studi Kasus Simpang Pegadaian Dan Simpang Alun-Alun Lama Ungaran) “. Penelitian ini didasari oleh keinginan Penulis untuk dapat memberikan sebuah produk ilmiah yang bersifat aplikatif yang dapat diberikan kepada Pemerintah Kabupaten Semarang.

Hasil penelitian yang diberikan merupakan wujud dedikasi Penulis untuk memberikan usulan rencana sistem transportasi yang efektif dan efisien di wilayah kerja Penulis itu sendiri yaitu Kabupaten Semarang.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat menjadi sumbangsih Penulis bagi masyarakat Kabupaten Semarang di sektor transportasi sehingga waktu perjalanan pengguna jalan dapat lebih singkat dan bermanfaat.



Salatiga, 10 Agustus 2023

Penulis

Firmandhi Sahid Bimantara

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN TESIS	i
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	ii
MOTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DEFINISI ISTILAH	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penulisan	4
1.4. Batasan masalah	4
1.5. Lokasi Penelitian	5
1.6. Keaslian Penelitian	8
1.7. Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10

2.1.	Tinjauan Pustaka	10
2.1.1.	Pengaturan Waktu Siklus	11
2.1.2.	Koodinasi Sinyal Antar Simpang	12
2.1.3.	Syarat Koordinasi Simpang	13
2.1.4.	Konsep <i>Greenwave</i>	13
2.1.5.	Waktu <i>Offset</i>	14
2.1.6.	Tingkat Pelayanan	15
2.1.7.	Hubungan Kecepatan Dengan Waktu Perjalanan.....	17
2.2.	Landasan Teoritis	18
2.2.1.	Metode MKJI 1997	18
2.2.2.	Penentuan Waktu Siklus Simpang Bersinyal	21
2.3.	Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.2	Tahap Persiapan Penelitian.....	29
3.3	Tahap Pengumpulan Data.....	30
3.4	Tahap Kompilasi dan Analisis Data.....	32
3.5	Tahap Pemecahan Masalah.....	32
3.6	Tahap Evaluasi	32
3.7	Tahap Rekomendasi	32
3.8	Bagan Alir	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Pengumpulan Data	34
4.2	Pengumpulan Data Primer.....	34
4.2.1	Data Waktu Siklus Eksisting.....	34
4.2.2	Data Geometrik Jalan	37

4.2.3	Data Tata Guna Lahan.....	40
4.2.4	Data Volume Gerakan Membelok.....	40
4.3	Pengumpulan Data Sekunder	45
4.3.1	Data Jumlah Penduduk.....	45
4.4	Analisa Data	46
4.4.1	Penentuan Waktu Siklus Optimal.....	46
4.4.2	Kinerja Simpang Sebelum Penyesuaian.....	48
4.4.3	Kinerja Simpang Setelah Penyesuaian.....	52
4.4.4	Penentuan Waktu <i>Offset</i>	56
4.4.5	Pengaturan Waktu Siklus	56
4.4.6	Penerapan Sistem Koordinasi Simpang Bersinyal	60
4.4.7	Perbandingan Waktu Perjalanan Setelah Implementasi.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN.....		76



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaturan Waktu Siklus Optimum	11
Tabel 2.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal	23
Tabel 2.3 Faktor penyesuaian hambatan samping	25
Tabel 4.1 Pengaturan Waktu Siklus Eksisting	35
Tabel 4.2 Pengaturan Waktu Sinyal Pada Masing-masing Pendekat	35
Tabel 4.3 Pengaturan Fase Pergerakan pada Simpang Pegadaian	36
Tabel 4.4 Pengaturan Fase Pergerakan pada Simpang Alun-alun Lama	37
Tabel 4.5 Data Geometrik Simpang Pegadaian	38
Tabel 4.6 Data Geometrik Simpang Alun-alun Lama	39
Tabel 4.7 Data Tata Guna Lahan	40
Tabel 4.8 Volume Terklasifikasi Simpang Pegadaian <i>Peak Hour</i> Pagi	41
Tabel 4.9 Volume Terklasifikasi Simpang Pegadaian <i>Peak Hour</i> Siang	42
Tabel 4.10 Volume Terklasifikasi Simpang Alun-alun Lama <i>Peak Hour</i> Pagi	43
Tabel 4.11 Volume Terklasifikasi Simpang Alun-alun Lama <i>Peak Hour</i> Siang	44
Tabel 4.12 Penentuan Waktu Siklus Optimal	47
Tabel 4.13 Kinerja Simpang Pegadaian Sebelum Penyesuaian	49
Tabel 4.14 Kinerja Simpang Alun-alun Lama Sebelum Penyesuaian	50
Tabel 4.15 Kinerja Simpang Pegadaian Setelah Penyesuaian	53
Tabel 4.16 Kinerja Simpang Alun-alun Lama Setelah Penyesuaian	54
Tabel 4.17 Penentuan Waktu <i>Offset</i>	57
Tabel 4.18 Waktu Perjalanan hari Rabu Sebelum Penyesuaian	61
Tabel 4.19 Waktu Perjalanan hari Jumat Sebelum Penyesuaian	63
Tabel 4.20 Waktu Perjalanan hari Minggu Sebelum Penyesuaian	64
Tabel 4.21 Waktu Perjalanan hari Rabu Setelah Penyesuaian	66
Tabel 4.22 Waktu Perjalanan hari Jumat Setelah Penyesuaian	67
Tabel 4.23 Waktu Perjalanan hari Minggu Setelah Penyesuaian	69
Tabel 4.24 Perbandingan Waktu Perjalanan Sebelum dan Setelah Penyesuaian	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lingkup Spasial Perkotaan Ungaran	6
Gambar 1.2 Tata Letak Lokasi Studi	7
Gambar 1.3 Orientasi Lokasi Studi	7
Gambar 2.1 Prinsip Koordinasi Simpang Bersinyal	12
Gambar 2.2 Penentuan Jenis Pendekat	22
Gambar 2.3 Grafik Faktor Penyesuaian Kelandaian (FG)	24
Gambar 2.4 Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir dan lajur belok kiri yang pendek (FP)	25
Gambar 3.1 Bagan Alir	33
Gambar 4.1 Plan Hari Rabu <i>Peak Hour</i> Pagi	58
Gambar 4.2 Plan Hari Rabu <i>Peak Hour</i> Siang	58
Gambar 4.3 Plan Hari Jumat <i>Peak Hour</i> Pagi	59
Gambar 4.4 Plan Hari Jumat <i>Peak Hour</i> Siang	59
Gambar 4.5 Plan Hari Minggu <i>Peak Hour</i> Pagi	60
Gambar 4.6 Plan Hari Minggu <i>Peak Hour</i> Siang	60



DAFTAR RUMUS

2.1	Waktu Antar Hijau (<i>inter green</i>) dan Waktu Hilang (<i>lost time</i>)	19
2.2	Panjang Antrian Untuk $DS > 0,5$	19
2.3	Panjang Antrian Untuk $DS \leq 0,5$ NQ1	19
2.4	Panjang Antrian Untuk $DS \leq 0,5$ NQ2	20
2.5	Panjang Antrian Untuk $DS \leq 0,5$ NQ	20
2.6	Tundaan Lalu Lintas	20
2.7	Tundaan Geometri	20
2.8	Tundaan Rata-rata	21
2.9	Lebar Pendekat Efektif Untuk pendekat dengan tipe terlawan	22
2.10	Lebar Pendekat Efektif Untuk pendekat dengan tipe terlindung	22
2.11	Arus Jenuh Dasar	22
2.12	Faktor Penyesuaian Parkir	24
2.13	Faktor Penyesuaian Arus Belok Kiri dan Arus Belok Kanan	26
2.14	Rasio Arus masing-masing pendekat	26
2.15	Rasio Arus Simpang	26
2.16	Rasio Fase	26
2.17	Waktu siklus sebelum penyesuaian	26
2.18	Waktu hijau	27
2.19	Waktu siklus yang disesuaikan	27
2.20	Kapasitas untuk setiap lengan	27
2.21	Derajat Kejenuhan	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Survei CTMC Simpang Pegadaian Rabu Pagi	77
Lampiran 2. Data Survei CTMC Simpang Pegadaian Rabu Siang	78
Lampiran 3. Data Survei CTMC Simpang Pegadaian Jumat Pagi	79
Lampiran 4. Data Survei CTMC Simpang Pegadaian Jumat Siang	80
Lampiran 5. Data Survei CTMC Simpang Pegadaian Minggu Pagi	81
Lampiran 6. Data Survei CTMC Simpang Pegadaian Minggu Siang	82
Lampiran 7. Data Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama Rabu Pagi	83
Lampiran 8. Data Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama Rabu Siang	84
Lampiran 9. Data Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama Jumat Pagi	85
Lampiran 10. Data Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama Jumat Siang	86
Lampiran 11. Data Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama Minggu Pagi	87
Lampiran 12. Data Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama Minggu Siang	88



DEFINISI ISTILAH

1. Arus Lalu Lintas

Merupakan jumlah kendaraan bermotor (volume) yang melewati suatu titik pada jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Arus lalu lintas merupakan komponen penting baik dalam perencanaan transportasi maupun manajemen lalu lintas. Proses analisis volume lalu lintas memanfaatkan data yang dikumpulkan dari arus lalu lintas untuk menentukan pola dan tren lalu lintas, menilai kapasitas jalan, merencanakan infrastruktur jalan, dan membangun sistem manajemen transportasi yang efisien. ;

2. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan Mobil Penumpang adalah satuan arah lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang;

3. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang dengan dampaknya pada kinerja lalu lintas;

4. Kapasitas

Arus maksimum dalam satuan mobil penumpang yang dapat melewati garis henti saat waktu hijau;

5. Derajat kejenuhan (DS)

Rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Rasio dihitung berdasarkan perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan;

6. Tundaan

Adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpang;

7. Arus Jenuh

Besarnya keberangkatan antrean kendaraan di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan. Arus jenuh pada persimpangan dipengaruhi oleh

lebar mulut persimpangan, arus lalu lintas simpang serta jenis pengendalian persimpangan serta kondisi di sekitarnya;

8. Antrean

Jumlah kendaraan bermotor yang antre dalam suatu pendekat;

9. Pendekat

Daerah suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantre sebelum keluar melewati garis henti (bila gerakan lalu lintas ke kiri atau ke kanan dipisahkan dengan pulau lalu lintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat memiliki dua pendekat);

10. Arus berangkat terlindung (tipe P)

Keberangkatan kendaraan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus;

11. Arus keberangkatan terlawan (tipe O)

Keberangkatan kendaraan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama;

12. Waktu Siklus

Waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (selang waktu antara dimulainya sampai kembali hijau);

13. Waktu Hijau

Waktu hijau adalah menyalanya sinyal warna hijau sebagai tanda bahwa pengguna jalan dari jalur / lajur tertentu dapat melanjutkan perjalanan;

14. Waktu Kuning

Waktu kuning adalah menyalanya sinyal warna kuning sebagai tanda bagi pengguna jalan untuk berhati-hati akan adanya pergantian sinyal selanjutnya;

15. Waktu Merah

Waktu merah adalah menyalanya sinyal warna merah sebagai tanda bagi pengguna jalan dari jalur / lajur tertentu untuk memberhentikan perjalanan;

16. Waktu Merah Semua

Waktu merah semua (*all red interval*) adalah waktu dimana semua sinyal di kaki simpang menunjukkan sinyal merah dan berguna untuk menghabiskan

ekor grup kendaraan untuk menghindari konflik kendaraan dari fase selanjutnya;

17. Tahap

Bagian dari siklus apabila suatu kombinasi perintah sinyal tertentu adalah tetap, dimulainya dari periode waktu kuning dan berakhir pada akhir waktu hijau berikutnya;

18. Fase

Bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau untuk satu fase dan dimulainya waktu hijau untuk fase berikutnya;

19. *Intergreen* (waktu antar hijau)

Waktu antara lamanya waktu hijau untuk satu fase dan dimulainya waktu hijau untuk fase berikutnya;

20. *Lost time*

Perbedaan antara waktu siklus dengan total waktu hijau dalam semua fase atau penjumlahan dari semua periode *intergreen* suatu siklus;

21. *Offset*

Perbedaan waktu awal periode hijau antara dua simpang terkoordinasi untuk menghasilkan tundaan minimum. *Offset* digunakan untuk mengatur sinkronisasi sinyal lalu lintas di simpang yang berdekatan dalam rangka meningkatkan efisiensi perjalanan;

22. Sistem APILL Parsial (terisolasi)

Sistem pengendalian persimpangan yang satu tidak terkait dengan persimpangan yang lain;

23. Sistem APILL Koordinasi

Sistem pengendalian persimpangan yang dikoordinasikan dengan persimpangan lain yang berdekatan.

24. Tata Guna Lahan

Merupakan salah satu faktor penghitungan dalam MKJI dimana terdapat faktor yang mewakili penggunaan lahan tertentu seperti kawasan komersial (COM) dan pemukiman (RES)

25. Hambatan Samping

Dampak yang ditimbulkan kepada ruas jalan utama yang bersumber dari aktivitas tepi jalan seperti pejalan kaki dan kegiatan parkir.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya volume kendaraan membuat suatu permasalahan lalu lintas terjadi di wilayah perkotaan yaitu besarnya tundaan yang dialami para pengguna jalan. Tundaan yang terjadi membuat waktu tempuh perjalanan bertambah mengingat pada semestinya kegiatan transportasi pada moda darat, laut, maupun udara adalah kegiatan yang dapat mempersingkat waktu perjalanan. Data yang diperoleh dari publikasi Statistik Indonesia 2021 menunjukkan bahwa jumlah produksi kendaraan baik dari kendaraan pribadi, kendaraan angkutan umum, maupun kendaraan angkutan barang menunjukkan tren yang meningkat sampai akhir tahun 2021 (Badan Pusat Statistik (BPS) Nasional, 2021). Meskipun fluktuatif, perkembangan pertumbuhan produksi kendaraan selama lima tahun terakhir menunjukkan jumlah yang tidak jauh berbeda setiap tahunnya. Hal ini tentu saja membuat jumlah kendaraan yang beroperasi di jalan raya semakin meningkat setiap tahunnya.

Menurut Salim (2000), transportasi adalah kegiatan pemindahan barang (muatan) dan penumpang dari suatu tempat ke tempat lain. Kirono, dkk. (2018) mengemukakan bahwa permasalahan lalu lintas akan muncul ketika semua orang bergerak secara bersamaan. Pernyataan tersebut tentunya sangat relevan dengan keadaan lalu lintas di Indonesia mengingat jumlah penduduk dan permintaan akan jasa transportasi yang tinggi. Berkaitan dengan hal tersebut data publikasi Kabupaten Semarang Dalam Angka, proyeksi jumlah penduduk di wilayah Kabupaten Semarang adalah 1.059.844 Jiwa (BPS Kabupaten Semarang, 2022), oleh sebab itu perlu adanya suatu penanganan dan perencanaan agar tidak timbul permasalahan lalu lintas mengingat dengan jumlah penduduk mencapai 1 juta jiwa, Kabupaten Semarang masuk ke dalam kategori Kota Besar.

Salah satu aspek penting yang menjadi perhatian untuk permasalahan ini adalah waktu tempuh pengguna jalan terhadap keberadaan simpang bersinyal. Jarak antar simpang bersinyal yang berdekatan serta tidak adanya pengaturan waktu siklus yang tepat akan meningkatkan waktu tundaan (*delay*) dan membuat para pengguna

jalan merasa tidak nyaman. “Permasalahan yang kemudian timbul adalah apabila pengemudi mendapat lampu hijau pada simpang yang satu kemudian di persimpangan berikutnya lampu baru berubah menjadi merah, oleh karena itu salah satu langkah yang dilakukan adalah melakukan koordinasi antar persimpangan sehingga bila suatu kendaraan sampai pada persimpangan berikutnya akan mendapatkan lampu hijau lagi yang disebut sebagai gelombang hijau (*greenwave*)” (Abubakar, 2012).

Keberadaan suatu persimpangan atau simpul di dalam jaringan jalan tidak dapat diabaikan pengaturannya mengingat tidak semua persimpangan mampu untuk dibuat tidak sebidang. Salah satu cara terbaik untuk mengurangi waktu tundaan adalah dengan mengoptimalkan waktu siklus masing-masing simpang dengan membuat pengaturan waktu yang dapat terkoordinir dengan baik antara simpang satu dengan simpang lainnya. “Pengaturan lampu lalu lintas berupa pengaturan waktu hijau (*greentime*), waktu antar hijau (*intergreen*), waktu kuning (*ambertime*) dan waktu siklus (*cycletime*). Sedangkan koordinasi lampu lalu lintas berupa koordinasi awal waktu hijau pada persimpangan berikutnya, sehingga sebagian besar kendaraan dapat melewati persimpangan tanpa berhenti (Munawar, 2014)”.

Sejalan dengan amanat yang dikeluarkan oleh Departemen Perhubungan dalam Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat No. AJ 401/1/7 tentang Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas, perlu adanya pengaturan guna meningkatkan kelancaran lalu lintas dengan mengurangi atau menghindarkan adanya kemungkinan titik konflik antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas-fasilitas lain yang memberikan kemudahan, kenyamanan dan ketenangan terhadap pengguna jalan yang akan melalui suatu persimpangan bersinyal. Untuk mencapai tujuan tersebut, perlu adanya suatu pengaturan yang tepat guna mengatur simpang bersinyal yang berdekatan atau berjarak maksimal 800 meter (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1991).

Jalan Nasional di wilayah perkotaan Ungaran memiliki permasalahan lalu lintas di beberapa titik persimpangan bersinyal. Permasalahan yang muncul adalah munculnya tundaan lalu lintas akibat tidak terkoordinasinya waktu siklus antar persimpangan dan tidak optimalnya waktu siklus di setiap persimpangan tersebut.

