

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Ade Muhammad Nur Cahyo

NIM : 30202100013

Adfisal Akbar Maulana

NIM : 30202100014

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Ade Muhammad Nur Cahyo

NIM : 30202100013

Adfisal Akbar Maulana

NIM : 30202100014

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)



ADE MUHAMMAD NUR CAHYO
NIM : 30202100013



ADFISALAKBAR MAULANA
NIM : 30202100014

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2025

Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D NIDN : 0605016802	
2. Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT NIDN : 0611118903	

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 39 / A.2 / SA – T / 1 / 2025

Pada hari ini tanggal 12 Januari 2025 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping :

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir :

Ade Muhammad Nur Cahyo

NIM : 30202100013

Adfaisal Akbar Maulana

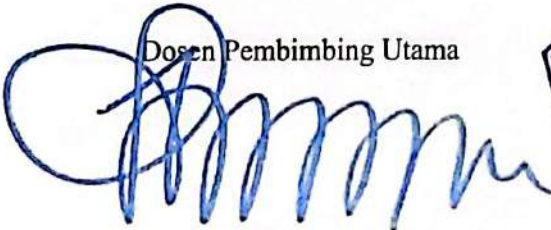
NIM : 30202100014

Judul : “Analisis Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus : Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)”

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1.	Penunjukan dosen pembimbing	09 / 10 / 2024	ACC
2.	Seminar Proposal	09 / 12 / 2024	ACC
3.	Pengumpulan Data	23 / 11 / 2024	ACC
4.	Analisis Data	23 / 12 / 2024	ACC
5.	Penyusunan laporan	04 / 01 / 2024	ACC
6.	Selesai laporan	10 / 01 / 2025	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing Utama


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

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Ade Muhammad Nur Cahyo
NIM : 30202100013
2. NAMA : Adfisal Akbar Maulana
NIM : 30202100014

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul

“ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)”

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2025

Yang membuat pernyataan 1



Ade Muhammad Nur Cahyo
NIM : 30202100013

Yang membuat pernyataan 2



Adfisal Akbar Maulana
NIM : 30202100014



PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Ade Muhammad Nur Cahyo
NIM : 30202100013
2. NAMA : Adfisal Akbar Maulana
NIM : 30202100014

JUDUL : “ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)”

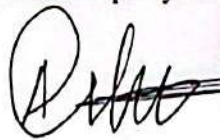
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublishkan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat.

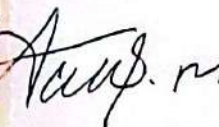
Semarang, Januari 2025

Yang membuat pernyataan 1



Ade Muhammad Nur Cahyo
NIM : 30202100013

Yang membuat pernyataan 2



Adfisal Akbar Maulana
NIM : 30202100014

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia (selama) kamu menyuruh (berbuat) yang makruf, mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Seandainya Ahlulkitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.” (Qs. Ali Imraan : 110)

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”. (Qs. Al – Insyirah : 5 – 6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebijakan) yang dikerjakannya dan mendapatkan (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya”. (Qs. Al – Baqarah : 286)

“ Jangan takut salah, karena dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua”. (Buya Hamka)

Meskipun tidak terlihat kerennya, tidak terlihat banyak pencapaiannya, tidak bersinar seterang yang lainnya, setidaknya kamu sudah berusaha dengan keras sejauh ini. Meski tidak banyak yang tau usahamu tapi kamu tetap harus mengusahakan hidup yang kamu mau.

“Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah tenang dan sabar.” (Umar bin Khattab)

"Berpegang teguh kepada ajaran agama akan membawa kita kepada jalan hidup yang penuh dengan kedamaian dan berkah." (Gus Baha)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya yang telah diberikan kepada saya hingga saat ini, serta seluruh dukungan dan doa dari orang – orang tercinta, akhirnya Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, dengan penuh rasa bangga dan bahagia saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Ngatimin dan Ibu Pariyem yang selalu memberikan segala yang terbaik untuk saya baik dari doa, semangat, motivasi, dukungan, dan pengorbanan baik berupa materi maupun moril yang tidak terhingga jumlahnya.
2. Kakak saya Saudari Anna Fitriani yang selalu memberikan semangat, masukan, dukungan, bantuan, dan doa selama saya menempuh pendidikan dan penulisan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan arahan dengan sabar, sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.
4. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung yang telah memberikan segala ilmu selama masa perkuliahan.
5. Sahabat sekaligus partner Tugas Akhir saya Adfaisal Akbar Maulana, terimakasih atas waktu, bantuan, dan kerja kerasnya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
6. Teman saya Rizki Maulana dan Agil Kuncoro yang telah banyak memberikan cerita dan pengalaman baru yang belum pernah saya lakukan sebelumnya yang membuat kegiatan perkuliahan menjadi lebih menarik.
7. Teman – teman Fakultas Teknik Angkatan 2021 yang telah kebersamai saya selama menjalani perkuliahan di Universitas Islam Sultan Agung.

Ade Muhammad Nur Cahyo

NIM : 30202100013

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya yang telah diberikan kepada saya hingga saat ini, serta seluruh dukungan dan doa dari orang – orang tercinta, akhirnya Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, dengan penuh rasa bangga dan bahagia saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Djadi Purnomo dan Ibu Yesi Sulistyorini yang selalu memberikan doa dan semangat serta pengorbanan baik berupa materi maupun moril yang tidak terhingga jumlahnya.
2. Adik saya Aisha Kirana Nareshwari yang selalu memberikan dukungan dan doa selama saya menempuh pendidikan dan pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan arahan dengan sabar, sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.
4. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung yang telah memberikan segala ilmu selama masa perkuliahan.
5. Ade Muhammad Nur Cahyo selaku partner Tugas Akhir saya yang selalu sabar, sungguh-sungguh dan selalu semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman Kos E533 saya Rizki Maulana, Agil Kuncoro, dan Adrian Risqy Widiarso yang telah banyak membantu dalam masa perkuliahan dari awal sampai saat ini
7. Sahabat saya Duta Irvana, Muhammad Ibnu Yahya Hakiki, dan Luthfil Hakim. Yang selalu ada waktu untuk saya, membantu serta menghibur saya dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Teman – teman Fakultas Teknik Angkatan 2021 yang telah kebersamaan saya selama menjalani perkuliahan di Universitas Islam Sultan Agung.

Adfaisal Akbar Maulana

NIM : 30202100014

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)”, Tugas Akhir ini dibuat guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dengan sepuh hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dengan sabar dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan masukan agar penulisan Tugas Akhir menjadi lebih baik.
5. Semua pihak yang terlibat dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari isi maupun susunan dalam penulisan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Persimpangan	5
2.1.1 Kapasitas Persimpangan	5
2.1.2 Jenis – jenis Simpang	6
2.2 Kinerja Simpang Bersinyal	7
2.2.1 Geometri	7
2.2.2 Arus Lalu Lintas	7
2.2.3 Fase Sinyal	8
2.2.4 Arus Jenuh Nyata (S)	8
2.2.5 Kapasitas Pendekat Simpang Bersinyal	12
2.2.6 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang	13

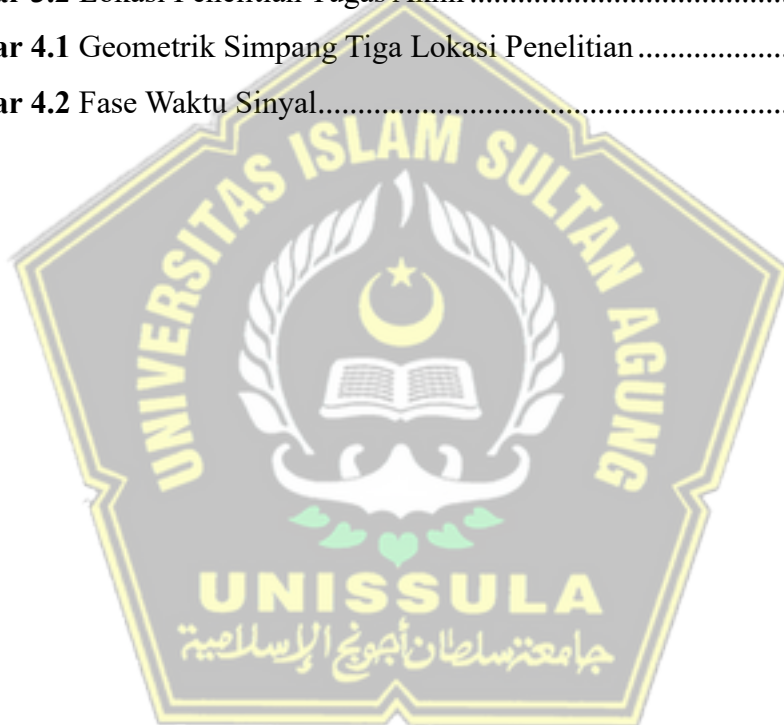
	2.2.7 Penentuan Waktu Sinyal	13
	2.2.8 Derajat Kejenuhan	14
	2.2.9 Perilaku Lalu Lintas (Kualitas Lalu Lintas)	14
	2.2.10 Tundaan (D).....	16
	2.2.11 Tingkat Pelayanan (LOS)	17
	2.3 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III	METODE PENELITIAN	22
	3.1 Pendahuluan	22
	3.2 Perlengkapan Penelitian	22
	3.3 Bagan Alur Penelitian	22
	3.4 Survei Pendahuluan.....	24
	3.4.1 Lokasi Penelitian.....	24
	3.5 Studi Pustaka.....	25
	3.6 Pengumpulan Data	25
	3.6.1 Data Primer	25
	3.6.2 Data Sekunder.....	26
	3.6.3 Pengolahan dan Penyajian Data	28
	3.6.4 Analisis Data dan Pembahasan	28
	3.6.5 Penarikan Kesimpulan	29
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
	4.1 Umum.....	30
	4.2 Arus Lalu Lintas.....	30
	4.3 Parameter Perhitungan Persimpangan.....	33
	4.4 Manajemen Lalu Lintas Kapasitas Jalan Terhadap Kend	43
	4.5 Solusi Untuk Mengatasi Kepadatan Kendaraan.....	44
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	45
	5.1 Kesimpulan	45
	5.2 Saran.....	45
	DAFTAR PUSTAKA.....	xvii
	LAMPIRAN.....	xx

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai SMP Untuk Setiap Kendaraan	8
Tabel 2.2 Kelas Ukuran Kota	9
Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor	9
Tabel 2.4 Nilai Normal Waktu Antar Hijau	13
Tabel 2.5 Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal	19
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3.1 Data Jumlah Penduduk Kota Semarang 2023	26
Tabel 3.2 Data Jumlah Pertumbuhan Kendaraan Bermotor	27
Tabel 4.1 Data Hasil Survei Pada Jam Puncak Arus Lalu Lintas Hari Senin Pukul 07.00 – 08.00	31
Tabel 4.2 Data Survey Arus Lalu Lintas Bermotor Jam Puncak (MV)	32
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Arus Jenuh (So)	33
Tabel 4.4 Nilai Faktor Kelandaian (F_G)	34
Tabel 4.5 Hasil Nilai Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})	35
Tabel 4.6 Hasil Nilai Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})	35
Tabel 4.7 Hasil Nilai Arus Sesungguhnya (S)	36
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai Lost Time (LT)	36
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rasio Arus Simpang $\Sigma(FR_{CRIT})$	37
Tabel 4.10 Data Waktu Sinyal	37
Tabel 4.11 Data Waktu Hijau	38
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)	39
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Tundaan (DT) dan Indeks Tingkat Pelayanan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek (F_P).....	10
Gambar 2.2 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G).....	11
Gambar 2.3 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT}).....	11
Gambar 2.4 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri (F_{LT}).....	12
Gambar 2.5 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{MAX}) Dalam SMP	15
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	23
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Tugas Akhir.....	24
Gambar 4.1 Geometrik Simpang Tiga Lokasi Penelitian	30
Gambar 4.2 Fase Waktu Sinyal.....	38



ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL

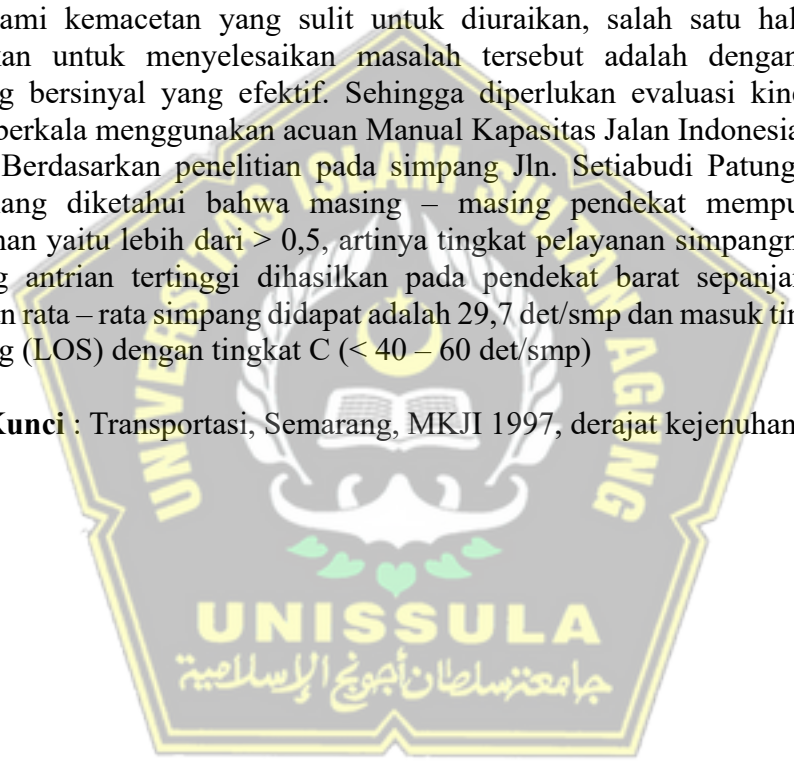
(Studi Kasus : Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang)