Kondisi tersebut di perburuk dengan tidak adanya pertimbangan pengaturan waktu siklus terhadap fluktuasi lalu lintas yang terjadi.

Permasalahan lalu lintas yang telah disampaikan tersebut terjadi pada dua persimpangan bersinyal di wilayah perkotaan Ungaran yaitu di simpang Pegadaian dan simpang Alun-alun Lama, dimana pengaturan waktu siklus dan tundaan lalu lintas yang terjadi seringkali membuat kendaraan mengalami dua kali sinyal merah untuk melewati persimpangan tersebut. Keadaan tersebut tentunya membuat waktu tempuh perjalanan bertambah dan kenyamanan pengemudi berkurang.

Dengan adanya koordinasi antar kedua simpang bersinyal tersebut, diharapkan waktu tempuh perjalanan berkurang guna meningkatkan kelancaran dan kenyamanan pengguna jalan. Untuk mewujudkan hal tersebut, Penulis membuat penelitian dengan judul PENGARUH KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL TERHADAP WAKTU TEMPUH PENGGUNA JALAN (STUDI KASUS SIMPANG PEGADAIAN DAN SIMPANG ALUN-ALUN LAMA) yang nantinya dapat bermanfaat bagi Penulis dan instansi terkait melalui pengaturan yang efisien dan tepat guna untuk kedua persimpangan yang dikaji.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang telah dikemukakan maka dapat disampaikan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Apakah pengaturan waktu siklus pada setiap persimpangan sudah tepat?
2. Bagaimanakah pengaturan waktu siklus yang optimal agar simpang-simpang tersebut dapat terkoordinasi dengan baik?
3. Apakah terjadi penurunan waktu perjalanan setelah dilakukan koordinasi simpang?

1.3. Tujuan Penulisan

Penelitian yang dilakukan memiliki maksud dan tujuan sebagai berikut.

1. Mengevaluasi pengaturan waktu siklus eksisting di Simpang Alun-alun Lama dan Simpang Pegadaian Kabupaten Semarang;
2. Menganalisa pengendalian kedua simpang tersebut dengan sistem koordinasi menggunakan metode *greenwave*;
3. Mengevaluasi efektifitas pemberlakuan koordinasi simpang pada sebelum dan sesudah pemberian pengaturan waktu siklus baru;

1.4. Batasan masalah

Batasan masalah yang juga menjadi ruang lingkup masalah dapat disampaikan antara lain:

1. Penelitian dilakukan di Simpang Pegadaian, Simpang Alun-alun Lama, dan ruas jalan utama yang menghubungkan kedua simpang tersebut (ruas jalan Gatot Subroto, ruas jalan Diponegoro segmen 1, ruas jalan Diponegoro segmen 2);
2. Metode penghitungan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997;
3. Survei lalu lintas dilaksanakan pada hari Rabu, Jumat, dan Minggu;
4. Survei lalu lintas dilaksanakan pada jam sibuk pagi (06.00-08.00), dan jam sibuk siang (11.00 – 13.00);
5. Pola pengaturan waktu siklus yang diberikan adalah plan untuk jam sibuk pagi dan jam sibuk siang;
6. Pengkoordinasian simpang menggunakan metode *greenwave*;
7. Evaluasi metode pengaturan lalu lintas dengan cara dilakukan uji coba pengaturan langsung di lapangan.

1.5. Lokasi Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan berada pada ruas jalan Nasional yang berada di wilayah administrasi Kabupaten Semarang. Lokasi yang menjadi objek penelitian adalah dua persimpangan dengan jarak antar simpang 625 meter dan tiga segmen ruas jalan. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki permasalahan yang sesuai dengan topik pembahasan. Berikut adalah penjelasan lokasi yang dipilih.

1. Simpang Alun-alun Lama

Simpang Alun-alun Lama adalah persimpangan dengan empat kaki simpang yang menghubungkan ruas jalan Diponegoro Segmen 1 (Jalan Nasional), ruas jalan Gatot Subroto (Status Jalan Nasional), ruas jalan Pemuda (Status Jalan Kabupaten), dan ruas jalan Legok sari (Status Jalan Kabupaten). Simpang ini berada di koordinat -7.127588° S, 110.404481° E;

2. Simpang Pegadaian

Simpang Pegadaian adalah persimpangan dengan empat kaki simpang dan menghubungkan ruas jalan Diponegoro (Status Jalan Nasional), ruas jalan Yos Sudarso (Status Jalan Kabupaten), dan ruas jalan Mayjend Sutoyo (Status Jalan Kabupaten). Simpang ini terletak di koordinat -7.133118° S, 110.403814° E;

3. Ruas Jalan Gatot Subroto

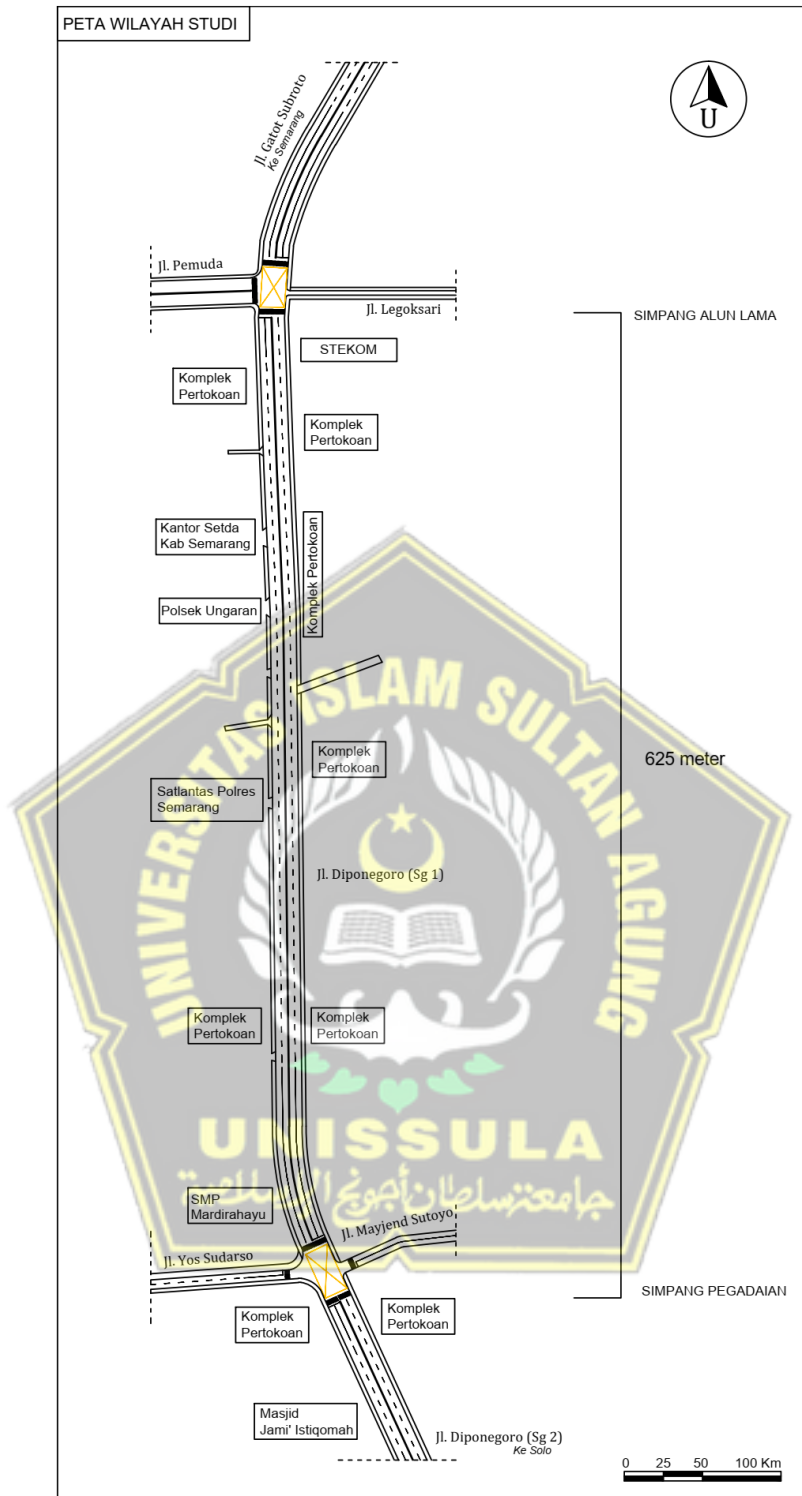
Ruas jalan Gatot Subroto memiliki pengaturan lajur 4/2 D dengan status jalan Nasional dan Fungsi Arteri. Ruas ini menghubungkan simpang Alun-alun lama dan simpang Assalamah (ke arah utara);

4. Ruas Jalan Diponegoro segmen 1

Ruas Jalan Diponegoro segmen 1 memiliki pengaturan lajur 4/2 D dengan status jalan Nasional dan Fungsi Primer. Ruas in menghubungkan simpang Alun-alun lama dan simpang Pegadaian;

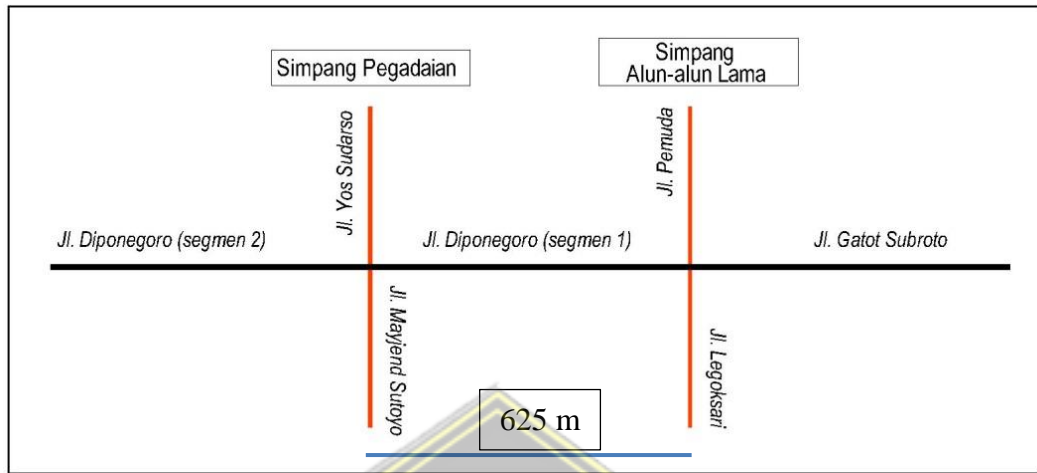
5. Ruas Jalan Diponegoro segmen 2

Ruas jalan Diponegoro segmen 2 memiliki pengaturan lajur 4/2 D dengan status jalan Nasional dan Fungsi Primer. Ruas ini menghubungkan simpang Pegadaian dengan simpang DPRD Kab. Semarang.

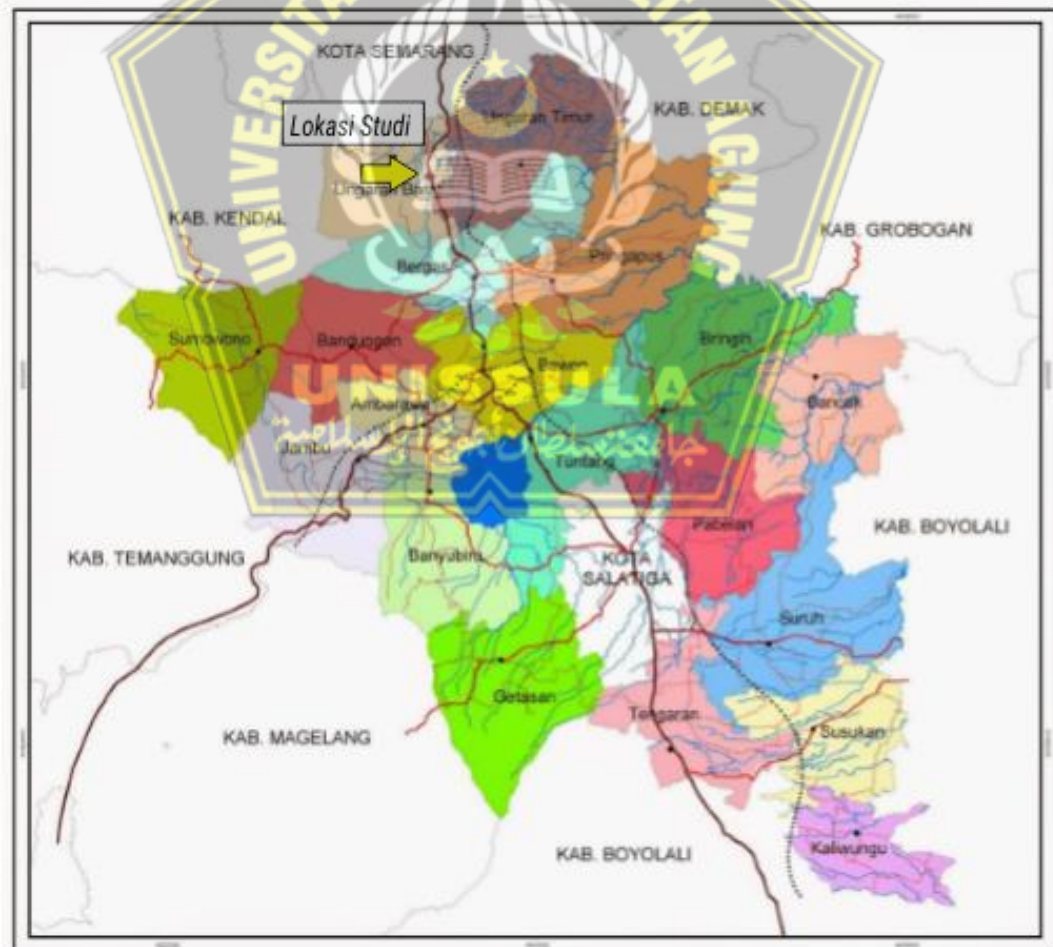


Gambar 1.1 Peta Lingkup Spasial Perkotaan Ungaran

Peta yang digambarkan di atas digunakan untuk keperluan studi tentang koordinasi simpang bersinyal. Peta ini memvisualisasikan dua simpang bersinyal yang digambarkan secara skalatis



Gambar 1.2 Tata Letak Lokasi Studi



Gambar 1.3 Orientasi Lokasi Studi

1.6. Keaslian Penelitian

Sampai pada saat penelitian ini berlangsung, Penulis telah mencari informasi dan menyatakan belum pernah ada studi yang pernah dilakukan terkait koordinasi simpang bersinyal dan pengaruhnya terhadap waktu tempuh perjalanan di simpang Alun-alun Lama dan Simpang Pegadaian. Informasi yang Penulis dapatkan dari dinas teknis terkait yakni Dinas Perhubungan Kabupaten Semarang juga menyatakan belum pernah ada kajian maupun studi terkait permasalahan tersebut. Keaslian penelitian yang menjadi bukti tidak adanya plagiarisme antara penelitian sejenis teridentifikasi pada:

1. Lokasi penelitian, dimana lokasi penelitian tersebut berada pada simpang Pegadaian dan simpang Alun-alun lama Kabupaten Semarang;
2. Pengaplikasian hasil manajemen dan rekayasa lalu lintas setelah dilakukan penghitungan dilakukan secara langsung di lapangan;
3. Dokumen teknis terakhir dari Dinas Perhubungan Kabupaten Semarang berupa Rencana Induk Lalu Lintas Angkutan Jalan tahun 2015 tidak melakukan pengkajian terhadap volume lalu lintas pada setiap simpang bersinyal dan kaitannya dalam pengkoordinasian simpang bersinyal.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Tesis “Pengaruh Koordinasi Simpang Bersinyal Terhadap Waktu Tempuh Pengguna Jalan (Studi Kasus Simpang Alun-alun Lama dan Simpang Pegadaian)” dapat dijabarkan sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pembahasan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan Penulisan, batasan masalah, lokasi penelitian, keaslian penelitian, dan sistematika Penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas mengenai penelitian sejenis yang pernah dilaksanakan berikut metode-metode yang digunakan. Di dalam bab ini juga dijelaskan berbagai literatur

yang dapat menjadi pedoman dalam memberikan justifikasi terhadap permasalahan yang terjadi. Pembahasan yang menjadi pokok pemikiran di dalam tinjauan pustaka antara lain penelitian sejenis, landasan teoritis, dan hipotesis.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas mengenai pola pelaksanaan studi, metode pendekatan yang dilakukan dalam pengumpulan data, langkah – langkah penelitian, metode analisis hasil, dan jadwal penelitian.

BAB IV : ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan evaluasi kondisi persimpangan yang kemudian dilakukan analisis dan perhitungan data untuk mendapatkan manajemen dan rekayasa lalu lintas guna mengetahui pengaturan koordinasi simpang bersinyal yang tepat guna.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan penerapan dari pemecahan masalah di persimpangan yang merupakan hasil dari analisis dan perhitungan data.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi semua referensi yang Penulis gunakan untuk guna mendukung penelitian yang dilaksanakan. Referensi berupa rujukan – rujukan akademis yang berasal dari berbagai sumber.

LAMPIRAN

Lampiran berisi hal-hal tambahan yang ada maupun tidak ada di dalam penelitian. Lampiran juga menjelaskan rincian atau deskripsi yang sudah maupun belum disampaikan di dalam pembahasan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Salah satu strategi manajemen lalu lintas yang sangat penting artinya dan besar dampaknya terhadap arus lalu lintas adalah pengaturan dan koordinasi lampu lalu lintas (Munawar, 2014). Secara umum, pengaturan lampu lalu lintas mempunyai dampak positif dari segi keamanan lalu lintas, kapasitas jalan, ekonomi, lingkungan. Lebih lanjut menurut Munawar, prinsip pokok koordinasi lampu lalu lintas adalah agar kendaraan dapat melewati beberapa lampu lalu lintas tanpa terhenti. Pengaturan lampu lalu lintas dapat di atur dengan dua cara yaitu pengaturan secara tetap dan pengaturan menurut waktu / beban.