ABSTRAK

Kota Semarang, merupakan salah satu kota dengan pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi dengan perkembangan infrastruktur yang cukup baik. Kawasan tembalang tepatnya di Jalan Setiabudi menjadi jalur utama sebagai penghubung pusat kota dengan kawasan pendidikan. Hal tersebut menjadikan kawasan sering mengalami kemacetan yang sulit untuk diuraikan, salah satu hal yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan pengaturan simpang bersinyal yang efektif. Sehingga diperlukan evaluasi kinerja simpang secara berkala menggunakan acuan Manual Kapasitas Jalan Indonesias 1997

Berdasarkan penelitian pada simpang Jln. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang diketahui bahwa masing – masing pendekat mempunyai derajat kejenuhan yaitu lebih dari $> 0,5$, artinya tingkat pelayanan simpangnya adalah D. Panjang antrian tertinggi dihasilkan pada pendekat barat sepanjang 224,8 m. Tundaan rata – rata simpang didapat adalah 29,7 det/smp dan masuk tingkat pelayanan simpang (LOS) dengan tingkat C ($< 40 - 60$ det/smp)

Kata Kunci : Transportasi, Semarang, MKJI 1997, derajat kejenuhan, tundaan



Analysis of the Performance of a Signalized Three-way Intersection

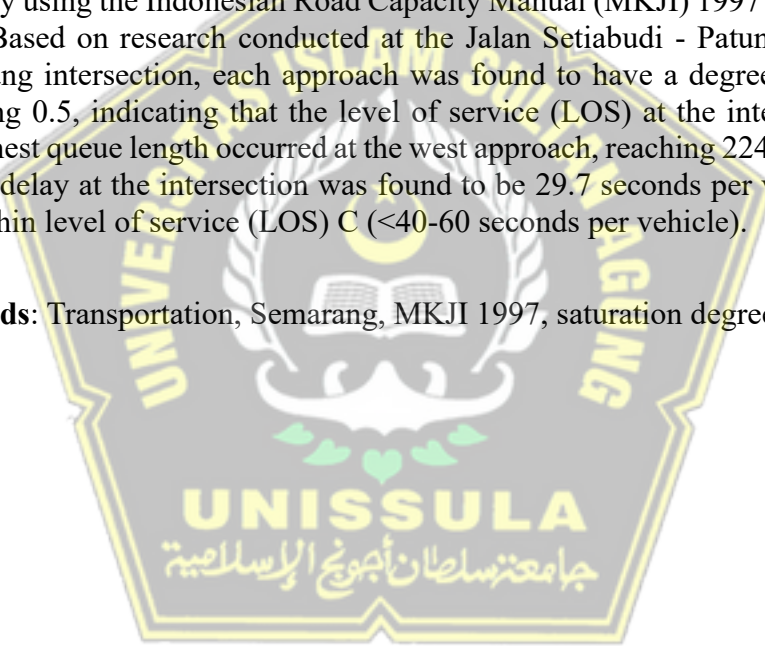
(Case Study: Setiabudi Street, Patung Diponegoro, Tembalang)

ABSTRACT

Semarang, a city with relatively high economic growth and good infrastructure development. Particularly in the Tembalang area, has Setiabudi Street as a primary route connecting the city center to educational areas. This makes the area frequently experience traffic congestion that is difficult to resolve. One of the solutions to address this issue is through the effective management of signalized intersections. Therefore, regular performance evaluations of the intersection are necessary using the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) 1997 as a reference.

Based on research conducted at the Jalan Setiabudi - Patung Diponegoro Tembalang intersection, each approach was found to have a degree of saturation exceeding 0.5, indicating that the level of service (LOS) at the intersection is D. The highest queue length occurred at the west approach, reaching 224.8 meters. The average delay at the intersection was found to be 29.7 seconds per vehicle, which falls within level of service (LOS) C (<40-60 seconds per vehicle).

Keywords: Transportation, Semarang, MKJI 1997, saturation degree, delay



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi sangat penting bagi negara berkembang guna menunjang kelangsungan kegiatan masyarakat. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan mobilitas yang padat, sektor transportasi Indonesia ikut berkembang dengan sangat pesat. Segala sesuatu yang dapat dilakukan untuk memudahkan mobil, orang, dan barang untuk berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain, maka diperlukan suatu infrastruktur dan fasilitas transportasi yang memadai dan optimal untuk mendukung kemajuan ekonomi di suatu tempat.

Jalan raya sendiri merupakan salah satu infrastruktur utama yang berfungsi untuk menghubungkan berbagai wilayah, hal ini secara tidak langsung menjadi penyebab terjadinya peningkatan jumlah kendaraan. Keadaan tersebut dapat membawa dampak positif yaitu kemudahan akses dan peningkatan ekonomi daerah, namun juga dapat menyebabkan dampak negatif terkait dengan kemacetan lalu lintas, kecelakaan, dan penurunan kualitas lingkungan karena polusi udara.

Kota Semarang merupakan daerah berkembang dengan pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi dengan disertai adanya pembangunan di segala bidang, diantaranya adalah pembangunan pertokoan, apartemen, kawasan pendidikan, dan lain sebagainya. Jalan Setiabudi di daerah Tembalang, merupakan suatu kawasan yang padat dengan arus lalu lintas dikarenakan jalan ini menjadi jalur utama yang menghubungkan pusat kota dengan kawasan pendidikan dan pemukiman. Penerapan persimpangan bersinyal yang efisien merupakan solusi umum untuk mengatasi masalah kemacetan. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk mengelola arus lalu lintas di persimpangan dengan lebih baik dan lebih efisien.

Simpang tiga bersinyal memiliki peran penting dalam mengatur lalu lintas dari tiga arah yang bertemu di satu titik. Simpang bersinyal akan mengatur dan memanajemen waktu kendaraan untuk berhenti dan waktu kendaraan untuk jalan dengan menggunakan aba – aba dari sinyal lampu lalu lintas. Hal tersebut dilakukan

untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan guna memperlancar jalannya arus lalu lintas. Namun dalam realisasinya, kinerja dari simpang tiga bersinyal perlu dievaluasi dan dikaji secara berkala, utamanya pada lokasi dengan intensitas kepadatan lalu lintas yang tinggi. Evaluasi diperlukan guna mengetahui apakah sistem sinyal dan desain simpang sudah mampu mengatasi permasalahan yang ada. Hal tersebut mendorong perlunya dilakukan analisis terhadap kinerja simpang tiga bersinyal di Jln. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, Semarang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja Simpang Tiga Bersinyal Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, dalam memberikan layanan terhadap lalu lintas yang ada?
2. Bagaimana solusi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi operasional Simpang Tiga Bersinyal Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang akan dicapai adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis kinerja Simpang Tiga Bersinyal Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, dengan indikator kinerja simpang bersinyal seperti kapasitas simpang, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan menggunakan acuan MKJI 1997.
2. Memberikan solusi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi operasional Simpang Tiga Bersinyal Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan pada Simpang Tiga Bersinyal Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan tentang masalah transportasi dalam mengevaluasi tingkat kinerja pada simpang tiga bersinyal.
2. Menambah pengetahuan tentang bagaimana tingkat pelayanan di simpang tiga bersinyal.