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang umumnya sebidang dan dikendalikan oleh perangkat elektronik yang pengaturannya berdasarkan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan MKJI 1997, tujuan dari dibuatnya simpang bersinyal adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghindari terjadinya kemacetan pada simpang dengan cara mempertahankan kapasitas simpang bahkan ketika waktu puncak berlangsung (*peak hour*);
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan atau pejalan kaki dari simpang minor untuk memotong jalan utama;
3. Untuk mengurangi potensi kecelakaan akibat konflik lalu lintas yang terjadi.

Kapasitas sistem jaringan jalan perkotaan tidak saja dipengaruhi oleh kapasitas ruas jalannya tetapi juga oleh kapasitas setiap persimpangannya (baik yang diatur oleh lampu lalu lintas maupun tidak). Bagaimana pun baiknya kinerja ruas jalan dari suatu sistem jaringan jalan, jika kinerja persimpangannya sangat rendah maka kinerja seluruh sistem jaringan jalan tersebut akan menjadi rendah pula (Tamin, 2000).

2.1.1. Pengaturan Waktu Siklus

Simpang Pegadaian dan Simpang Alun-alun lama adalah simpang bersinyal yang berada di wilayah perkotaan Ungaran sehingga pengaturan waktu siklus pada simpang tersebut sangat erat kaitannya dengan fungsi Koordinasi Simpang.

Waktu siklus adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (selang waktu antara dimulainya sampai kembali hijau). Kemudian pengaturan tersebut diterapkan kepada Alat Pemberi Isyarat lalu Lintas (APILL). Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur Lalu Lintas orang dan /atau Kendaraan di persimpangan atau pada ruas Jalan (UU 22 Tahun 2009).

Cara untuk menghitung waktu siklus pada koordinasi simpang bersinyal, dapat dilakukan dengan menggunakan penghitungan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dimana perhitungan kinerja persimpangan bersinyal didapatkan dengan cara memasukan data-data dan menghitung pada formulir SIG-I sampai SIG-V. Didalam Manual tersebut juga dapat diketahui bahwa rentang waktu siklus yang layak yang telah disesuaikan dengan pengaturan fase seperti yang dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Pengaturan Waktu Siklus Optimum

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan Tiga Fase	50 – 100
Pengaturan Empat Fase	80 – 130

Sumber: MKJI 1997

Beberapa faktor yang mempengaruhi pengaturan waktu siklus pada koordinasi simpang bersinyal antara lain:

1. Jumlah kendaraan yang melintas pada simpang bersinyal;
2. Waktu tunggu kendaraan pada simpang bersinyal;
3. Kecepatan kendaraan yang melintas pada simpang bersinyal;

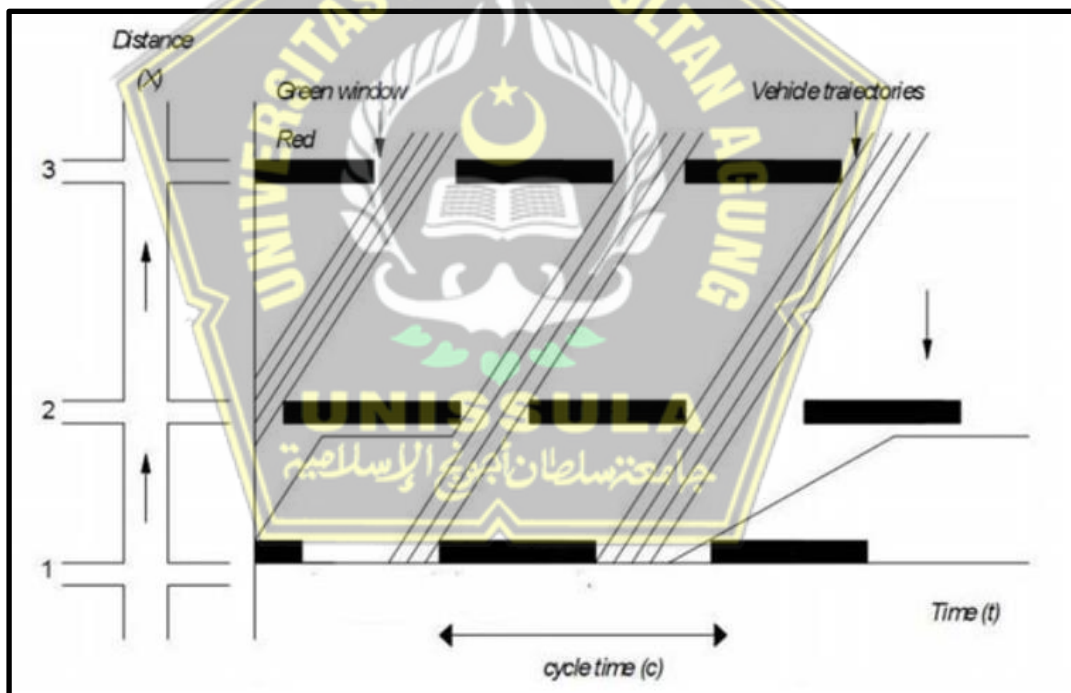
4. Jarak antar simpang bersinyal.

Sehingga dari data dan analisis yang dilakukan, didapatkan pengaturan waktu siklus yang optimal untuk simpang bersinyal yang dimaksud.

2.1.2. Koodinasi Sinyal Antar Simpang

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1991).

Menurut Taylor dkk, (1996) koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrian. Hal tersebut dapat dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Prinsip Koordinasi Simpang Bersinyal

Secara sederhana, koordinasi simpang adalah suatu usaha yang dilakukan untuk mengkoordinasikan antar simpang melalui pendekatan sistematis sehingga kendaraan tetap mendapatkan waktu hijau ketika melewati suatu simpang bersinyal. Koordinasi simpang bersinyal juga dapat dijadikan indikasi suatu bentuk

manajemen dan rekayasa lalu lintas yang baik karena dapat menekan biaya operasional kendaraan.

Beberapa keuntungan yang bisa didapatkan dari pengaplikasian koordinasi simpang bersinyal diantaranya:

1. Waktu perjalanan kendaraan menjadi lebih singkat;
2. Pengurangan polusi udara yang dihasilkan dari emisi gas buang kendaraan yang dihasilkan saat Kecepatan mesin kendaraan berada diposisi idle. Gas tersebut diantaranya Hidrokarbon (HC), Karbon monoksida (CO), dan Nitrogen Oksida (NO_x);
3. Penurunan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) ataupun energi lainnya seperti bahan bakar gas (BBG) maupun energi pada mesin listrik (baterai);
4. Penurunan angka kecelakaan lalu lintas.

2.1.3. Syarat Koordinasi Simpang

Pada umumnya, kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya. Jarak dimana kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 m (Roses & Shane, 1990). Untuk mengkoordinasikan beberapa sinyal berdekatan, diperlukan beberapa syarat antara lain :

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka koordinasi sinyal tidak efektif lagi;
2. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama;
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid;
4. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

2.1.4. Konsep *Greenwave*

Greenwave (gelombang hijau) adalah suatu konsep pengkoordinasian antar persimpangan bersinyal yang berdekatan dengan tujuan untuk membuat lalu lintas

kendaraan yang bergerak memasuki simpang satu mendapat waktu hijau sampai dengan simpang selanjutnya (Subagja, 2018). “Sebuah gelombang hijau terjadi ketika serangkaian lampu lalu dikoordinasikan untuk memungkinkan mengalir lalu lintas terus menerus selama beberapa persimpangan dalam satu arah utama. Setiap kendaraan yang berjalan bersama gelombang hijau akan melihat aliran lampu hijau yang progresif, dan tidak harus berhenti di persimpangan. Hal ini memungkinkan beban lalu lintas yang lebih tinggi, dan mengurangi kebisingan dan penggunaan energi (karena lebih sedikit akselerasi dan pengereman yang dibutuhkan)” (https://en.wikipedia.org/wiki/Green_wave).

Beberapa keuntungan yang didapat dari penerapan konsep *greenwave* antara lain:

1. Berkurangnya waktu tundaan dan panjang antrian;
2. Mengurangi Emisi kendaraan;
3. Mengurangi Konsumsi bahan Bakar;
4. Memudahkan bagi pejalan kaki yang hendak menyeberang;
5. Dapat mengontrol kecepatan lalu lintas di Perkotaan.

Kemudian yang menjadi catatan adalah tolak ukur keberhasilan kinerja *greenwave* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti rasio arus lalu lintas yang ada di pendekatan mayor dan minor dan jarak antara simpang.

2.1.5. Waktu *Offset*

Waktu *offset* merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang selanjutnya (Papacostas & Prevedouros, 2005). Waktu *offset* berfungsi untuk mengetahui secara pasti kapan sinyal pada persimpangan selanjutnya harus menyala hijau agar *platoon* / grup kendaraan tetap mendapat waktu hijau ketika sudah memasuki area persimpangan selanjutnya.

Waktu *offset* harus dihitung dengan secara hati-hati guna memastikan bahwa persimpangan bersinyal pada koridor atau rute yang sama dapat dikoordinasikan dengan persimpangan bersinyal. Dengan menggunakan waktu *offset* yang dihitung dengan cermat, koordinasi simpang bersinyal dapat direalisasikan dengan

menyesuaikan waktu siklus sinyal dan waktu hijau di simpang bersinyal untuk meminimalkan tundaan dan mengoptimalkan waktu tempuh pada koridor atau rute tertentu.

2.1.6. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *Level Of Service* (LOS) merupakan ukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas. Penilaian Tingkat Pelayanan menurut Permenhub No 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas adalah Kecepatan (pada ruas) dan Tundaan (pada persimpangan). Tingkat pelayanan meliputi:

1. Tingkat pelayanan pada ruas

Tingkat pelayanan pada ruas jalan diklasifikasikan atas:

A. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi:

- 1) arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan sekurang-kurangnya 80 (delapan puluh) kilometer per jam;
- 2) kepadatan lalu lintas sangat rendah,
- 3) pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkannya tanpa atau dengan sedikit tundaan.

B. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi:

- 1) arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan sekurang- sekurangnya 70 (tujuh puluh) kilometer per jam;
- 2) kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan;
- 3) pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

C. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi:

- 1) arus stabil tetapi pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi dengan kecepatan sekurang- sekurangnya 60 (enam puluh) kilometer per jam;
- 2) kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan internal lalu lintas meningkat;

- 3) pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

D. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi:

- 1) arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan sekurang-sekurangnya 50 (lima puluh) kilometer per jam;
- 2) masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus;
- 3) kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar;
- 4) pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.

E. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi:

- 1) arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sekurang-kurangnya 30 (tiga puluh) kilometer per jam pada jalan antar kota dan sekurang-kurangnya 10 (sepuluh) kilometer per jam pada jalan perkotaan;
- 2) kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi;
- 3) pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

F. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi:

- 1) arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang dengan kecepatan kurang dari 30 (tiga puluh) kilometer per jam;
- 2) kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama;
- 3) dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0 (nol).

2. Tingkat pelayanan pada simpang bersinyal

Tingkat pelayanan pada simpang bersinyal diklasifikasikan atas:

- A. tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan;
- B. tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan;
- C. tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan;
- D. tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan;
- E. tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan;
- F. tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan.

2.1.7. Hubungan Kecepatan Dengan Waktu Perjalanan

Kecepatan dalam hubungannya dengan lalu lintas kendaraan adalah tingkat pergerakan kendaraan yang umumnya di Indonesia dinyatakan dalam km/jam. Pada kondisi tanpa hambatan, semakin tinggi kecepatan yang didapatkan maka semakin sedikit waktu perjalanan yang diperlukan.

Waktu perjalanan atau *journey time* adalah waktu yang diperlukan oleh kendaraan dalam menyelesaikan suatu perjalanan. Semakin tinggi kecepatan suatu kendaraan, maka semakin singkat waktu yang diperlukan untuk melakukan perjalanan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan kendaraan ketika melewati suatu persimpangan adalah adanya tundaan lalu lintas. Waktu perjalanan ini dapat menjadi salah satu indikator keberhasilan pemberlakuan koordinasi simpang.

Penundaan ditimbulkan oleh kelambatan atau macetnya kendaraan pada simpang jalan yang terlalu ramai, lebar jalan yang kurang, parkir mobil di jalan yang sempit, dan sebagainya. Penundaan karena berhenti menimbulkan selisih waktu antara kecepatan perjalanan (*journey speed*) dan kecepatan bergerak (*running speed*). Akibatnya adalah pengurangan kecepatan bergerak dibawah kecepatan yang dianggap dapat diterima (Handajani, 2012).

Umumnya di Indonesia kecepatan dinyatakan dalam km/jam dan dibagi menjadi 3 (tiga) macam:

1. Kecepatan Setempat (*Spot Speed*)

Kecepatan setempat adalah kecepatan kendaraan yang diukur ketika melewati titik tertentu (setempat);

2. Kecepatan Bergerak (*Running Speed*)

Kecepatan bergerak adalah kecepatan rata-rata kendaraan pada suatu jalur disaat kendaraan bergerak dan didapat dengan cara membagi panjang jalur dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuh jalur tersebut;

3. Kecepatan Perjalanan (*Journey Time*)

Kecepatan perjalanan adalah kecepatan efektif kendaraan dalam perjalanan antara dua titik dibagi dengan lama waktu kendaraan menyelesaikan perjalanan antara dua titik tersebut. Penghitungan ini mencakup setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan ataupun tundaan lalu lintas.

2.2. Landasan Teoritis

2.2.1. Metode MKJI 1997

MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997 atau IHCM (*Indonesian Highway Capacity Manual*) 1997 adalah rujukan penelitian dan pengaturan lalu lintas yang digunakan sebagai panduan untuk kegiatan analisis, perencanaan, perancangan, dan operasi fasilitas lalu lintas. MKJI 1997 adalah hasil penelitian yang dilakukan secara empiris di beberapa tempat yang dianggap mewakili kondisi karakteristik lalu lintas di wilayah Indonesia. Berikut adalah definisi dan notasi yang bersumber dari MKJI 1997.

1. Waktu Antar Hijau (*inter green*) dan Waktu Hilang (*lost time*)

Waktu antar hijau adalah dimulainya periode kuning dan merah semua antara dua fase yang berurutan. Waktu merah semua pendekat (*all red*) adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan. Waktu hilang (*lost time*) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase.

$$LTI = \sum (\text{semua merah} + \text{kuning}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

LT = *Lost Time* (waktu yang hilang)

2. Panjang Antrian

Nilai dari derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang merupakan sisa dari fase terdahulu yang dihitung dengan rumus berikut :

a. Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

NQ_1 : jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya

DS : derajat kejenuhan

C : kapasitas (smp/jam)

b. Untuk $DS \leq 0,5$:

$$NQ_1 = 0 \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk menghitung antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) :

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{(1-GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

NQ₂ : jumlah smp yang datang selama fase merah;

DS : derajat kejenuhan

GR : rasio hijau (g/c);

c : waktu siklus (detik);

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua NQ₁ dan NQ₂

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots(2.5)$$

3. Tundaan Lalu Lintas

Tundaan Lalu lintas diakibatkan oleh interaksi lalulintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang. Tundaan lalu lintas tiap pendekat ditentukan dengan rumus berikut:

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

c : waktu siklus disesuaikan (det)

DT : tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

DS : derajat kejenuhan

C : kapasitas (smp/jam)

GR : rasio hijau (g/c)

4. Tundaan Geometri

Tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat diakibatkan oleh perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau diberhentikan oleh lampu lalu lintas dihitung berdasarkan formula berikut ini.

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

DG : tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (detik/smp)

P_{sv} : rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T : rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan Geometri LTOR (*Left Turn on Red*) diambil sebesar 6 detik. Tundaan rata-rata (D) adalah penjumlahan dari tundaan lalu lintas rata-rata (DT) dan tundaan geometri rata-rata (DG).

$$D = DT + DG \dots\dots\dots(2.8)$$

2.2.2. Penentuan Waktu Siklus Simpang Bersinyal

Untuk menentukan waktu siklus simpang bersinyal diperlukan penghitungan data dengan memperhatikan:

1. Tipe Pendekat (*Approach*)

Pendekat dikategorikan menjadi 2 jenis yaitu pendekat tipe terlindung (P) dan pendekat tipe terlawan (O). Pendekat simpang merupakan daerah pada lengan simpang yang digunakan kendaraan untuk mengantri sebelum melewati persimpangan tersebut. Pendekat tersebut dikatakan sebagai terlindung apabila mempunyai pulau jalan untuk memisahkan pergerakan maupun mempunyai fase tersendiri untuk belok kanan. Sedangkan dikatakan sebagai terlawan apabila pergerakan belok kanan tidak dibatasi dalam pergerakan dua arah dalam persimpangan yang bergerak bersamaan (fase yang sama).

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat		
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus dari arah yang berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus dari arah yang berlawanan			

Gambar 2.2 Penentuan Jenis Pendekat

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

2. Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif adalah lebar dari pendekat yang diperkeras dan menjadi dasar penghitungan kapasitas. Lebar pendekat efektif menjadi pertimbangan W_A , W_{masuk} , W_{keluar} , dan gerakan lalu lintas membelok.

- a. Untuk pendekat dengan tipe terlawan (O)

Jika $W_{LTOR} \geq 2$ meter, maka $W_e = W_A - W_{LTOR}$

Jika $W_{LTOR} < 2$ meter, maka $W_e = W_A \times (1 - PLTOR) - W_{LTOR}$ (2.9)

Keterangan

W_e : Lebar Pendekat Efektif

W_A : Lebar Pendekat

L_{TOR} : Gerakan Belok Kiri Langsung (*Left Turn on Red*)

W_{LTOR} : Lebar Pendekat Belok Kiri Langsung

$PLTOR$: Rasio Kendaraan Belok Kiri Langsung

- b. Untuk pendekat dengan tipe terlindung (P)

Pada pendekat terlindung $W_e = W_{keluar}$

Apabila $W_{keluar} < W_e \times (1 - PRT - PLTOR)$ (2.10)

Keterangan

PRT : Rasio Belok Kanan

$PLTOR$: Rasio Belok Kiri Langsung

3. Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian kendaraan didalam pendekat selama kondisi lalu lintas ideal (smp/jam hijau) untuk pendekat tipe terlindung (P).

$S_0 = 600 \times W_e$ smp/jam(2.11)

Keterangan

S_0 : Arus Jenuh Dasar (smp/jam)

W_e : Lebar Jalan Efektif (m)

4. Faktor Penyesuaian Arus Jenuh

Untuk menentukan faktor penyesuaian arus jenuh, diperlukan beberapa parameter.

a. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota/ City Scale factor (F_{CS})

Faktor penyesuaian untuk ukuran kota ditentukan dengan menggabungkan informasi jumlah kependudukan yang didapatkan dari data Kabupaten Semarang Dalam Angka tahun 2020 yang didapatkan dari publikasi BPS Kab. Semarang. Berikut faktor penyesuaian yang disajikan kedalam tabel.

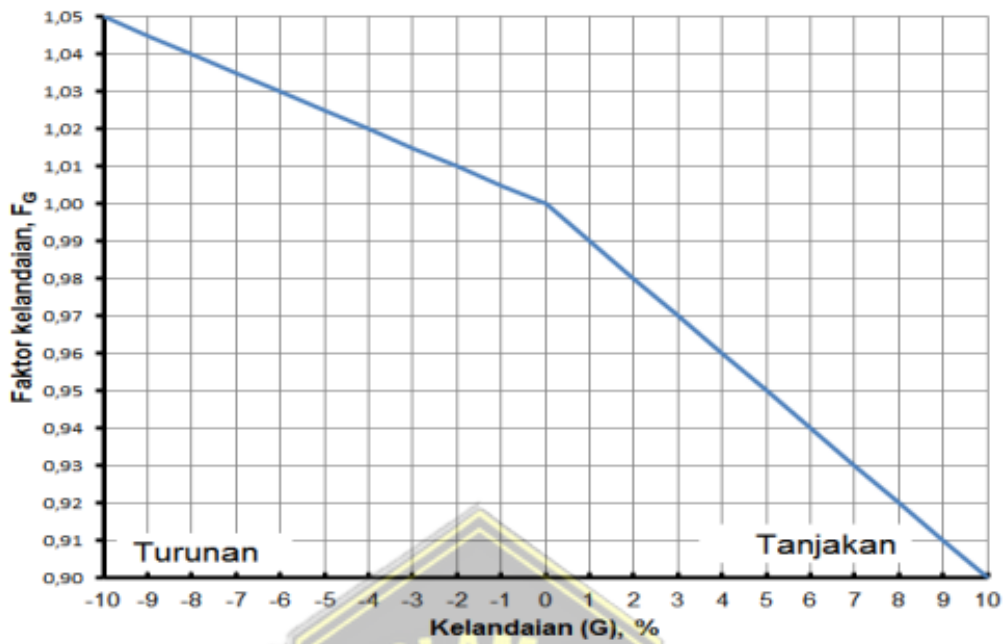
Tabel 2.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

b. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Secara sederhana penyesuaian kelandaian di jabarkan kedalam % naik (+) atau % turun (-) dan dapat dilihat dalam gambar grafik berikut.



Gambar 2.3 Grafik Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

c. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Faktor penyesuaian parkir dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

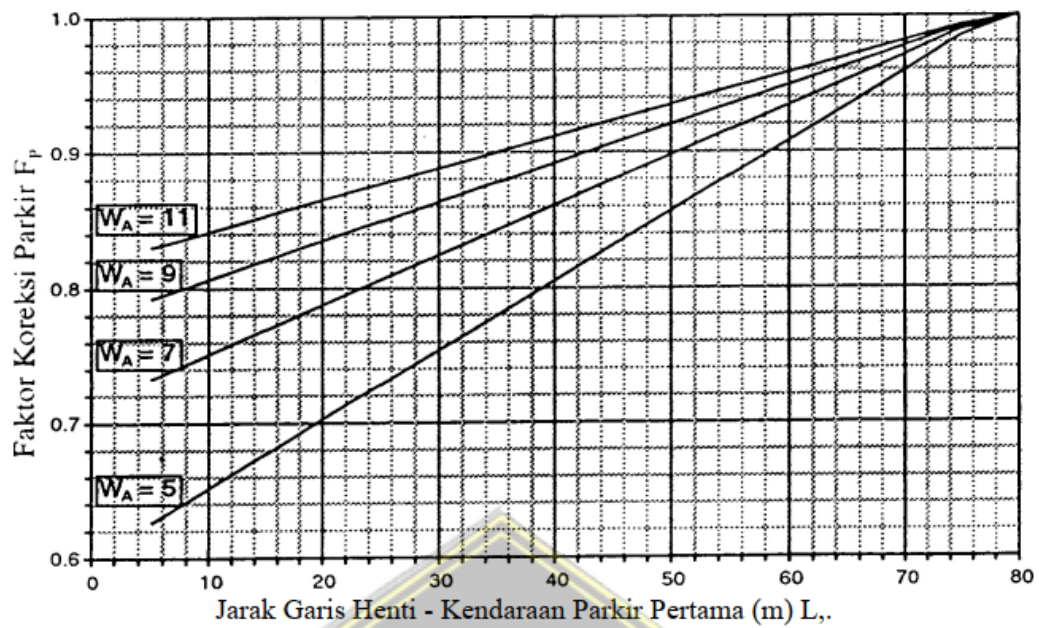
$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g) / W_A] / g \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan

L_P : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek)

W_A : Lebar Pendekat (m)

g : waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik)



Gambar 2.4 Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir dan lajur belok kiri yang pendek (F_p)

Sumber : *Simpang Bersinyal MKJI 1997*

d. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Berikut adalah faktor penyesuaian untuk Hambatan Samping (*Side Friction*) untuk Tipe setiap lingkungan jalan (COM, RES, RA), Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor.

Tabel 2.3 Faktor penyesuaian hambatan samping

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	"	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : *Simpang Bersinyal MKJI 1997*

- e. Faktor Penyesuaian Arus Belok Kiri (F_{LT}) dan Arus Belok Kanan (F_{RT})

$$F_{LT} = 1 - P_{LT} \times 0,16$$

$$F_{RT} = 1 + P_{RT} \times 0,26 \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan

P_{LT} : Rasio Belok Kiri

P_{RT} : Rasio Belok Kanan

5. Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh

Faktor rasio arus (FR) ditentukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Menghitung Rasio Arus (FR) masing-masing pendekat

$$FR = Q/S \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan

Q : Arus Lalu Lintas (smp/jam)

S : Arus Jenuh (smp/jam hijau)

- b. Mencari rasio arus kritis (FR_{CRIT})

Rasio arus kritis adalah rasio arus tertinggi pada masing-masing fase

- c. Menghitung Rasio Arus Simpang (IFR / *Intersection Factor Ratio*)

$$IFR = \Sigma (FR_{CRIT}) \dots\dots\dots(2.15)$$

- d. Menghitung Rasio Fase (PR / *Phase Ratio*)

$$PR = FR_{CRIT} / IFR \dots\dots\dots(2.16)$$

6. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah urutan lengkap dari indikasi sinyal (antara dua sinyal saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama). Rumus penghitungan waktu siklus dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$Cua = ((1.5 \times LTI + 5)) / (1 - \Sigma FR) \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

Cua : waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI : waktu hilang total per siklus

FR : rasio arus simpang

- b. Waktu hijau (g_i)

Waktu hijau untuk masing-masing fase :

$$g_i = (Cua-LTI) \times P_{Ri} \text{ (detik)} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

g_i : tampilan waktu hijau pada fase i

P_{Ri} : Rasio fase FR/ Σ FR

c. Waktu siklus yang disesuaikan (c)

Waktu siklus ini didasarkan pada pembulatan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI)

$$c = \Sigma g + LTI \text{ (detik)} \dots\dots\dots(2.19)$$

7. Kapasitas

Kapasitas untuk setiap lengan dihitung dengan rumus berikut:

$$C = S \times g / c \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

C : kapasitas (smp/jam)

S : arus jenuh (smp/jam)

g : waktu hijau (detik)

c : waktu siklus yang ditentukan (detik)

Derajat Kejenuhan (DS) dapat dihitung dengan rumus berikut

$$DS = Q / C \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

DS = derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*)

Q : arus lalu lintas (smp/jam)

C : kapasitas (smp/jam)

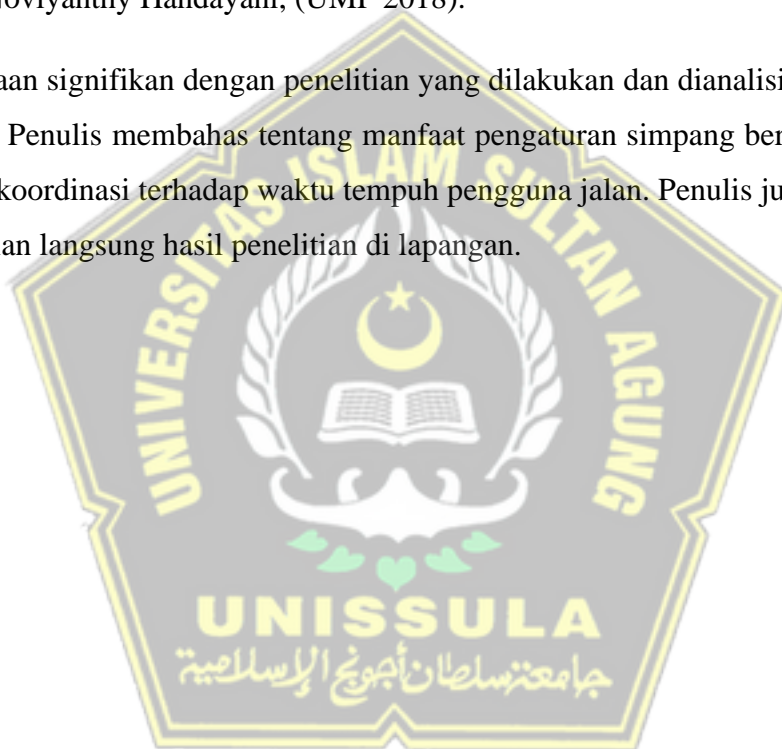
2.3. Penelitian Terdahulu

Tema tentang Koordinasi Simpang Bersinyal pernah diangkat sebagai topik penelitian pada :

1. Skripsi dengan judul: “PERBANDINGAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL TERKOORDINASI ANTARA TRANSYT 14 DAN PTV VISSIM 9”. Diajukan oleh: Navis Ardian S, (STTD 2017).

2. *Journal of The Eastern Asia for Transportation Studies* Vol. 7 No. 1 Hal. 1-12, Juni 2007, dengan Judul: “EVALUASI KINERJA DARI SISTEM PENGENDALIAN LALULINTAS KAWASAN PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL DENGAN BANYAK FASE DAN PERGERAKAN”. Oleh: A. Caroline Sutandi, (UKP 2007);
3. *Jurnal Media Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 6 No. 2 Hal. 109-123, Juni 2018, dengan Judul: “ANALISIS KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG (STUDI KASUS JALAN RAJAWALI-TINGANG DAN JALAN RAJAWALI-GARUDA)”. Oleh: Joko Candra K., Nirwana Puspitasari, Noviyanthi Handayani, (UMP 2018).

Perbedaan signifikan dengan penelitian yang dilakukan dan dianalisis oleh Penulis adalah Penulis membahas tentang manfaat pengaturan simpang bersinyal dengan sistem koordinasi terhadap waktu tempuh pengguna jalan. Penulis juga melakukan pengujian langsung hasil penelitian di lapangan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, tentunya perlu adanya rancangan dari metode yang akan dipergunakan. Sehingga dapat disimpulkan metode penelitian merupakan serangkaian cara untuk memperoleh informasi yang nantinya akan dilakukan analisis sehingga tercapai tujuan dari Penulisan penelitian.

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi langsung di lapangan. Dalam ilmu terapan pada bidang Transportasi Darat yang berkonsentrasi pada sub bidang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, obyek yang diteliti menyangkut pada manajemen pengendalian lampu lalu lintas di persimpangan Kabupaten Semarang.

Penelitian ini mempunyai tujuan utama yaitu untuk mengkoordinasikan sinyal dengan konsep *Greenwave* antar persimpangan yang telah ditentukan sehingga dapat memberikan manfaat bagi pengguna jalan seperti berkurangnya waktu perjalanan yang dibutuhkan. Maka untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan serangkaian cara pada penjelasan berikut.

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dua persimpangan bersinyal yang terletak di jalan Nasional pada wilayah administrasi Kabupaten Semarang, yaitu pada simpang Alun-alun Lama dan Simpang Pegadaian Kab. Semarang;

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan kurang lebih selama 3 bulan.

3.2 Tahap Persiapan Penelitian

Kegiatan ini bersifat observasi atau memantau keadaan lapangan. Pengamatan dilakukan di lokus penelitian dengan melihat keadaan persimpangan yang akan diteliti dan dikoordinasikan. Selain kegiatan yang bersifat observasi lapangan juga perlu adanya studi pustaka untuk mendapatkan informasi dan penambahan

masukannya dari adanya penelitian-penelitian yang hampir sama pada daerah lain mengenai koordinasi simpang.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperoleh dari sumber data primer dan sumber data sekunder. Data primer merupakan sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dengan melakukan pengamatan langsung (survei), sedangkan data sekunder merupakan sumber data yang diperoleh dari instansi terkait. Metode pengumpulan data dijelaskan sebagai berikut.

1. Pengumpulan Data Sekunder
 - a. Peta Jaringan Jalan, data mengenai peta jaringan jalan didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang;
 - b. Data Kependudukan dan Sosio Ekonomi Kabupaten Semarang, didapat dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Semarang dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang.
2. Pengumpulan Data Primer
 - a. Data Geometrik Simpang
Data geometrik simpang diperoleh melalui Survei Inventarisasi Ruas dan Persimpangan (*Link and Junction Geometric Inventories*). Data lain yang dikumpulkan adalah fasilitas jalan seperti rambu dan marka jalan, panjang segmen jalan, lebar jalan, lebar pendekat, jenis hambatan, dll;
 - b. Data Volume Lalu Lintas
Data volume lalu lintas diperoleh dari Survei Pencacahan Lalu Lintas (*Traffic Counting*) dan Survei Pencacahan Gerakan Membelok Terklasifikasi (*Classified Turning Movement Counting*). Hasil pada survei TC didapatkan dari survei CTMC yang dilakukan pada masing-masing persimpangan. Survei CTMC dilakukan dalam satu hari pada periode sibuk pagi, periode sibuk siang selama masing-masing 2 jam. Data didapatkan dengan cara mencatat jumlah kendaraan yang keluar dari masing-masing pendekat baik yang belok kanan, belok kiri, atau lurus, terbagi sesuai dengan klasifikasi kendaraan.
 - c. Data Waktu Siklus

Data sinyal diperoleh melalui Survei Waktu Siklus. Survei Waktu Siklus dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu siklus (*cycle time*) masing-masing tahap pada persimpangan kondisi saat ini. Dilakukan pada simpang bersinyal, menghitung jumlah waktu merah, kuning, hijau dan amber. Serta mencatat waktu siklusnya secara keseluruhan dan jumlah fase yang diterapkan.

d. Data Kecepatan dan waktu perjalanan

Data kecepatan dan waktu perjalanan diperoleh melalui Survei Kecepatan Perjalanan dengan metode pengamatan volume lalu lintas mengambang (*Moving Car Observer*). Data diperoleh dari Survei MCO pada ruas jalan yang di observasi untuk mengetahui lama waktu perjalanan dari simpang sejak dimulainya waktu hijau hingga jarak 1000 meter dengan posisi telah melewati simpang bersinyal setelahnya.

Survei dilakukan selama 3 putaran bolak-balik pada ruas jalan tersebut pada saat periode waktu survei saat sebelum dilakukan pengaturan waktu siklus dan setelah dilakukan pengaturan waktu siklus. Hasil dari waktu perjalanan yang telah didapatkan kemudian dianalisis.

3. Peralatan dan Perlengkapan Penelitian

Alat yang digunakan dalam pengambilan data pendukung penelitian ini yaitu:

- a. *Walkingmeasure*, digunakan untuk mendapatkan data inventarisasi ruas jalan maupun simpang;
- b. *Stopwatch*, digunakan untuk menghitung lamanya survei, lama perjalanan kendaraan, dan kecepatan kendaraan yang diteliti;
- c. *Counter*, digunakan untuk survei pencacahan lalu lintas baik di ruas jalan maupun di simpang;
- d. Kamera, alat untuk mendokumentasikan selama pelaksanaan survei;
- e. Formulir survei, alat tulis, dan papan klip untuk mencatat hasil survei yang telah dilakukan untuk pencacahan lalu lintas di ruas jalan pada segmen tertentu maupun di persimpangan;
- f. Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk mengolah atau memproses hasil survei, serta untuk mencapai pada tujuan penelitian ini.

3.4 Tahap Kompilasi dan Analisis Data

Kompilasi data merupakan pengumpulan data baik data sekunder maupun primer yang didapat dari survei-survei yang telah dilakukan. Berdasarkan data yang telah didapatkan, kemudian dilakukan analisis setelah dilakukan pemberian waktu siklus optimal melalui penghitungan dengan MKJI 1997. Setelah didapatkan waktu siklus optimal, simulasi rekayasa lalu lintas dilakukan secara langsung di lapangan untuk mengetahui manfaat dan efektifitas hasil analisis.