1.5 Batasan Masalah

Penulisan laporan ini dibatasi pada ruang lingkup berikut untuk mencegah penelitian menjadi terlalu luas cakupannya dan agar dapat sesuai dengan arah tujuan penelitian. :

1. Lokasi penelitian berada di Simpang Tiga Bersinyal Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang.
2. Pembahasan, analisis dan perhitungan mengikuti metode MKJI 1997.
3. Survei geometri jalan dan lalu lintas merupakan salah satu survei lapangan yang menjadi sumber data studi ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Rincian pembahasan dibawah ini memberikan gambaran umum sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun laporan tugas akhir ini :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran mengenai rumusan masalah, latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, dan metodologi penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menjelaskan tentang aspek hukum dan teknis dari analisis penelitian yang dilakukan. Selain itu juga dijelaskan teori yang menjadi landasan untuk penyelesaian permasalahan yang ada.

BAB III : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini membahas mengenai tahapan penelitian, lokasi penelitian, bahan penelitian, peralatan survei, waktu, serta prosedur pengumpulan data lapangan yang dilakukan.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan pembahasan hasil penelitian dan penelitian aktual yang dilakukan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mencakup kesimpulan yang diambil dari temuan analisis serta rekomendasi (saran) penyusunan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan pustaka – pustaka dari beragam sumber bacaan untuk membantu mendukung penulisan laporan.

LAMPIRAN

Berisikan data – data lainnya untuk memperkuat dalam penulisan laporan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

Persimpangan merupakan lokasi dimana beberapa ruas jalan bertemu, persimpangan difungsikan untuk mengubah suatu pola arus lalu lintas. Karena persimpangan atau pertemuan jalan merupakan komponen jaringan jalan, maka sangat penting untuk mendapatkan suatu perhatian lebih guna mengakomodasi arus lalu lintas kendaraan yang padat.

Persimpangan dibuat dengan hati dan memerlukan banyak pertimbangan seperti dari segi efisiensi, kapasitas, kecepatan, biaya operasional, dan yang paling penting adalah keselamatan dari semua pengguna jalan. Penerapan pengaturan lalu lintas di suatu kawasan persimpangan yang padat kendaraan menjadi salah satu bagian penting guna mengatur pergerakan kendaraan. Tujuan dari pengaturan lalu lintas di persimpangan guna meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas antara sesama kendaraan bermotor maupun antara kendaraan motor dengan pejalan kaki, juga bertujuan untuk mengurangi kemacetan di suatu simpul persimpangan sehingga pengendara yang melewatinya dapat merasa lebih nyaman dan tenang.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997), alasan dipergunakannya sinyal lalu lintas pada simpang adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghindari macet pada simpang yang diakibatkan oleh konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberikan kesempatan kepada kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi angka kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang berlawanan.

2.1.1 Kapasitas Persimpangan

Kapasitas persimpangan merupakan jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu persimpangan dalam satuan waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam. Geometrik jalan

(lebar lajur dan jumlah lajur), jenis persimpangan (persimpangan bersinyal dan tidak bersinyal), kondisi lalu lintas (komposisi kendaraan dan kecepatan berkendara), dan manajemen lalu lintas adalah beberapa variabel yang dapat memengaruhi kapasitas persimpangan. Agar lalu lintas lancar kapasitas simpang harus baik dan memadai untuk menjaga lancarnya lalu lintas, khususnya dikawasan perkotaan dengan volume kendaraan yang tinggi.

2.1.2 Jenis – Jenis Simpang

Berdasarkan karakteristiknya suatu simpang dibedakan ke dalam 2 (dua) jenis sebagai berikut ini :

1. Persimpangan Sebidang

Terjadi ketika dua atau lebih jalan saling bertemu dalam satu tingkat yang sama, sehingga arus lalu lintas dari beberapa arah berpotongan langsung secara horizontal. Persimpangan sebidang dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori dari sistem pengaturannya, yaitu :

a. Simpang Bersinyal (*signalized intersection*)

Persimpangan jalan yang menggunakan sinyal lalu lintas untuk mengendalikan arus kendaraan disebut persimpangan bersinyal. Simpang bersinyal sering dipakai di lokasi yang volume arus lalu lintasnya padat, dengan harapan untuk dapat mengurangi konflik antara kendaraan yang melewati persimpangan dan juga memberikan waktu bagi setiap kendaraan yang lewat agar aman dari kemacetan serta terhindar dari kecelakaan.

b. Simpang Tak Bersinyal (*unsignalized intersection*)

Merupakan jenis persimpangan simpang tanpa lampu lalu lintas (*traffic light*), namun dalam realisasinya di beberapa simpang menggunakan rambu - rambu dan garis marka sebagai pengganti penggunaan lampu lalu lintas tersebut.

2. Persimpangan Tak Sebidang

Persimpangan yang memiliki dua atau lebih ruas jalan yang bertemu pada bidang berbeda, dengan satu ruas di atas atau di bawah ruas lainnya, dikenal sebagai persimpangan tak sebidang. Tujuan dari penggunaan simpang ini adalah untuk menghilangkan masalah langsung

antar arus sehingga meningkatkan kelancara dan keselamatan lalu lintas, umumnya persimpangan ini digunakan pada jalan utama dengan volume kendaraan yang tinggi seperti pada jalan tol maupun jalan utama di suatu perkotaan.

2.2 Kinerja Simpang Bersinyal

Menurut acuan Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997 (MKJI 1997), pedoman – pedoman di bawah ini merupakan dasar pendekatan yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu persimpangan jalan bersinyal :

2.2.1 Geometrik

Untuk dapat mengetahui mengenai informasi meliputi kondisi lebar dari jalan, bahu, dan median jalan. Dapat dilihat dari keadaan geometrik asli yang nantinya diolah dalam suatu bentuk sketsa.

2.2.2 Arus Lalu Lintas

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) suatu nilai arus lalu lintas (Q) merupakan cerminan dari komposisi lalu lintas, dalam hal ini arus lalu lintas dinyatakan ke dalam satuan mobil penumpang (SMP). Keseluruhan nilai arus lalu lintas diubah ke dalam satuan mobil penumpang (SMP) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk beberapa tipe kendaraan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Nilai SMP Untuk Setiap Kendaraan

Jenis Kendaraan	Nilai emp untuk tiap pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

2.2.3 Fase Sinyal

Secara umum, fase sinyal adalah siklus lampu yang digunakan untuk mengatur sejumlah perubahan arus lalu lintas. Fase sinyal memiliki pengaruh besar terhadap kelancaran lalu lintas dan sangat penting bagi keselamatan pengguna jalan. Pengoperasian fase sinyal yang efektif didefinisikan sebagai

kemampuan untuk mengelola volume kendaraan yang besar dan waktu tunggu yang singkat.