3.5 Tahap Pemecahan Masalah

Setelah didapatkan waktu siklus yang optimal bagi masing-masing simpang dari hasil kompilasi dan analisis data, maka kemudian dilakukan pengkoordinasian antar simpang untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Penyelesaian masalah ini diharapkan dapat menampilkan pengaturan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas yang efektif dan efisien sehingga mampu mempersingkat waktu perjalanan (*journey time*).

3.6 Tahap Evaluasi

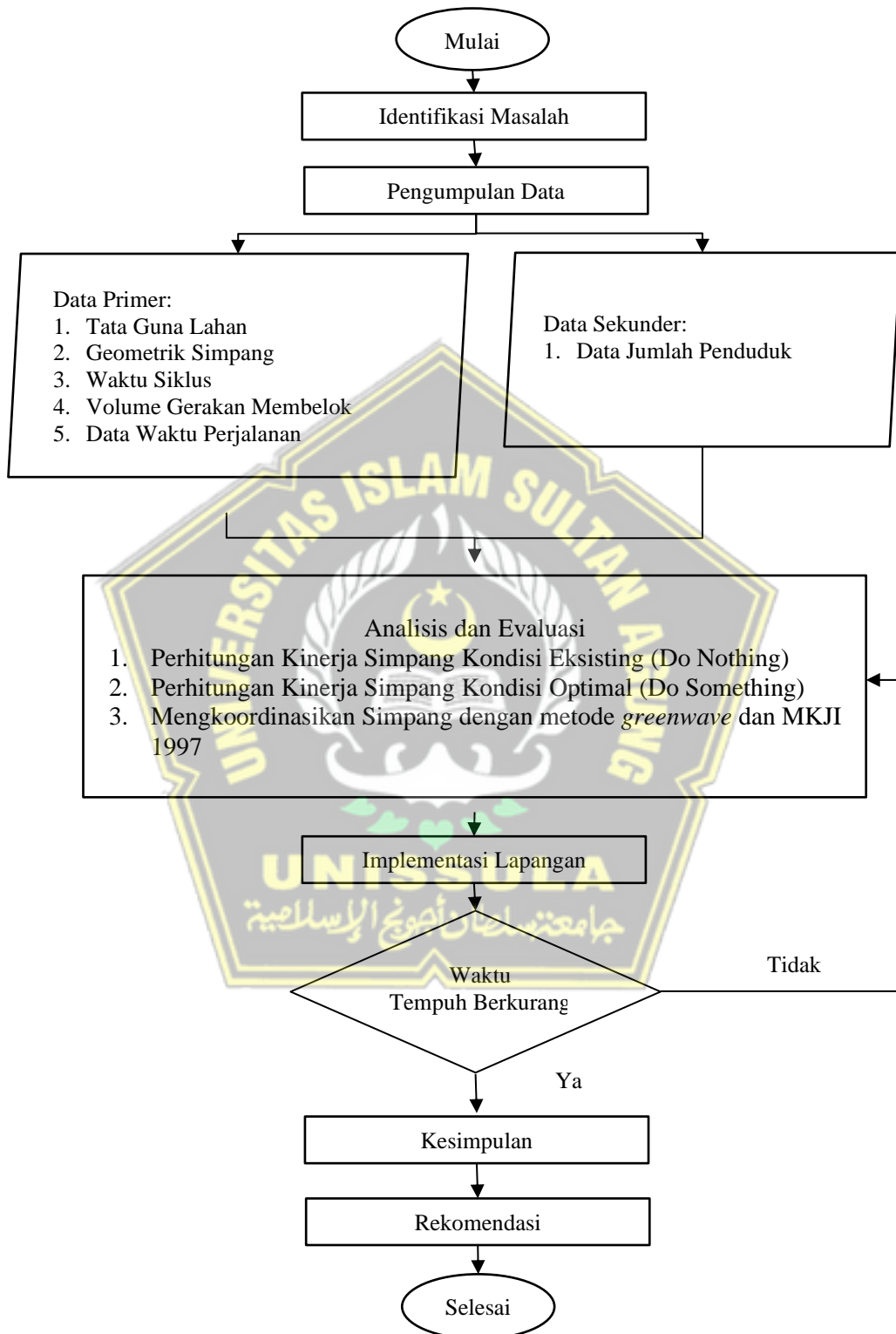
Di dalam tahap evaluasi, pengaturan pengkoordinasian simpang yang telah didapatkan kemudian dilakukan penghitungan untuk mengetahui efektifitas pemberlakuan waktu siklus dan koordinasi simpang. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kinerja lalu lintas eksisting dengan lalu lintas setelah dilakukan penelitian (*do nothing – do something*).

3.7 Tahap Rekomendasi

Akhir dari penelitian yang dilakukan adalah munculnya rekomendasi yang diusulkan guna mengatasi permasalahan yang terjadi. Rekomendasi tersebut bersifat logis dan aplikatif sehingga dapat dipergunakan bagi instansi Pemerintah dalam memberikan pelayanan yang lebih baik bagi masyarakat di Kabupaten Semarang.

3.8 Bagan Alir

Berikut adalah bagan alir penelitian.



Gambar 3.1 Bagan Alir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data primer dan data sekunder yang telah didapatkan selama masa penelitian. Data primer yang didapatkan kemudian dipadukan dengan data sekunder untuk dianalisis menggunakan metode MKJI 1997. Melalui proses ini, diharapkan akan diketahui waktu siklus, waktu hijau optimal, dan waktu *offset* yang tepat untuk dapat mengkoordinasikan kedua simpang tersebut.

Setelah didapatkan pengaturan optimal dari hasil analisis, kemudian dilakukan perbandingan dengan kondisi sebelum diberikan pengaturan baru dengan cara pengaplikasian langsung di lapangan. Berdasarkan hasil tersebut maka akan diketahui perbedaan pengaturan pada kondisi sebelum dan sesudah. Indikator yang menjadi tolak ukur keberhasilan penelitian ini adalah waktu tempuh pengguna jalan pada saat sebelum dan setelah penyesuaian.

4.1 Pengumpulan Data

Untuk menjawab tujuan penelitian, diperlukan data-data terkait yang dapat dijadikan acuan dalam permodelan transportasi. Data yang diperlukan terbagi dalam data primer dan sekunder yang dalam kaitannya pada penelitian mengenai koordinasi simpang bersinyal data menjadi hal yang penting sebagai tolak ukur dan analisis manajemen lalu lintas yang diberikan.

4.2 Pengumpulan Data Primer

4.2.1 Data Waktu Siklus Eksisting

Pengaturan waktu hijau dan waktu siklus eksisting pada simpang Pegadaian dan simpang Alun-alun lama dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Pengaturan Waktu Siklus Eksisting

No	Simpang	Waktu	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)
1	Pegadaian	Rabu (06.00-08.00)	120	18	65	22
		Rabu (11.00-13.00)	120	18	65	22
		Jumat (06.00-08.00)	120	18	65	22
		Jumat (11.00-13.00)	120	18	65	22
		Minggu (06.00-08.00)	120	18	65	22
		Minggu (11.00-13.00)	120	18	65	22
2	Alun-alun Lama	Rabu (06.00-08.00)	105	20	50	20
		Rabu (11.00-13.00)	105	20	50	20
		Jumat (06.00-08.00)	105	20	50	20
		Jumat (11.00-13.00)	105	20	50	20
		Minggu (06.00-08.00)	105	20	50	20
		Minggu (11.00-13.00)	105	20	50	20

Sumber : Data Primer, 2023

Sedangkan pengaturan waktu sinyal merah, kuning, dan hijau pada masing-masing simpang dan fase sinyal dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.2 Pengaturan Waktu Sinyal Pada Masing-masing Pendekat

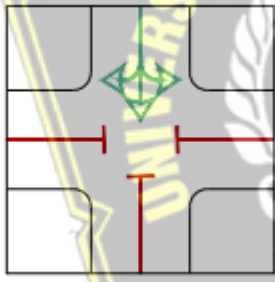

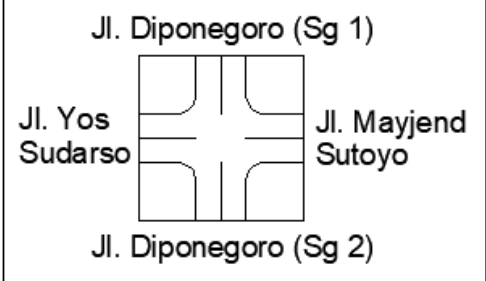
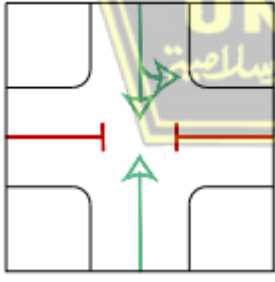
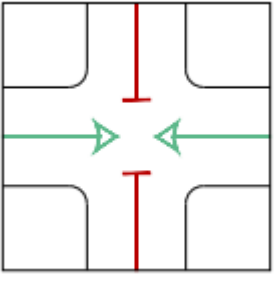
No	Pendekat	Waktu Sinyal Simpang Pegadaian (detik)			Waktu Sinyal Simpang Alun-Alun Lama (detik)		
		M	K	H	M	K	H
1	Pendekat Utara (U)	83	2	3	70	2	3
2	Pendekat Selatan (S)	65	2	3	50	2	3

No	Pendekat	Waktu Sinyal Simpang Pegadaian (detik)			Waktu Sinyal Simpang Alun-Alun Lama (detik)		
		M	K	H	M	K	H
3	Pendekat Timur (T)	22	2	3	20	2	3
4	Pendekat Barat (B)	22	2	3	20	2	3

Sumber : Data Primer, 2023

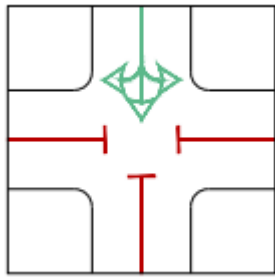

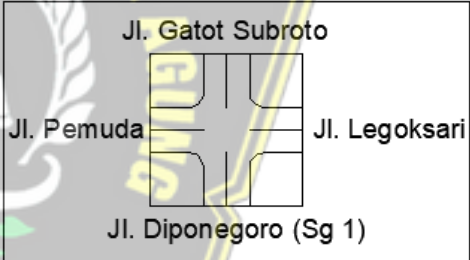
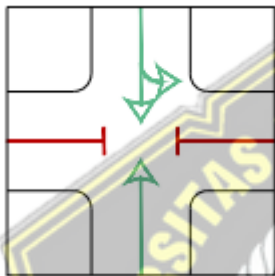
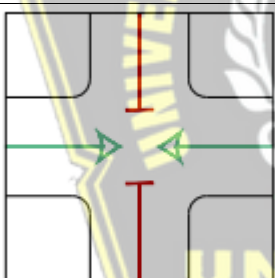
Berikut adalah pengaturan fase pada masing-masing Simpang Bersinyal.

Tabel 4.3 Pengaturan Fase Pergerakan pada Simpang Pegadaian

Fase	Pergerakan	Waktu Hijau (detik)	Visualisasi Simpang
1		18	 
2		65	
3		22	

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4.4 Pengaturan Fase Pergerakan pada Simpang Alun-alun Lama





Fase	Pergerakan	Waktu Hijau (detik)	Visualisasi Simpang
1		20	 
2		50	
3		20	

Sumber : Data Primer, 2023

4.2.2 Data Geometrik Jalan





Melalui pengukuran langsung di lapangan maka didapatkan data geometrik lebar jalan dan pendekat pada lokasi simpang Pegadaian sampai dengan simpang Alun-alun lama. Data ini diperlukan sebagai tambahan acuan analisis MKJI 1997.

Tabel 4.5 Data Geometrik Simpang Pegadaian

Pendekat	Nama Jalan	Geometrik Simpang				Visualisasi	
Utara	Jl. Diponegoro (Segmen 1)	Status Jalan		Nasional			
		Lebar Jalan	(m)	16			
		Lebar Pendekat	(m)	7			
		Tipe Jalan		4/2 D			
		Lebar Bahu	Kanan	(m)	0		
			Kiri	(m)	0		
		Kemiringan Jalan	%	0			
		Jenis Perkerasan		Fleksibel			
		Hambatan Samping		Sedang			
Selatan	Jl. Diponegoro (Segmen 2)	Status Jalan		Nasional			
		Lebar Jalan	(m)	16			
		Lebar Pendekat	(m)	7			
		Tipe Jalan		4/2 D			
		Lebar Bahu	Kanan	(m)	0		
			Kiri	(m)	0		
		Kemiringan Jalan	%	0			
		Jenis Perkerasan		Fleksibel			
		Hambatan Samping		Sedang			
Timur	Jl. Mayjend Sutoyo	Status Jalan		Kabupaten			
		Lebar Jalan	(m)	7			
		Lebar Pendekat	(m)	3,5			
		Tipe Jalan		2/2 UD			
		Lebar Bahu	Kanan	(m)	0		
			Kiri	(m)	0		
		Kemiringan Jalan	%	0			
		Jenis Perkerasan		Fleksibel			
		Hambatan Samping		Rendah			
Barat	Jl. Yos Sudarso	Status Jalan		Kabupaten			
		Lebar Jalan	(m)	6			
		Lebar Pendekat	(m)	3			
		Tipe Jalan		2/2 UD			
		Lebar Bahu	Kanan	(m)	0		
			Kiri	(m)	0		
		Kemiringan Jalan	%	0			
		Jenis Perkerasan		Fleksibel			
		Hambatan Samping		Rendah			

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4.6 Data Geometrik Simpang Alun-alun Lama

Pendekat	Nama Jalan	Geometrik Simpang			Visualisasi	
Utara	Jl. Gatot Subroto	Status Jalan		Nasional		
		Lebar Jalan	(m)	16		
		Lebar Pendekat	(m)	7		
		Tipe Jalan		4/2 D		
		Lebar Bahu	Kanan	(m)		0
			Kiri	(m)		0
		Kemiringan Jalan	%	0		
		Jenis Perkerasan		Fleksibel		
Hambatan Samping		Sedang				
Selatan	Jl. Diponegoro (Segmen 1)	Status Jalan		Nasional		
		Lebar Jalan	(m)	16		
		Lebar Pendekat	(m)	7		
		Tipe Jalan		4/2 D		
		Lebar Bahu	Kanan	(m)		0
			Kiri	(m)		0
		Kemiringan Jalan	%	0		
		Jenis Perkerasan		Fleksibel		
Hambatan Samping		Sedang				
Timur	Jl. Legoksari	Status Jalan		Kabupaten		
		Lebar Jalan	(m)	3		
		Lebar Pendekat	(m)	3		
		Tipe Jalan		2/2 UD		
		Lebar Bahu	Kanan	(m)		0
			Kiri	(m)		0
		Kemiringan Jalan	%	0		
		Jenis Perkerasan		Fleksibel		
Hambatan Samping		Rendah				
Barat	Jl. Pemuda	Status Jalan		Kabupaten		
		Lebar Jalan	(m)	15		
		Lebar Pendekat	(m)	7		
		Tipe Jalan		4/2 D		
		Lebar Bahu	Kanan	(m)		0
			Kiri	(m)		0
		Kemiringan Jalan	%	0		
		Jenis Perkerasan		Fleksibel		
Hambatan Samping		Sedang				

Selain data geometrik masing-masing simpang, dilakukan juga pengukuran untuk mengetahui jarak dari garis *stop line* simpang Pegadaian sampai dengan *stop line* simpang Alun-alun lama. Berdasarkan pengukuran, diketahui bahwa jarak antara Simpang Pegadaian sampai dengan Simpang Alun-alun Lama adalah 625 m.

4.2.3 Data Tata Guna Lahan

Data Tata Guna Lahan (TGL) digunakan untuk menentukan penggunaan lahan di sekitar jalan sepanjang ruang studi. Hal ini berguna untuk menentukan besaran koefisien dalam hitungan yang menggunakan metode MKJI yang dapat dilihat pada Tabel 2.3. Berdasarkan klasifikasi, tata guna lahan dapat dibedakan menjadi kawasan komersial (COM), industri, perumahan, ataupun area khusus lainnya. Dengan adanya pertimbangan akan jenis tata guna lahan yang tersedia di ruang studi, penghitungan dengan metode MKJI dapat lebih akurat dan sesuai dengan seluruh kondisi lapangan jalan yang dilakukan analisis.

Tabel 4.7 Data Tata Guna Lahan

Simpang	Pendekat	Ruas Jalan	Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping
Pegadaian	U	Jalan Diponegoro I	Komersial	Sedang
	S	Jalan Diponegoro II	Komersial	Sedang
	T	Jalan Mayjen Sutoyo	Komersial	Rendah
	B	Jalan Yos Sudarso	Komersial	Rendah
Alun-alun Lama	U	Jalan Gatot Soebroto	Komersial	Sedang
	S	Jalan Diponegoro I	Komersial	Sedang
	T	Jalan Legoksari	Komersial	Rendah
	B	Jalan Pemuda	Komersial	Rendah

Sumber : Data Primer, 2023

4.2.4 Data Volume Gerakan Membelok

Data volume gerakan membelok didapatkan dari hasil survei CTMC (*Classified Turning Movement Counting*) dimana survei di kedua simpang dilaksanakan pada waktu yang bersamaan. survei dilaksanakan pada hari rabu tanggal 1 Februari 2023, Jumat 3 Februari 2023, dan Minggu 5 Februari 2023. Pergerakan dijelaskan di dalam notasi ST untuk *straight turn* atau pergerakan lurus, RT untuk *right turn* atau pergerakan kekanan, dan LT untuk *left turn* atau pergerakan ke kiri. Pemilihan Peak waktu Pagi dan Siang dikarenakan volume tertinggi cenderung berada di kedua peak waktu tersebut.

1. Survei CTMC Simpang Pegadaian

a. *Peak Hour* Pagi (06.00 – 08.00)

Berikut adalah data volume kendaraan yang di dapatkan dari hasil survei di Simpang Pegadaian pada jam sibuk pagi hari.

Tabel 4.8 Volume Terklasifikasi Simpang Pegadaian *Peak Hour* Pagi

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
MC	Utara	ST	4988	4871	3270
		LT	91	89	54
		RT	164	159	103
	Selatan	ST	4484	4349	2994
		LT	58	51	36
		RT	29	40	32
	Timur	ST	225	205	183
		LT	11	16	13
		RT	177	177	143
	Barat	ST	189	190	194
		LT	48	58	55
		RT	247	236	236
LV	Utara	ST	1101	1111	909
		LT	23	23	131
		RT	53	53	83
	Selatan	ST	785	803	745
		LT	28	24	46
		RT	18	26	37
	Timur	ST	33	48	49
		LT	4	7	6
		RT	71	76	75
	Barat	ST	33	33	33
		LT	9	27	26
		RT	60	66	68
HV	Utara	ST	248	241	165
		LT	0	3	2
		RT	2	4	4
	Selatan	ST	186	195	142
		LT	0	0	2
		RT	0	0	0
	Timur	ST	2	2	0
		LT	2	3	2
		RT	0	0	0

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
	Barat	ST	0	3	4
		LT	0	0	0
		RT	0	2	2

Sumber : Data Primer, 2023

b. *Peak Hour* Siang (11.00-13.00)

Berikut adalah data volume kendaraan yang di dapatkan dari hasil survei di Simpang Pegadaian pada jam sibuk siang hari.

Tabel 4.9 Volume Terklasifikasi Simpang Pegadaian *Peak Hour* Siang

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
MC	Utara	ST	2810	2890	4048
		LT	146	155	72
		RT	216	206	116
	Selatan	ST	2804	2858	3485
		LT	120	87	40
		RT	54	76	36
	Timur	ST	274	247	275
		LT	2	3	22
		RT	156	141	209
	Barat	ST	256	270	220
		LT	64	77	62
		RT	196	233	275
LV	Utara	ST	1228	1170	1021
		LT	44	64	149
		RT	68	86	96
	Selatan	ST	966	1006	866
		LT	50	50	57
		RT	20	25	45
	Timur	ST	50	84	69
		LT	2	6	11
		RT	84	91	111
	Barat	ST	42	51	38
		LT	26	35	30
		RT	66	82	77
HV	Utara	ST	314	316	261
		LT	0	0	3
		RT	22	8	6
	Selatan	ST	328	348	169
		LT	0	0	3
		RT	0	0	0
	Timur	ST	2	3	5

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
		LT	0	0	5
		RT	0	0	0
	Barat	ST	0	0	5
		LT	2	3	0
		RT	0	0	3

Sumber : Data Primer, 2023

2. Survei CTMC Simpang Alun-alun Lama

a. *Peak Hour* Pagi (06.00 – 08.00)

Berikut adalah data volume kendaraan yang di didapatkan dari hasil survei di Simpang Alun-alun Lama pada jam sibuk pagi hari.

Tabel 4.10 Volume Terklasifikasi Simpang Alun-alun Lama *Peak Hour* Pagi

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
MC	Utara	ST	5074	4914	2870
		LT	0	0	0
		RT	181	169	140
	Selatan	ST	4449	4136	2296
		LT	239	285	123
		RT	0	0	0
	Timur	ST	630	585	351
		LT	0	0	0
		RT	180	168	100
	Barat	ST	523	486	291
		LT	168	156	94
		RT	2336	2171	1303
LV	Utara	ST	1063	990	840
		LT	0	0	9
		RT	55	50	43
	Selatan	ST	813	756	670
		LT	24	24	70
		RT	0	0	0
	Timur	ST	0	0	0
		LT	0	0	0
		RT	0	0	0
Barat	ST	0	0	0	
	LT	38	35	43	
	RT	71	66	105	
HV	Utara	ST	194	203	158

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
		LT	0	0	0
		RT	5	5	6
		ST	214	204	113
	Selatan	LT	0	0	0
		RT	0	0	3
		ST	0	0	0
	Timur	LT	0	0	0
		RT	0	0	0
		ST	0	0	0
	Barat	LT	0	0	0
		RT	0	4	3
		ST	0	0	0

Sumber : Data Primer, 2023

b. *Peak Hour* Siang (11.00-13.00)

Berikut adalah data volume kendaraan yang di didapatkan dari hasil survei di Simpang Alun-alun Lama pada jam sibuk siang hari.

Tabel 4.11 Volume Terklasifikasi Simpang Alun-alun Lama *Peak Hour* Siang

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
MC	Utara	ST	3056	2633	4110
		LT	13	752	0
		RT	193	153	204
	Selatan	ST	2969	2822	3225
		LT	122	128	171
		RT	0	0	0
	Timur	ST	769	668	491
		LT	0	0	0
		RT	151	139	143
	Barat	ST	353	376	348
		LT	216	208	109
		RT	899	823	1545
LV	Utara	ST	1149	1054	1206
		LT	0	0	12
		RT	147	113	62
	Selatan	ST	964	895	945
		LT	42	34	98
		RT	0	0	0
	Timur	ST	6	4	8
		LT	0	0	0
		RT	2	0	0
	Barat	ST	0	2	0
		LT	50	59	65

Kendaraan	Pendekat	Pergerakan	Hari		
			Rabu	Jumat	Minggu
		RT	109	92	110
HV	Utara	ST	393	416	326
		LT	0	0	0
		RT	6	11	12
	Selatan	ST	309	342	211
		LT	0	0	0
		RT	0	0	4
	Timur	ST	2	0	0
		LT	0	0	0
		RT	0	0	0
	Barat	ST	0	0	0
		LT	0	4	2
		RT	0	0	4

Sumber : Data Primer, 2023

4.3 Pengumpulan Data Sekunder

4.3.1 Data Jumlah Penduduk

Berdasarkan dari data yang diperoleh dari naskah publikasi Badan Statistik Nasional region Kabupaten Semarang pada Semarang Dalam Angka 2023 disebutkan bahwa pada pertengahan tahun 2022 kabupaten semarang memiliki proyeksi jumlah penduduk sebesar 1.068.492 jiwa. Dari data tersebut maka dapat diketahui sesuai dengan pedoman MKJI 1997, Kabupaten semarang masuk kedalam kota dengan ukuran kota (cs) besar dengan faktor penyesuaian kota (fcs) 1,00.

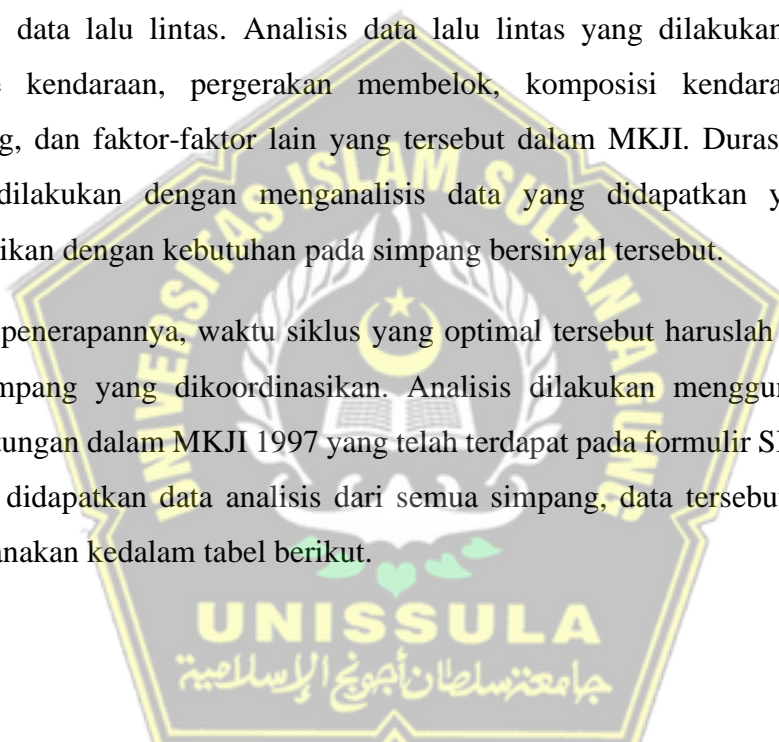
4.4 Analisa Data

Pada tahapan ini, dilakukan analisa dari data yang telah didapatkan. Analisa dilakukan untuk mengetahui pola manajemen dan rekayasa lalu lintas optimal yang dapat diterapkan untuk mengkoordinasikan Simpang Pegadaian dengan Simpang Alun-alun lama.

4.4.1 Penentuan Waktu Siklus Optimal

Terdapat banyak cara yang dapat digunakan untuk menentukan waktu siklus yang optimal bagi sebuah simpang dimana salah satunya adalah dengan melakukan analisis data lalu lintas. Analisis data lalu lintas yang dilakukan mencakup volume kendaraan, pergerakan membelok, komposisi kendaraan, kapasitas simpang, dan faktor-faktor lain yang tersebut dalam MKJI. Durasi siklus sinyal dapat dilakukan dengan menganalisis data yang didapatkan yang nantinya disesuaikan dengan kebutuhan pada simpang bersinyal tersebut.

Dalam penerapannya, waktu siklus yang optimal tersebut haruslah sama diantara dua simpang yang dikoordinasikan. Analisis dilakukan menggunakan metode penghitungan dalam MKJI 1997 yang telah terdapat pada formulir SIG (terlampir). setelah didapatkan data analisis dari semua simpang, data tersebut kemudian di sederhanakan kedalam tabel berikut.



Tabel 4.12 Penentuan Waktu Siklus Optimal

Simpang	Waktu	Sebelum Penyesuaian				Setelah Penyesuaian				Terkoordinasi			
		Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)
Pegadaian	Rabu (06.00-08.00)	120	18	65	22	94	13	54	12	94	10	57	17
	Rabu (11.00-13.00)	120	18	65	22	88	5	53	15	83	5	53	15
	Jumat (06.00-08.00)	120	18	65	22	96	12	55	14	91	12	55	14
	Jumat (11.00-13.00)	120	18	65	22	92	5	57	15	87	5	57	15
	Minggu (06.00-08.00)	120	18	65	22	66	5	35	11	63	6	34	13
	Minggu (11.00-13.00)	120	18	65	22	106	16	57	18	101	16	57	18
Alun-alun Lama	Rabu (06.00-08.00)	105	20	50	20	99	10	57	17	94	10	57	17
	Rabu (11.00-13.00)	105	20	50	20	86	12	54	12	83	5	53	15
	Jumat (06.00-08.00)	105	20	50	20	87	10	46	15	91	12	55	14
	Jumat (11.00-13.00)	105	20	50	20	87	12	50	10	87	5	57	15

Simpang	Waktu	Sebelum Penyesuaian				Setelah Penyesuaian				Terkoordinasi			
		Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau Fase 1 (detik)	Waktu Hijau Fase 2 (detik)	Waktu Hijau Fase 3 (detik)
	Minggu (06.00-08.00)	105	20	50	20	68	6	34	13	63	6	34	13
	Minggu (11.00-13.00)	105	20	50	20	100	11	58	16	101	16	57	18

Sumber : Hasil analisis menggunakan MKJI 1997

Maksud dari data yang di jelaskan pada tabel di atas adalah perubahan waktu siklus di kedua simpang bersinyal tersebut. Tabel menjelaskan kondisi awal pengaturan waktu siklus sebelum dilakukan penyesuaian. Setelah di lakukan penyesuaian, siklus pada kedua simpang tersebut di koordinasikan (disamakan) dengan cara mengambil waktu hijau tertinggi di antara dua simpang di waktu yang sama. Kemudian waktu siklus terkoordinasi di kurangi 5 detik (waktu kuning 3 detik dan all red 2 detik) dikarenakan fase 1 dan fase 2 berjalan bersama.

4.4.2 Kinerja Simpang Sebelum Penyesuaian

Dari data yang didapatkan, dilakukan penghitungan untuk mengetahui tundaan rata-rata pada setiap simpang di waktu puncak pagi dan siang. Sebelum dilakukan penyesuaian, kedua simpang tersebut mengalami tantangan dan permasalahan yang melibatkan volume kendaraan, waktu siklus, dan belum adanya sinkronisasi antar persimpangan.

Berikut adalah kinerja Simpang sebelum dilakukan penyesuaian waktu siklus, penghitungan dilakukan menggunakan metode MKJI 1997.

Tabel 4.13 Kinerja Simping Pegadaian Sebelum Penyesuaian

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simping (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
1	Rabu (06.00-08.00)	U	2867	120	83	0,89	162,6	22,5	29,17	C
		S	2224	120	65	0,89	142,1	33,9		D
		T	388	120	22	0,51	26,3	47,5		E
		B	332	120	22	0,60	31,8	48,2		E
2	Rabu (11.00-13.00)	U	2867	120	83	0,42	130,4	46,4	29,71	E
		S	2224	120	65	0,46	147,6	77,2		F
		T	388	120	22	0,29	28,8	10,8		B
		B	332	120	22	0,36	36,8	11,8		B
3	Jumat (06.00-08.00)	U	2867	120	83	0,86	162,4	22,1	29,38	C
		S	2224	120	65	0,68	146,2	34,2		D
		T	388	120	22	0,14	30,1	48,0		E
		B	332	120	22	0,18	38,1	48,9		E
4	Jumat (11.00-13.00)	U	2867	120	83	0,82	133,0	19,0	33,77	C
		S	2224	120	65	0,74	177,0	46,0		E
		T	388	120	22	0,18	35,9	49,2		E
		B	332	120	22	0,23	47,7	50,6		E
5		U	2867	120	83	0,71	66,5	14,2	22,75	B
		S	2224	120	65	0,73	67,4	24,8		C

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
	Minggu (06.00-08.00)	T	388	120	22	0,52	19,0	46,9		E
		B	332	120	22	0,70	26,6	48,3		E
6	Minggu (11.00-13.00)	U	2867	120	83	0,86	163,7	20,5	28,2	C
		S	2224	120	65	0,86	142,9	31,2		D
		T	388	120	22	0,79	48,7	50,5		E
		B	332	120	22	0,80	49,8	50,3		E

Sumber : Hasil analisis menggunakan MKJI 1997

Tabel 4.14 Kinerja Simpang Alun-alun Lama Sebelum Penyesuaian

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
1	Rabu (06.00-08.00)	U	2764	105	70	0,9	157,9	21,9	70,7	C
		S	1955	105	50	1,0	328,6	139,5		F
		T	345	105	20	0,5	25,7	41,7		E

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
		B	806	105	20	0,9	53,2	45,2		E
2	Rabu (11.00-13.00)	U	2764	105	70	0,9	159,1	22,8	63,1	C
		S	1955	105	50	1,0	286,2	118,7		F
		T	345	105	20	0,6	30,3	42,4		E
		B	806	105	20	0,6	30,1	41,6		E
3	Jumat (06.00-08.00)	U	2764	105	70	0,8	127,3	19,4	39,6	C
		S	1955	105	50	0,7	177,1	61,8		F
		T	345	105	20	0,1	21,3	41,1		E
		B	806	105	20	0,2	44,1	44,4		E
4	Jumat (11.00-13.00)	U	2764	105	70	0,9	143,8	21,3	45,7	C
		S	1955	105	50	0,7	205,5	77,2		F
		T	345	105	20	0,1	23,7	41,5		E
		B	806	105	20	0,2	27,4	41,3		E
5	Minggu (06.00-08.00)	U	2764	105	70	0,7	77,0	15,5	25,8	C
		S	1955	105	50	0,8	85,4	31,3		D
		T	345	105	20	0,3	11,8	39,6		D
		B	806	105	20	0,7	30,3	42,9		E
6		U	2764	105	70	0,8	201,6	72,0	57,7	F

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
	Minggu (11.00-13.00)	S	1955	105	50	0,7	270,8	202,1		F
		T	345	105	20	0,1	22,3	5,6		B
		B	806	105	20	0,2	44,1	25,4		D

Sumber : Hasil analisis menggunakan MKJI 1997

Diketahui dari tabel yang telah di sampaikan, ruas jalur utama Utara dan Selatan memiliki tingkat pelayanan yang buruk, hal tersebut terjadi dikarenakan pengaturan waktu siklus eksisting tidak dapat mengakomodir volume kendaraan secara optimal.

4.4.3 Kinerja Simpang Setelah Penyesuaian

Mengetahui permasalahan yang terjadi, kemudian dilakukan penyesuaian waktu siklus untuk mengurangi tundaan yang terjadi. Dengan melakukan penyesuaian, kinerja simpang meningkat, waktu tunggu kendaraan berkurang, dan waktu perjalanan kendaraan berkurang menjadi lebih cepat. Penyesuaian waktu siklus juga memiliki manfaat meningkatkan keamanan lalu lintas karena aliran kendaraan bergerak dengan lebih efisien.

Berikut adalah kinerja simpang setelah di lakukan penyesuaian untuk simpang Pegadaian dan simpang Alun-alun Lama.