2.2.4 Arus Jenuh Nyata (S)

Berapa faktor yang berperan menyangkut besarnya arus jenuh adalah banyaknya lajur pada masing – masing kelompok dan lebar jalur, presentase unsur lalu lintas yang melintas, kelandaian jalan, keberadaan lajur parkir, pengaruh kesesuaian kota, kepadatan penduduk, pengaruh kesesuaian belok, dan hambatan samping. Persamaan sistematis yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_P \times F_G \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Dimana :

S = Arus jenuh nyata (smp/jam hijau)

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau), dihitung sebagai berikut

$$S_0 = 600 \times W_e$$

W_e = Lebar efektif

F_{CS} = Faktor koreksi ukuran kota

F_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_G = Faktor penyesuaian akibat gradien jalan

F_{RT} = Faktor koreksi belok kanan

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

1. Faktor penyesuaian ukuran kota, dapat dilihat dari jumlah nilai penduduk pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Kelas Ukuran Kota

Ukuran Kota	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
Sangat kecil	<0,1	0,82
Kecil	0,1 – 0,5	0,83
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	>3,0	1,05

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

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

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan,
Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	0,05	0,1	0,15	0,2	$\geq 0,25$
Komersial	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
	Tinggi	Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,8	0,75	0,71
	Sedang	Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,72
	Rendah	Terlindung	0,95	0,93	0,9	0,89	0,87	0,83
Pemukiman	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
	Tinggi	Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
	Sedang	Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,9	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,8	0,74
	Rendah	Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/ Sedang/Rendah	Terlawan	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
	Tinggi/ Sedang/Rendah	Terlindung	1	0,98	0,96	0,93	0,9	0,88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

3. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Ini merupakan jarak antara garis henti sampai dengan kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat, F_P dicari dengan rumus :

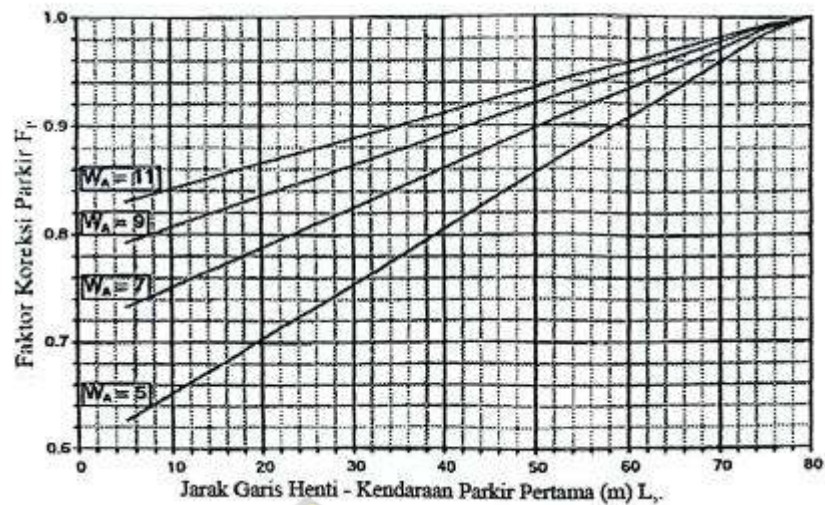
$$F_P = [L_P / 3 - (W_A - 2) \times (L_P / 3 - g) / W_A] / g$$

Dimana :

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

W_A = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat

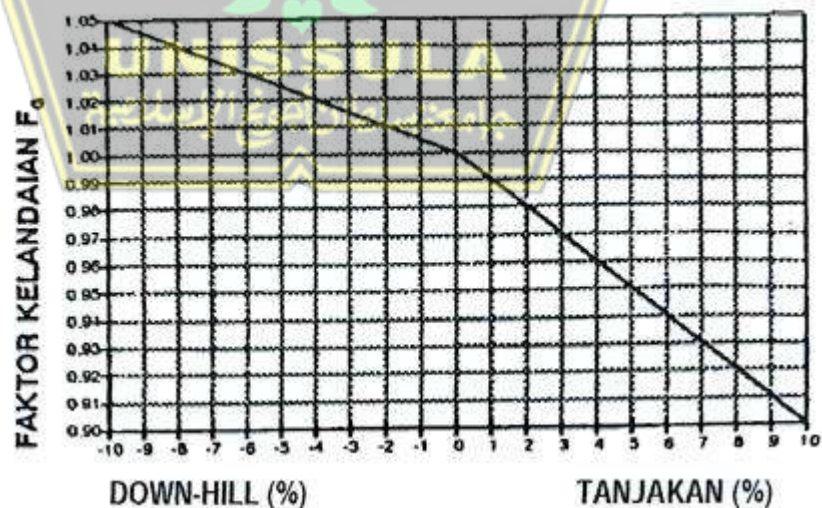


Gambar 2.1 Faktor penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek (F_p)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

4. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Faktor kelandaian jalan (F_G), dengan besar nilai faktor untuk kondisi pada tanjakan (naik) adalah $< 1,0$ sedangkan untuk kondisi pada turunan (turun) adalah $> 1,0$ dan untuk kondisi datar adalah $= 0$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 2.2 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

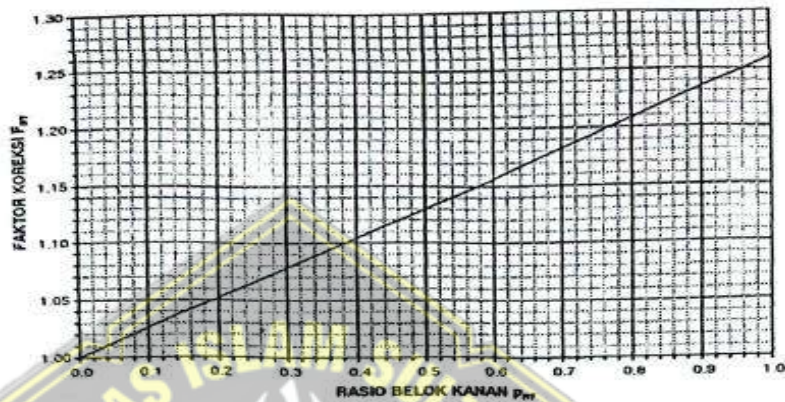
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

5. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

Faktor Kesesuaian belok kanan (F_{RT}) hanya dikhususkan bagi pendekat tipe P dan jalan dengan dua arah. Lebar efektif ditetapkan oleh lebar masuknya. Analisis rumus menggunakan MKJI 1997 :

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$$

Nilai Juga dapat dilihat dari tabel berikut :



Gambar 2.3 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT}), Hanya Berlaku Untuk Pendekat Tipe P, Jalan Dua Arah, Lebar Efektif Ditentukan Oleh Lebar Masuk

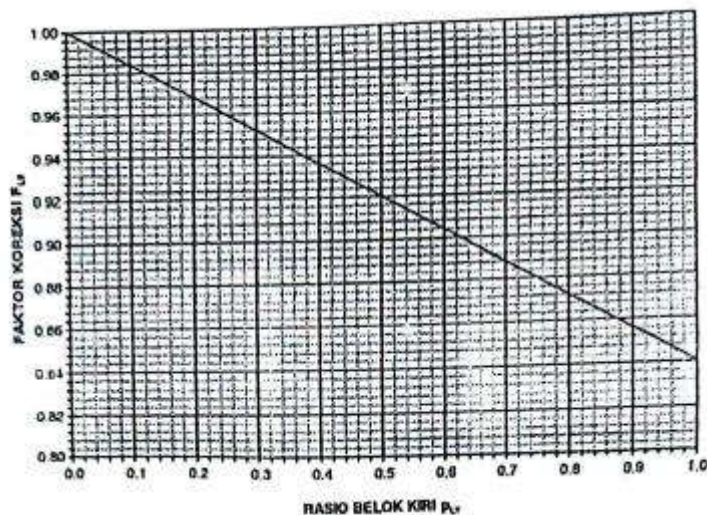
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

6. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor kesesuaian belok kiri (F_{LT}) hanya dikhususkan bagi pendekat tipe P tanpa belok kiri langsung, dimana lebar efektif ditetapkan oleh lebar masuknya. Analisis rumus menggunakan MKJI 1997, sebagai berikut :

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

Nilai Juga dapat dilihat dari tabel berikut :



Gambar 2.4 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Belok Kiri (FLT), Hanya Berlaku Untuk Pendekat Tipe P Tanpa Belok Kiri Langsung, Lebar Efektif Ditentukan Oleh Lebar Masuk
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

2.2.5 Kapasitas Pendekat Simpang Bersinyal (C)

Kapasitas menurut MKJI 1997 merupakan besaran maksimum dari kepadatan arus lalu lintas yang mampu mengakomodasi suatu segmen jalan di situasi spesifik, termasuk faktor – faktor seperti kondisi fisik jalan, volume kendaraan saat itu, dan sistem pengendalian yang diterapkan (seperti geometrik, situasi lingkungan, rangkaian unsur lalu lintas, dan sebagainya). Rumus perhitungan kapasitas menurut MKJI 1997 adalah :

$$C = S \times g/c$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau = smp per-jam hijau)

g = waktu hujau (det)

c = Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama)

2.2.6 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Adanya periode atau waktu antar hijau (IG = all red + kuning) di antara dua fase yang runtut adalah bertujuan untuk memberi peringatan unsur lalu lintas yang melaju karena fase telah berakhir dan juga untuk memastikan supaya unsur lalu lintas terakhir di fase hijau yang belum lama berakhir memiliki waktu yang memadai untuk meninggalkan area titik konflik. Nilai normal waktu antar hijau untuk perhitungan analisa operasional simpang tersaji pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Normal Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Rata rata Lebar Jalan	Nilai Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik / fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik / fase
Besar	>15 m	>6 detik / fase

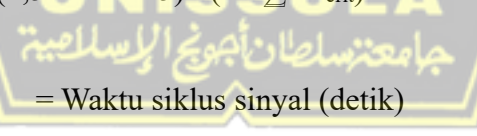
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

2.2.7 Penentuan Waktu Sinyal

Berdasarkan metode Webster (1996) untuk meminimalisir tundaan total pada suatu simpang yaitu dengan menghitung waktu siklus (c) dan waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i).

1. Waktu Siklus

$$C = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit})$$

Dimana : 

c = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua ppendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$\sum FR_{crit}$ = Rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut

2. Waktu Hijau

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / L(FR_{crit})$$

Dimana :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (detik)

2.2.8 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan dari suatu fase adalah perbandingan dari arus kedatangan dengan kapasitas dari fase tersebut dalam suatu periode tertentu, dihitung dengan rumus :

$$DS = Q/C = (Q \times c) / (S \times g)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus kedatangan

C = Kapasitas jalan ($S \times g/c$) smp/jam

g/c = Rasio hijau

2.2.9 Perilaku Lalu Lintas (Kualitas Lalu Lintas)

Ditentukan berdasarkan pada arus lalu lintas (Q), derajat kejenuhan (DS) dan waktu sinyal (c dan g) sebagaimana dijelaskan dibawah ini :

1. Panjang Antrian

Panjang antrian adalah jumlah kendaraan yang terjebak/terperangkap dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah antirian baru yang masuk selama fase merah (NQ_2) dalam satu siklus pendekat.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Jumlah antrian kendaraan dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dengan rumus :

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times [(DS - 1) + [\sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{g \times (DS - 0,5)}{c}}]]$$

Jikas $DS > 0,5$ selain itu $NQ_1 = 0$

Dimana :

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

Jumlah antrian kendaraan selama fase merah (NQ_2) adalah :

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

Dimana :

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

GR = Rasio hijau

c = Waktu siklus (det)

Q = Arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Panjang antrian (QL) :

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{masuk}}$$

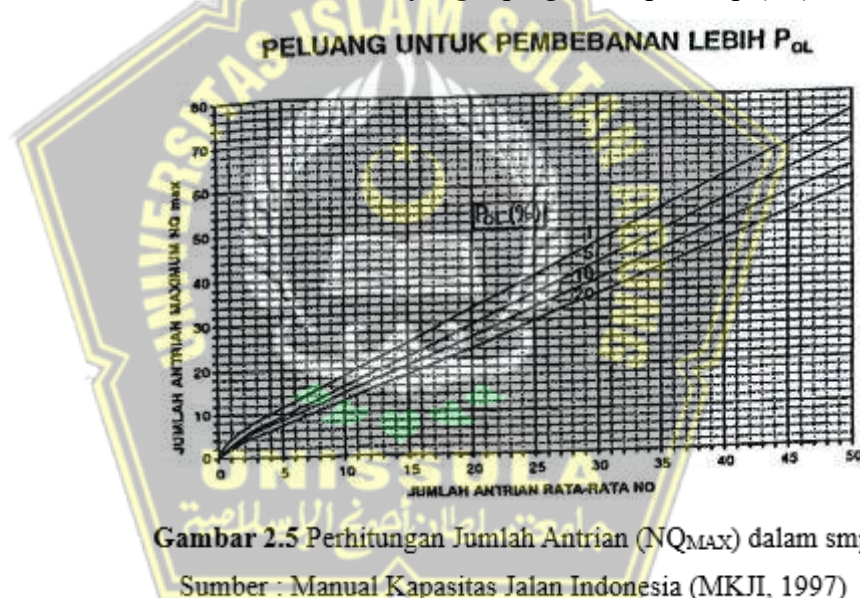
Dimana :

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah antrian rata-rata smp pada awal sinyal hijau (smp)

W_{MASUK} = Lebar masuk (m)

20 = Luas rata-rata yang dipergunkan per smp (m^2)



2.2.10 Tundaan

Tundaan adalah jumlah waktu tambahan yang dibutuhkan untuk melewati persimpangan dibandingkan dengan saat tidak melalui persimpangan. Persimpangan dapat mengalami tundaan disebabkan oleh :

1. Tundaan Lalu Lintas (DT) terjadi dari hubungan lalu lintas dengan tindakan lainnya yang bertentangan dalam suatu simpang (pengaruh kendaraan lainnya). Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (didasarkan pada Akcelik 1998) :

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

Dimana :

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat (det/smp)

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

NO₁ = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

2. Tundaan Geometri (DG) terjadi karena percepatan dan perlambatan selama belokan dan atau pemberhentian saat di lampu merah. Tundaan geometri rata-rata pada saat pendekat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DG = (1 - P_{SV}) \times Pr \times 6 + (P_{SV} \times 4)$$

Dimana :

DG = Tundaan geometri rata-rata pada pendekat (det/smp)

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

Pr = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$D = DT + DG$$

Dimana :

D = Tundaan rata-rata untuk pendekat (det/smp)

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat (det/smp)

DG = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

Tundaan Total

Tundaan total adalah tundaan yang didapatkan dengan hasil perkalian antara tundaan rata-rata (D) dengan arus lalu lintas (Q).

Dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D_{TOT} = D \times Q$$

Dimana :

D_{TOT} = Tundaan total (smp/det)

D = Tundaan rata-rata (det/smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/det)

Tundaan rata/rata untuk semua simpang (DI)

Tundaan rata-rata untuk semua simpang dihitung dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}). Dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$DI = (D_{TOT} / Q_{TOT})$$

Dimana :

DI = Tundaan simpang rata-rata (det/smp)

D_{TOT} = Tundaan total (smp/det)

Q_{TOT} = Arus lalu lintas total (smp/det)

2.2.11 Tingkat Pelayanan (LOS)

Tingkat pelayanan simpang bersinyal merupakan ukuran kinerja simpang yang dihitung berdasarkan tundaan kendaraan yang melewatinya. Tingkat layanan A hingga tingkat layanan F adalah klasifikasi tingkat layanan persimpangan sinyal (LOS). Memberikan pelayanan prima terhadap segala tuntutan lalu lintas merupakan tujuan dari tingkat pelayanan ini. Waktu siklus yang rendah berarti lebih sedikit penundaan dan dapat memenuhi persyaratan layanan secara efektif.. Tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 2.5 dibawah.

Tabel 2.5 Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal

Indeks Tingkat Pelayanan	Kondisi	Tundaan Per Kendaraan (Detik)
A	Arus Bebas	$\leq 5,0$
B	Arus Stabil (Untuk Merancang Jalan Antar Kota)	5,1 -15,0
C	Arus Stabil (Untuk Merancang Jalan Perkotaan)	15,0 -25,0
D	Arus Mulai Tidak Stabil	25,1-40,1
E	Arus Tidak Stabil (Tersendat- sendat)	40,1-60,0
F	Arus Tidak Stabil (Berhenti, Antrian, dan Macet)	≥ 60

Sumber : Buku Perencanaan dan Permodelan Transportasi Edisi Kedua

2.3 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

NO	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metodologi Penelitian
1.	Cynthia Rezinia, Vita Linda Asriani (2017)	“Analisa Simpang Tiga Bersinyal Jalan Majapahit – Tol Gayam Sari Semarang”	Menganalisa kinerja Simpang Tiga Bersinyal Jalan Majapahit – Tol Gayam Sari dan Mengetahui tingkat pelayanan di simpang tersebut	Menganalisis data berupa data primer dan data sekunder. Selanjutnya data tersebut diolah menjadi data baku dan dianalisis menggunakan pedoman MKJI 1997. Untuk selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil anasis data yang dilakukan.
2.	Irna Hendriyani, Rendi Eko Sugiarto (2016)	“Analisa Kinerja Simpang Tiga Tugu Matilda Balikpapan.”	Menganalisis kinerja Simpang Tiga Tugu Matilda Balikpapan, mendapatkan tundaan dan panjang antrian simpang tiga dan solusi penanganannya.	Penelitian terhadap simpang tiga Tugu Matilda ini adalah dengan metode survey. Selain itu menganalisis data primer dan sekunder yang telah didapatkan dilapangan dengan menggunakan pedoman MKJI 1997 dan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kesimpulan analisa data tersebut.
3.	Ifansur Ilham (2022)	“Analisis Simpang Tiga Bersinyal Pada Tugu Adipura Kota Payakumbuh Dengan Metode MKJI 1997”	Mengetahui volume lalu lintas, antrian kendaraan, waktu tunda dan kejenuhan dari alternative yang diberikan pada simpang Tugu Adipura. Selain itu juga memberikan solusi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi operasional simpang Tugu Adipura.	Metode penelitian yang dilakukan untuk mendiskripsikan atau mengevaluasi kondisi antrian dan tundaan pada simpang. MKJI 1997 digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pengumpulan data serta dalam melakukan analisis data.

4.	Ayu Indraswari Pramudita, Mayang Kaila Pramesti (2023)	“Analisis Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Tentara Pelajar – Kedung Mundu Semarang)”	Menganalisa kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Tentara Pelajar – Kedung Mundu Semarang) dan Menganalisa kinerja simpang saat jam sibuk (peak hour)	Dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data pendukung penelitian baik data primer maupun data sekunder selanjutnya data yang didapat akan dianalisa dan diolah menjadi data baku dengan menggunakan pedoman MKJI 1997, dan setelahnya akan dilakukan penarikan kesimpulan dari analisis yang dilakukan
5.	Heru Asianto, Muhammad Rusmin, Slamet Widodo, Asrul Saputra (2023)	“Anallis Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Dengan Menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (Studi Kasus : Simpang Tiga Bersinyal Jl. Basuki Rahmat – Jl. Sungai Maruni Kota Sorong)”	Tujuan dari studi ini adalah menentukan seberapa baik kinerja persimpangan bersinyal dalam kondisi saat ini dan seberapa baik kinerja tersebut dalam kaitannya dengan volume lalu lintas selama lima tahun ke depan.	Metode penelitian menggunakan pedoman MKJI 1997. Data yang dikumpulkan yaitu data primer dan sekunder dari melakukan survey langsung pada objek penelitian. Kemudian setelah data didapat dilakukan analisis pada data tersebut dan penarikan kesimpulan.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Laporan tugas akhir ini penulis buat dengan tujuan untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal yang terdapat di jalan Setiabudi Patung Diponegoro, Tembalang. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode kualitatif lapangan atau *field research* yang dalam pengumpulan data dilakukan pengamatan secara langsung dilapangan. Metode kualitatif lapangan ini digunakan agar hasil dari penelitian lebih realistis dan lebih mendalam. Pemilihan dan penentuan metode penelitian ini bertujuan agar hasil dari penelitian lebih baik, efektif, dan efisien.

3.2 Perlengkapan Penelitian

Adapun perlengkapan yang digunakan selama melakukan survei di lapangan dapat dilihat pada daftar perlengkapan di bawah ini :

- a. Alat tulis
- b. Formulir survei kendaraan
- c. Kamera (dari hp)
- d. Laptop
- e. Alat hitung berupa aplikasi (Traffic Counter)
- f. Roda pengukur (meteral roll)
- g. Payung

3.3 Bagan Alur Penelitian

Bagan alur penelitian dibuat dengan tujuan untuk mempermudah dalam memahami masalah dan juga dijadikan acuan kerangka berpikir sebelum dilakukannya penelitian di lapangan. Bagan alur yang dibuat harus sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian yaitu untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal dan juga mengurangi kemacetan di area simpang tiga bersinyal yang berlokasi di Jln. Setiabudi Patung Kuda Diponegoro, Semarang.