Tabel 4.15 Kinerja Simping Pegadaian Setelah Penyesuaian

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simping (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
1	Rabu (06.00-08.00)	U	3043	94	67	0,86	149,8	17,0	21,98	C
		S	2359	94	54	0,84	128,5	23,8		C
		T	225	94	12	0,73	28,1	43,7		E
		B	231	94	12	0,86	34,0	44,2		E
2	Rabu (11.00-13.00)	U	2270	88	58	0,88	146,6	20,4	22,30	C
		S	1955	88	53	0,83	120,4	20,7		C
		T	201	88	15	0,62	29,2	38,2		D
		B	216	88	15	0,78	37,4	38,5		D
3	Jumat (06.00-08.00)	U	2980	96	67	0,88	158,5	18,8	23,40	C
		S	2352	96	55	0,85	132,8	24,6		C
		T	264	96	14	0,70	31,5	43,2		E
		B	264	96	14	0,87	39,9	43,8		E
4	Jumat (11.00-13.00)	U	2839	92	62	0,86	141,6	18,4	22,00	C
		S	2544	92	57	0,84	130,0	20,7		C
		T	322	92	15	0,76	36,8	41,1		E
		B	335	92	15	0,97	48,8	42,0		E
5		U	2438	66	40	0,81	87,0	16,0	18,14	C
		S	1932	66	35	0,75	69,3	17,5		C

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
	Minggu (06.00-08.00)	T	249	66	11	0,57	19,4	29,4		D
		B	284	66	11	0,77	27,2	30,0		D
6	Minggu (11.00-13.00)	U	2855	106	73	0,86	165,5	19,6	26,64	C
		S	2208	106	57	0,86	144,5	29,4		D
		T	359	106	18	0,85	49,5	46,8		E
		B	308	106	18	0,87	50,6	46,6		E

Sumber : Hasil analisis menggunakan MKJI 1997

Tabel 4.16 Kinerja Simpang Alun-alun Lama Setelah Penyesuaian

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
1	Rabu (06.00-08.00)	U	3043	99	67	0,9	161,0	20,4	26,9	C
		S	2577	99	57	0,9	148,6	26,7		D
		T	193	99	17	0,5	27,1	41,6		E
		B	900	99	17	1,0	56,8	45,1		E
2		U	2942	86	66	0,8	135,6	15,9	22,5	C

No	Waktu	Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (meter)	Tundaan Kaki Simpang (smp/jam)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
			C	CT	GT	DS	QL	D		LOS
	Rabu (11.00-13.00)	S	2384	86	54	0,8	129,5	23,6		C
		T	234	86	12	0,8	32,6	44,0		E
		B	546	86	12	0,8	32,4	43,0		E
3	Jumat (06.00-08.00)	U	2947	87	56	0,86	134,2	45,2	25,35	E
		S	2424	87	46	0,88	124,8	51,5		E
		T	197	87	15	0,48	21,7	5,5		B
		B	866	87	15	0,91	45,0	26,0		D
4	Jumat (11.00-13.00)	U	2954	87	62	0,8	121,5	14,1	20,6	B
		S	2360	87	50	0,8	116,0	22,0		C
		T	208	87	10	0,8	26,0	42,0		E
		B	535	87	10	0,9	30,0	41,5		E
5	Minggu (06.00-08.00)	U	2631	68	40	0,8	98,1	18,9	21,5	C
		S	2132	68	34	0,8	79,9	20,9		C
		T	139	68	13	0,3	11,8	27,8		D
		B	732	68	13	0,7	30,3	29,8		D
6	Minggu (11.00-13.00)	U	3260	100	69	0,9	182,6	22,0	26,0	C
		S	2737	100	58	0,8	138,2	24,2		C
		T	155	100	16	0,5	23,1	42,4		E
		B	868	100	16	0,9	45,8	44,9		E

Sumber : Hasil analisis menggunakan MKJI 1997

4.4.4 Penentuan Waktu *Offset*

Waktu selisih atau yang umumnya dikenal dengan waktu *offset* merupakan selisih dimulainya waktu hijau yang ada di awal fase simpang bersinyal satu dengan waktu hijau awal fase simpang berikutnya yang masih berada dalam satu koridor yang sama. Tujuan dari penentuan waktu *offset* ini adalah untuk mensinkronkan waktu hijau sehingga dapat meminimalisir tundaan yang terjadi dan mengoptimalkan waktu perjalanan antar koridor pada rute terpilih.

Sesuai Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan, diketahui bahwa batas maksimal Kecepatan di pusat kegiatan pada jaringan jalan Arteri Primer adalah 40 km/jam atau 11,11 m/dt. Dengan melakukan penghitungan waktu *offset*, durasi waktu siklus, dan waktu hijau maka koordinasi simpang dapat dilakukan. penentuan waktu *offset* dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 4.17 Penentuan Waktu *Offset*.

Jarak (meter)	Kecepatan (meter/detik)	<i>Offset</i> (detik)
1	2	$3 = (1/2)$
625	11,11	57

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 Tahun 2015

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat diketahui bahwa waktu *offset* yang diperlukan untuk mengkoordinasikan simpang Pegadaian dan Simpang Alun-alun Lama adalah 57 detik. Waktu *offset* yang telah di dapatkan ini kemudian dijadikan acuan dalam pengaturan waktu siklus masing-masing hari dan jam sibuk.

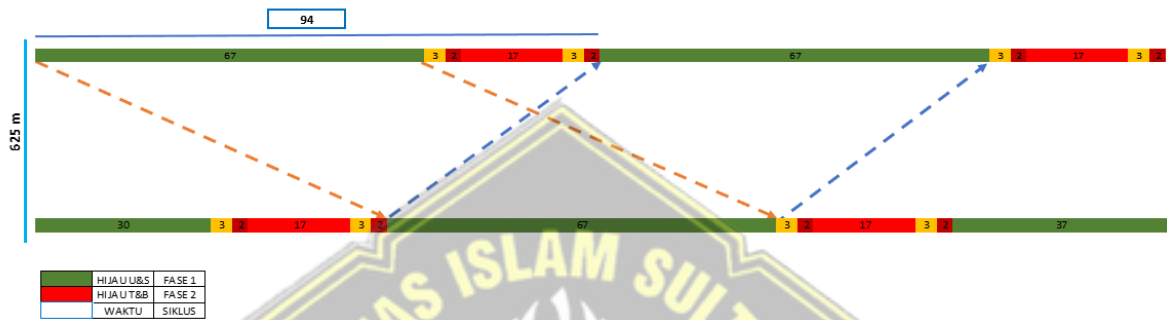
4.4.5 Pengaturan Waktu Siklus

Setelah diketahui pengaturan waktu siklus optimal yang telah di koordinasikan dengan waktu *offset*, kemudian dibuatlah pengaturan pada masing-masing plan. Gambar pengaturan siklus pada masing APILL yang telah di koordinasikan dengan waktu *offset* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Plan Hari Rabu

a. *Peak Hour* Pagi (06.00 – 08.00)

Gambar berikut menjelaskan posisi *platoon* kendaraan setelah 57 detik dengan kecepatan 40 km/jam yang berangkat dari simpang pertama menuju simpang selanjutnya. Diketahui bahwa kendaraan mengalami waktu hijau atau dimulainya fase yang sama di simpang selanjutnya pada saat *Platoon* berada di simpang tersebut.

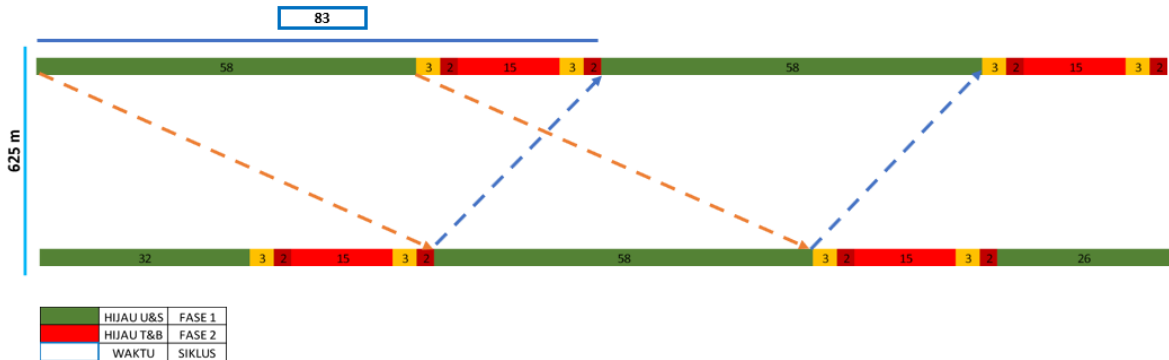


Gambar 4.1 Plan Hari Rabu *Peak Hour* Pagi

Sumber: Hasil Analisis

b. *Peak Hour* Siang (11.00 – 13.00)

Gambar berikut menjelaskan posisi *platoon* kendaraan setelah 57 detik dengan kecepatan 40 km/jam yang berangkat dari simpang pertama menuju simpang selanjutnya. Diketahui bahwa kendaraan mengalami waktu hijau atau dimulainya fase yang sama di simpang selanjutnya pada saat *Platoon* berada di simpang tersebut.



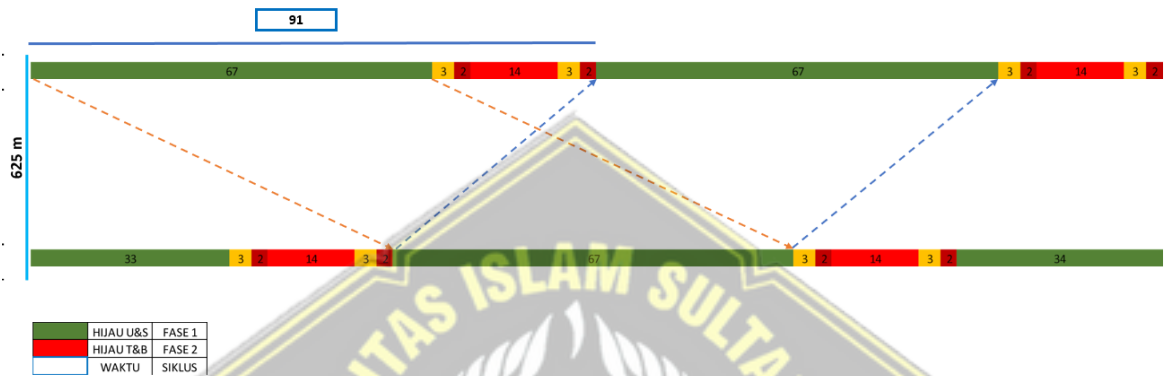
Gambar 4.2 Plan Hari Rabu *Peak Hour* Siang

Sumber: Hasil Analisis

2. Plan Hari Jumat

a. *Peak Hour* Pagi (06.00 – 08.00)

Gambar berikut menjelaskan posisi platoon kendaraan setelah 57 detik dengan kecepatan 40 km/jam yang berangkat dari simpang pertama menuju simpang selanjutnya. Diketahui bahwa kendaraan mengalami waktu hijau atau dimulainya fase yang sama di simpang selanjutnya pada saat Platoon berada di simpang tersebut.

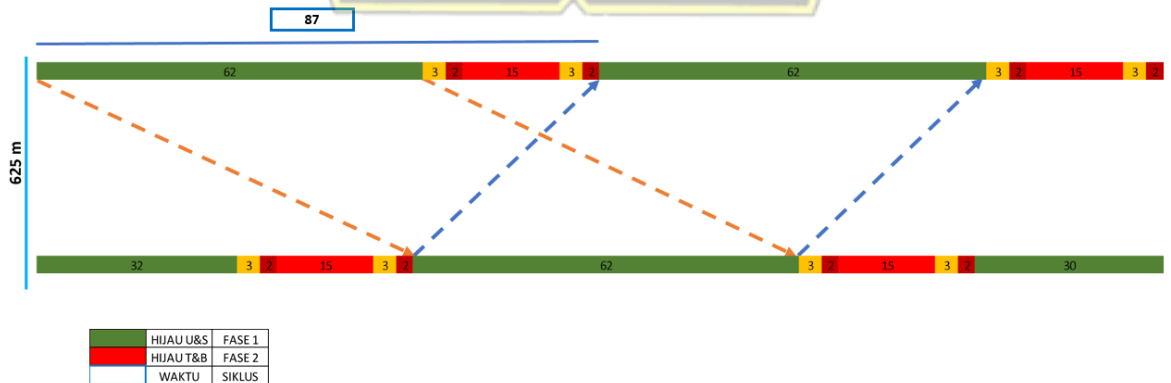


Gambar 4.3 Plan Hari Jumat *Peak Hour* Pagi

Sumber: Hasil Analisis

b. *Peak Hour* Siang (11.00 – 13.00)

Gambar berikut menjelaskan posisi platoon kendaraan setelah 57 detik dengan kecepatan 40 km/jam yang berangkat dari simpang pertama menuju simpang selanjutnya. Diketahui bahwa kendaraan mengalami waktu hijau atau dimulainya fase yang sama di simpang selanjutnya pada saat Platoon berada di simpang tersebut.



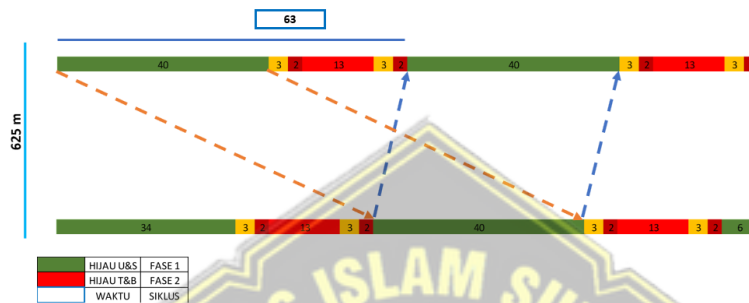
Gambar 4.4 Plan Hari Jumat *Peak Hour* Siang

Sumber: Hasil Analisis

3. Plan Hari Minggu

a. *Peak Hour* Pagi (06.00 – 08.00)

Gambar berikut menjelaskan posisi platoon kendaraan setelah 57 detik dengan kecepatan 40 km/jam yang berangkat dari simpang pertama menuju simpang selanjutnya. Diketahui bahwa kendaraan mengalami waktu hijau atau dimulainya fase yang sama di simpang selanjutnya pada saat Platoon berada di simpang tersebut.

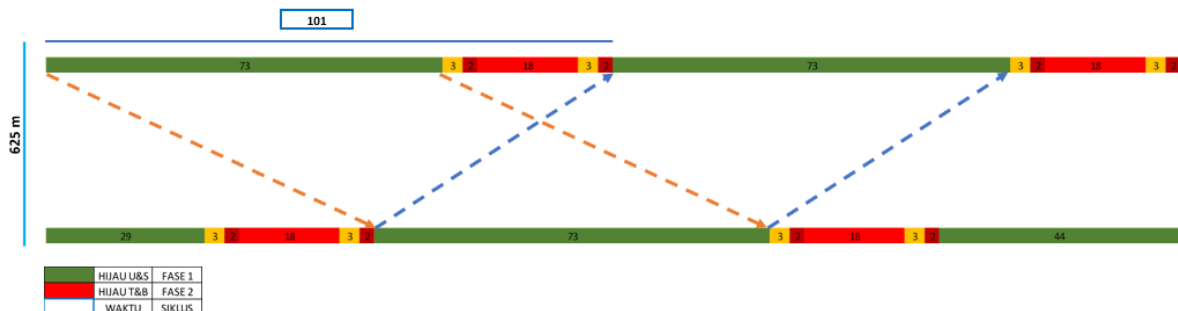


Gambar 4.5 Plan Hari Minggu *Peak Hour* Pagi

Sumber: Hasil Analisis

b. *Peak Hour* Siang (11.00-13.00)

Gambar berikut menjelaskan posisi platoon kendaraan setelah 57 detik dengan kecepatan 40 km/jam yang berangkat dari simpang pertama menuju simpang selanjutnya. Diketahui bahwa kendaraan mengalami waktu hijau atau dimulainya fase yang sama di simpang selanjutnya pada saat Platoon berada di simpang tersebut.



Gambar 4.6 Plan Hari Minggu *Peak Hour* Siang

Sumber: Hasil Analisis

4.4.6 Penerapan Sistem Koordinasi Simpang Bersinyal

Setelah diketahui waktu siklus, waktu *offset*, dan waktu hijau yang tepat untuk masing-masing simpang, maka dilakukan uji coba secara langsung di lapangan untuk melihat hasil dari pengaturan yang telah ditetapkan. Analisis yang dilakukan dan diujicobakan juga mencakup plan untuk hari Rabu, Jumat, dan Minggu. Notasi lokasi ditulis dalam PEG untuk simpang Pegadaian dan AAL untuk simpang Alun-Alun Lama.

Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan survei waktu perjalanan (*travel time*) dari simpang pertama sampai dengan simpang selanjutnya dengan jarak sejauh 1000 meter. Cara yang digunakan adalah dengan metode pengamatan langsung kendaraan yang melintas di koridor tersebut kemudian mencatat waktu perjalanan dan hambatan yang terjadi selama waktu pengamatan. Berikut adalah hasil survei waktu perjalanan yang di dapatkan sebelum dilakukan penyesuaian.

Tabel 4.18 Waktu Perjalanan hari Rabu Sebelum Penyesuaian

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
Rabu (06.00-08.00)	PEG	AAL	128	1000	TL AAL	42	APILL	86	28	42	131
	PEG	AAL	134	1000	TL AAL	38	APILL	96	27	38	

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
	PEG	AAL	130	1000	TL AAL	33	APILL	97	28	37	128
	AAL	PEG	121	1000	TL PEG	35	APILL	86	30	42	
	AAL	PEG	131	1000	TL PEG	35	APILL	96	27	38	
	AAL	PEG	132	1000	TL PEG	35	APILL	97	27	37	
Rabu (11.00- 13.00)	PEG	AAL	138	1000	TL AAL	60	APILL	78	26	46	122
	PEG	AAL	112	1000	TL AAL	28	APILL	84	32	43	
	PEG	AAL	116	1000	TL AAL	21	APILL	95	31	38	
	AAL	PEG	155	1000	TL PEG	55	APILL	100	23	36	149
	AAL	PEG	149	1000	TL PEG	57	APILL	92	24	39	
	AAL	PEG	144	1000	TL PEG	54	APILL	90	25	40	

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4.19 Waktu Perjalanan hari Jumat Sebelum Penyesuaian

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
Jumat (06.00-08.00)	PEG	AAL	114	1000	TL AAL	32	APILL	82	32	44	113
	PEG	AAL	110	1000	TL AAL	19	APILL	91	33	40	
	PEG	AAL	116	1000	TL AAL	24	APILL	92	31	39	
	AAL	PEG	108	1000	TL PEG	26	APILL	82	33	44	115
	AAL	PEG	120	1000	TL PEG	29	APILL	91	30	40	
	AAL	PEG	118	1000	TL PEG	26	APILL	92	31	39	
Jumat (11.00-13.00)	PEG	AAL	123	1000	TL AAL	48	APILL	75	29	48	109
	PEG	AAL	102	1000	TL AAL	22	APILL	80	35	45	
	PEG	AAL	103	1000	TL AAL	12	APILL	91	35	40	
	AAL	PEG	167	1000	TL PEG	72	APILL	95	22	38	156
	AAL	PEG	151	1000	TL PEG	63	APILL	88	24	41	

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
	AAL	PEG	149	1000	TL PEG	63	APILL	86			

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4.20 Waktu Perjalanan hari Minggu Sebelum Penyesuaian

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
Minggu (06.00-08.00)	PEG	AAL	108	1000	TL AAL	14	APILL	94	33	38	111
	PEG	AAL	111	1000	TL AAL	20	APILL	91	32	40	
	PEG	AAL	115	1000	TL AAL	22	APILL	93	31	39	
	AAL	PEG	82	1000	TL PEG	7	APILL	75	44	48	91

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
	AAL	PEG	95	1000	TL PEG	15	APILL	80	38	45	
	AAL	PEG	96	1000	TL PEG	27	APILL	69	38	52	
Minggu (11.00-13.00)	PEG	AAL	119	1000	TL AAL	25	APILL	94	30	38	117
	PEG	AAL	121	1000	TL AAL	30	APILL	91	30	40	
	PEG	AAL	111	1000	TL AAL	18	APILL	93	32	39	
	AAL	PEG	103	1000	TL PEG	28	APILL	75	35	48	103
	AAL	PEG	99	1000	TL PEG	19	APILL	80	36	45	
	AAL	PEG	108	1000	TL PEG	39	APILL	69	33	52	

Sumber : Data Primer, 2023



Setelah mengetahui waktu perjalanan sebelum penyesuaian, kemudian dilakukan manajemen lalu lintas dengan melakukan penyesuaian waktu siklus dan *offset* guna mengetahui seberapa efektif pemberlakuan waktu siklus baru tersebut. Hasil dari survei waktu perjalanan setelah dilakukan penyesuaian adalah:

Tabel 4.21 Waktu Perjalanan hari Rabu Setelah Penyesuaian

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
Rabu (06.00-08.00)	PEG	AAL	78	1000	TL AAL	0	Tdk Ada	78	46	46	82
	PEG	AAL	85	1000	TL AAL	7	APILL	78	42	46	
	PEG	AAL	84	1000	TL AAL	6	APILL	78	43	46	
	AAL	PEG	81	1000	TL PEG	0	Tdk Ada	81	44	44	85
	AAL	PEG	89	1000	TL PEG	8	APILL	81	40	44	
	AAL	PEG	85	1000	TL PEG	4	APILL	81	42	44	
Rabu (11.00-13.00)	PEG	AAL	93	1000	TL AAL	15	APILL	78	39	46	92
	PEG	AAL	92	1000	TL AAL	14	APILL	78	39	46	

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
	PEG	AAL	92	1000	TL AAL	14	APILL	78	39	46	101
	AAL	PEG	100	1000	TL PEG	19	APILL	81	36	44	
	AAL	PEG	101	1000	TL PEG	20	APILL	81	36	44	
	AAL	PEG	103	1000	TL PEG	22	APILL	81	35	44	

Sumber : Hasil uji coba di lapangan, 2023

Tabel 4.22 Waktu Perjalanan hari Jumat Setelah Penyesuaian

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
Jumat (06.00-08.00)	PEG	AAL	78	1000	TL AAL	0	Tdk Ada	78	46	46	81
	PEG	AAL	83	1000	TL AAL	5	APILL	78	43	46	

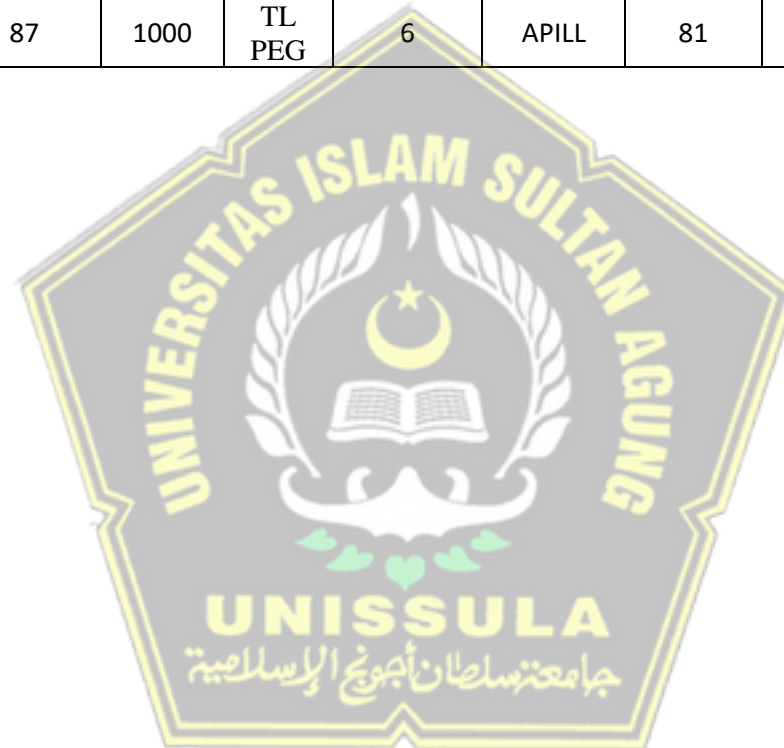
Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
	PEG	AAL	83	1000	TL AAL	5	APILL	78	43	46	86
	AAL	PEG	81	1000	TL PEG	0	Tdk Ada	81	44	44	
	AAL	PEG	89	1000	TL PEG	8	APILL	81	40	44	
	AAL	PEG	87	1000	TL PEG	6	APILL	81	41	44	
	PEG	AAL	86	1000	TL AAL	8	APILL	78	42	46	
Jumat (11.00- 13.00)	PEG	AAL	83	1000	TL AAL	5	APILL	78	43	46	84
	PEG	AAL	84	1000	TL AAL	6	APILL	78	43	46	
	AAL	PEG	90	1000	TL PEG	9	APILL	81	40	44	
	AAL	PEG	89	1000	TL PEG	8	APILL	81	40	44	89
	AAL	PEG	89	1000	TL PEG	8	APILL	81	40	44	
	AAL	PEG	89	1000	TL PEG	8	APILL	81	40	44	

Sumber: Hasil uji coba di lapangan, 2023

Tabel 4.23 Waktu Perjalanan hari Minggu Setelah Penyesuaian

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
Minggu (06.00-08.00)	PEG	AAL	78	1000	TL AAL	0	Tdk Ada	78	46	46	80
	PEG	AAL	78	1000	TL AAL	0	Tdk Ada	78	46	46	
	PEG	AAL	83	1000	TL AAL	5	APILL	78	43	46	
	AAL	PEG	81	1000	TL PEG	0	Tdk Ada	81	44	44	83
	AAL	PEG	81	1000	TL PEG	0	Tdk Ada	81	44	44	
	AAL	PEG	87	1000	TL PEG	6	APILL	81	41	44	
Minggu (11.00-13.00)	PEG	AAL	83	1000	TL AAL	5	APILL	78	43	46	83
	PEG	AAL	83	1000	TL AAL	5	APILL	78	43	46	
	PEG	AAL	84	1000	TL AAL	6	APILL	78	43	46	
	AAL	PEG	89	1000	TL PEG	8	APILL	81	40	44	88
	AAL	PEG	88	1000	TL PEG	7	APILL	81	41	44	

Waktu Pengamatan	Titik Kontrol				Berhenti				Kec. Perjalanan (Km/Jam)	Kec. Bergerak (Km/Jam)	Rata-Rata Waktu Perjalanan (detik)
	Dari	Ke	Waktu Perjalanan (detik)	Panjang (m)	Lokasi	Hambatan (detik)	Penyebab	Waktu Bergerak			
	AAL	PEG	87	1000	TL PEG	6	APILL	81			



4.4.7 Perbandingan Waktu Perjalanan Setelah Implementasi

Berdasarkan survei waktu perjalanan pada sebelum dan setelah penyesuaian maka dilakukan perbandingan guna mengetahui hasil dari penerapan koordinasi simpang yang dilakukan di simpang Pegadaian dan Simpang Alun-alun lama. Perbandingan waktu tempuh kendaraan dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.24 Perbandingan Waktu Perjalanan Sebelum dan Setelah Penyesuaian

Arah Perjalanan	Waktu	Waktu Perjalanan Sebelum Pengaturan (detik)	Waktu Perjalanan Setelah Pengaturan (detik)	Selisih Waktu Perjalanan (detik)	Persentase Selisih (%)
Pegadaian ke Alun-alun Lama	Rabu (06.00-08.00)	131	82	48	37,0
	Rabu (11.00-13.00)	122	92	30	24,3
	Jumat (06.00-08.00)	113	81	32	28,2
	Jumat (11.00-13.00)	109	84	25	22,9
	Minggu (06.00-08.00)	113	81	32	28,2
	Minggu (11.00-13.00)	109	84	25	22,9
Alun-alun Lama ke Pegadaian	Rabu (06.00-08.00)	128	85	43	33,6
	Rabu (11.00-13.00)	149	101	48	32,1
	Jumat (06.00-08.00)	115	86	30	25,7
	Jumat (11.00-13.00)	156	89	66	42,6
	Minggu (06.00-08.00)	91	83	8	8,8
	Minggu (11.00-13.00)	103	88	15	14,8
Rata-rata		120	87	34	27,9

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan pemberlakuan pengaturan secara langsung di lapangan, dapat diketahui bahwa pengaturan koordinasi simpang dapat mempersingkat waktu perjalanan hingga 27,9 %.

BAB V

KESIMPULAN

DAN SARAN

Berdasarkan literatur, penelitian, dan pengamatan yang telah didapatkan dan dilakukan di dua simpang bersinyal yang terletak di jalan utama yaitu simpang Pegadaian dan simpang Alun-alun lama, dapat diketahui bahwa waktu tempuh pengguna jalan dapat di persingkat dengan metode koordinasi simpang bersinyal. Oleh sebab itu, perlu ada nya pembahasan yang memuat hasil penelitian dan manfaat yang didapatkan dari penelitian yang tela di lakukan.

5.1 Kesimpulan

Adapun dari data yang di dapatkan secara empiris dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diketahui pengaturan waktu siklus eksisting memberikan total rata-rata waktu tempuh pengguna jalan selama 120 detik dimana tercatat waktu tersebut 34 detik lebih lambat dari skema pemberian waktu siklus baru yang mencatatkan waktu perjalanan 87 detik;
2. Setelah dilakukan pengendalian simpang dengan metode *greenwave*, koordinasi simpang yang dilakukan, berhasil menurunkan waktu perjalanan rata-rata sampai dengan 34 detik atau ekuivalen sebanyak 27,9% dari total waktu perjalanan yang dilakukan. Penyesuaian waktu siklus di setiap simpang dapat secara signifikan mengurangi antrian, waktu tunggu, dan waktu perjalanan kendaraan;
3. Secara nyata, pemberian waktu siklus yang baru menunjukkan kinerja simpang yang efektif. Tidak adanya variasi waktu pengaturan siklus eksisting pada simpang yang di kaji membuat gangguan pada aliran arus kendaraan dimana volume kendaraan yang fluktuatif tidak di imbangi dengan pemberian waktu hijau yang tepat. Hal ini akan berdampak pada tundaan pada kaki simpang yang memiliki volume paling besar. Pengaturan waktu siklus yang variatif diperlukan untuk memberikan kinerja simpang yang baik. Dengan memberikan

pengaturan waktu siklus yang variatif, sinkronisasi antar simpang dapat di optimalkan sehingga membuat aliran kendaraan dan waktu perjalanan menjadi efisien. Meskipun mengalami penurunan waktu perjalanan, pada sebagian waktu kendaraan masih terhenti oleh APILL namun dengan jumlah yang sudah berkurang secara signifikan;

4. Penelitian yang telah dilaksanakan memberikan dampak positif bagi pengguna jalan sehingga penelitian ini dapat menjadi acuan bagi Pemerintah Kabupaten Semarang dalam melakukan pengaturan waktu siklus di simpang Pegadaian dan Alun-alun lama. Hal ini dapat menjadi bukti nyata peran Pemerintah daerah dalam memberikan pelayanan dan kontribusi yang maksimal bagi masyarakat di sektor transportasi.

5.2 Saran

Penelitian yang dilakukan diharapkan bersifat aplikatif dan dapat secara nyata berguna bagi masyarakat yang melintas di wilayah administrasi Kabupaten Semarang. Saran tersebut diberikan kepada Pemerintah daerah Kabupaten Semarang dengan Organisasi Perangkat Daerah (OPD) yang berwenang untuk melakukan koordinasi simpang bersinyal adalah Dinas Perhubungan Kabupaten Semarang. Berdasarkan hasil temuan penelitian, dapat disampaikan rekomendasi perbaikan untuk memberikan pelayanan transportasi yang baik bagi masyarakat diantaranya:

1. Simpang Pegadaian dan Alun-alun lama hendaknya memiliki waktu pengaturan siklus yang variatif dan terkoordinasi. Hal ini berguna untuk pengendalian volume lalu lintas dan perencanaan manajemen dan rekayasa lalu lintas yang adaptif sesuai kondisi di lapangan. Penelitian dilakukan pada hari Rabu, Jumat, dan Minggu, sehingga pengaturan siklus pada hari Senin sampai dengan Kamis dapat menggunakan plan hari Rabu, hari Jumat sampai dengan Kamis menggunakan plan hari Jumat, sedangkan hari Sabtu dan Minggu tetap menggunakan plan hari Minggu sesuai dengan hasil analisis yang diberikan;

2. Dinas Perhubungan Kabupaten Semarang dapat memberikan metode *greenwave* dengan memaksimalkan fungsi ATCS (*Area Traffic Control System*) yang ada;
3. Dinas Perhubungan Kabupaten Semarang dapat menerapkan penggunaan teknologi yang lebih canggih seperti penghitung volume kendaraan yang di hitung secara nyata dan hasilnya dapat langsung di aplikasikan kedalam waktu siklus dan *offset* masing-masing simpang dengan selalu melakukan evaluasi waktu siklus masing-masing simpang bersinyal terhadap fluktuasi volume kendaraan;
4. Selain melakukan penerapan dari analisis yang telah di lakukan, Pemerintah daerah hendaknya juga melakukan evaluasi dan pemantauan secara rutin atas kinerja lalu lintas. Banyaknya angkutan truk pasir yang melintas di ruas jalan Nasional pada waktu puncak membuat kinerja lalu lintas menjadi rendah. Koordinasi antar stakeholder dan akademisi juga mutlak diperlukan guna memberikan pelayanan yang baik bagi masyarakat. Kedepan, diharapkan terdapat penelitian lanjutan yang menganalisis seluruh simpang bersinyal di wilayah Kabupaten Semarang dan pembatasan angkutan barang yang baik dan berdaya guna.

Dengan melakukan penerapan dan pemahaman atas kesimpulan dan saran yang di berikan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan dampak yang positif bagi mobilitas perkotaan dan efisiensi sistem transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, I. (2012). *Manajemen Lalu Lintas Suatu Pendekatan Untuk Mengelola dan Mengendalikan Lalu Lintas*. Jakarta: Transindo Gastama Media.
- Anonymous. (2021, Februari 1). *Wikipedia*. Diambil kembali dari https://en.wikipedia.org/wiki/Green_wave
- Badan Pusat Statistik (BPS) Nasional. (2020). *Statistik Indonesia 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS Kabupaten Semarang. (2020). *Kabupaten Semarang Dalam Angka 2020*. Kabupaten Semarang: Badan Pusat Statistik.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1991). Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No: AJ 401/1/7 tentang Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Handajani, M. (2012). *Pengaruh Sistem Transportasi Kota Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)*. Semarang: Semarang University Press.
- Hormansyah, D. S., Sugiyarto, V., & Amalia, E. L. (2017). Penggunaan Vissim Model Pada Jalur Lalu Lintas Empat Ruas. *Jurnal Teknologi Informasi*, Vol. 7, No. 1.
- Kementerian Perhubungan. (2015). *Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*.
- Kent, B. L., & Khisty, C. J. (2005). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi* (Vol. Jilid 1). Jakarta: Erlangga.
- Kirono, J. C., Puspasari, K., & Handayani, N. (2018). Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang (Studi Kasus Jalan Rajawali-Tingang dan Jalan Rajawali-Garuda). *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 109-123.

- Munawar, A. (2014). *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Papacostas, C., & Prevedouros, P. (2005). *Transportation Engineering and Planning*. Singapura: Prentice Hall Inc.
- PM 96 Tahun 2015. (2015). *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Roses, R., & Shane, M. (1990). *Traffic Engineering*. New Jersey: Printice Half Inc.
- Salim, A. (2000). *Manajemen Transportasi* (Cetakan Pertama. Edisi Kedua ed.). Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Subagja, B. A. (2018). *Pengaruh Perubahan Rasio Arus Lalu Lintas dan Jarak Antar Simpang Terhadap Kinerja Greenwave*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil UKP.
- Sutandi, C. (2007). Advanced Traffic Control System Impacts on Environmental Quality in A Large City in A Developing Country. *Journal of The Eastern Asia for Transportation Studies, Vol. 7*.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Taylor, M. A., Young, W., & Bonsal, P. W. (1996). *Understanding Traffic Systems: Data, Analysis and Presentation*. Sydney: Gower Technical.
- UU 22 Tahun 2009. (2009). *Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.