Tahapan penelitian di Simpang Tiga Bersinyal di Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang dalam laporan tugas akhir ini akan divisualisasikan melalui sebuah bagan alur pada **Gambar 3.1** berikut :



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

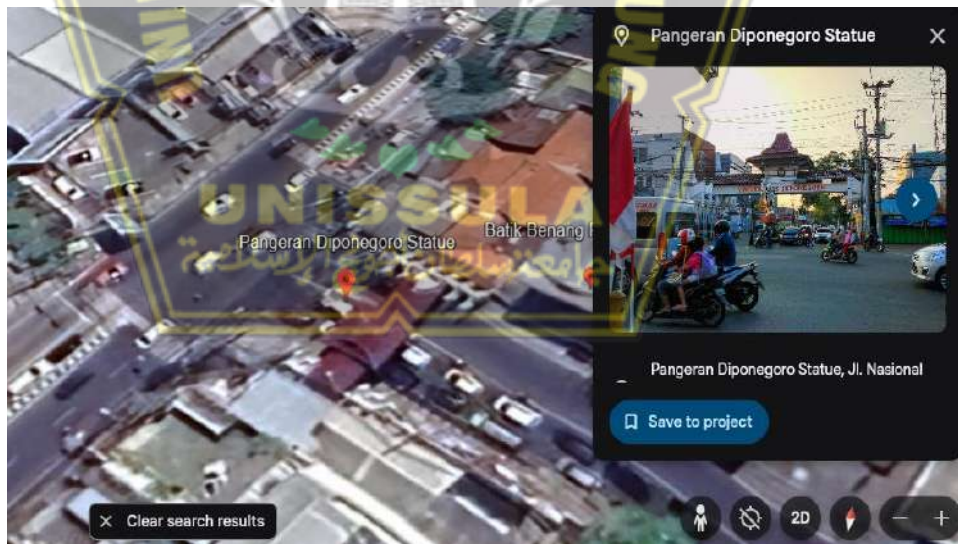
3.4 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi secara langsung di lapangan, survei juga merupakan salah satu metode yang digunakan untuk dapat mengetahui dan mengidentifikasi permasalahan yang ada di lokasi penelitian, permasalahan yang dimaksud mengenai masalah kemacetan atau tingkat efektivitas dari sinyal lalu lintas. Survey pendahuluan mencakup pengumpulan data volume, jenis kendaraan, waktu siklus, geometri simpang, dan juga hambatan samping/aktivitas lingkungan sekitar.

Hasil survey dapat dijadikan sebagai gambaran awal tentang masalah apa saja yang terdapat pada simpang bersinyal. Nantinya hasil survey tersebut akan dicatat dan digunakan dalam membantu penyelesaian laporan tugas akhir.

3.4.1 Lokasi Penelitian

Dalam pembuatan laporan ini penelitian dilakukan di kawasan Tembalang, Kota Semarang. Untuk lebih tepatnya lokasi berada di Jl. Setiabudi Patung Diponegoro, Tembalang, Kota Semarang. Titik koordinat lokasi penelitian berada di -7.055858, 110.431108.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Tugas Akhir

3.5 Studi Pustaka

Dalam proses pembuatan tugas akhir ini penulis melakukan pengumpulan data dan informasi yang meliputi pengertian, rumus – rumus, teori, dan pedoman lainnya. Studi pustaka ini dilakukan untuk menjadi panduan dan pedoman penulis dalam pembuatan tugas akhir, data dan informasi tersebut bersifat terpercaya dan dikumpulkan melalui banyak sumber meliputi buku, jurnal, e-book, maupun ensiklopedia secara langsung maupun digital yang tentu saja mempunyai keterkaitan dan relevan dengan penulisan penelitian ini

3.6 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan untuk menjadi acuan atau kerangka dasar dalam penulisan laporan tugas akhir ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut ini :

3.6.1 Data Primer

Data yang dikumpulkan langsung oleh penulis melalui penelitian lapangan atau survei disebut dengan data primer. Data primer yang diperlukan dalam penulisan laporan tugas akhir ini meliputi data sketsa arus lalu lintas, data kondisi jam puncak, data geometrik jalan, dan data waktu siklus. Penjelasan lebih detail dapat dilihat dibawah ini :

a. Sketsa arus lalu lintas

Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara menggambarkan arah pergerakan kendaraan dari setiap bagian lengan jalan. Nantinya data ini dapat digunakan untuk menganalisis kapasitas simpang.

b. Kondisi jam puncak

Data diperoleh melalui observasi langsung dilapangan, dengan menghitung serta menganalisis jumlah dan jenis kendaraan yang melintasi lokasi penelitian (Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang) selama jam – jam puncak pagi, siang, dan sore.

c. Geometrik jalan

Hasil survey dengan melakukan pemantauan langsung dengan datang ke lokasi kemudian digunakan untuk mengumpulkan data geometrik ini. Dalam proses pengumpulan datanya digunakan bantuan roda pengukur (roll meter) untuk keperluan mengukur lebar lajur, lebar trotoar, dan lebar jalur secara manual.

d. Waktu siklus

Didapat dengan melakukan timer waktu untuk mengetahui durasi lampu lalu lintas baik durasi untuk fase merah, fase hijau, maupun fase kuning. Perhitungan waktu siklus optimal dilakukan untuk meminimalkan total tundaan kendaraan di simpang.

3.6.2 Data Sekunder

Merupakan data yang diperlukan sebagai pendukung data primer dalam proses penyusunan laporan tugas akhir. Data sekunder didapat melalui data yang sudah ada dan sudah pasti kebenarannya.. Untuk penjelasan lebih lanjut sebagai berikut :

a. Data jumlah penduduk

Data ini akan dipakai dalam menentukan faktor ukuran kota dalam perhitungan kapasitas jalan, yang nantinya akan mendukung kelancaran proses penyusunan laporan tugas akhir.

Tabel 3.1 Data Jumlah Penduduk Kota Semarang 2023

Kecamatan	Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin (Jiwa) Tahun 2023	
	Laki - laki	Perempuan
Mijen	44876	45072
Gunung Pati	50310	50442
Banyumanik	70675	72758
Gajah Mungkur	27602	28748
Semarang Selatan	30215	31964
Candisari	37302	38312
Tembalang	98833	100029
Pedurungan	97167	99359
Genuk	66946	65527
Gayamsari	34998	35411
Semarang Timur	32261	34220
Semarang Utara	58194	59693
Semarang Tengah	26438	28775
Semarang Barat	73311	76015

Tugu	16906	16889
Ngaliyan	72403	73092
Kota Semarang	838437	850306

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Semarang

b. Data banyaknya kendaraan bermotor

Data banyaknya kendaraan bermotor diperlukan untuk menghitung pertumbuhan kepemilikan kendaraan bermotor dari tahun ke tahun, memperkirakan pertumbuhan kendaraan tahunan di masa mendatang, memperkirakan kapasitas jalan di tahun – tahun mendatang, dan memperkirakan tingkat kejenuhan suatu kawasan.

Tabel 3.2 Data Jumlah Pertumbuhan Kendaraan Bermotor

Data Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kota Semarang			
Jenis Kendaraan	Tahun		
	2019	2021	2023
Mobil Penumpang	255799	281971	273885
Bus	2949	3539	2875
Truk	75887	78037	87276
Sepeda Motor	1347260	1512234	1553242
Total	1651895	1875781	1917278

Sumber : Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah

3.6.3 Pengolahan dan Penyajian Data

a. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan acuan metode yang telah ditetapkan, menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Berikut merupakan hal yang akan dikaji :

1. Letak dan kondisi lingkungan di Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, Semarang.
2. Jumlah kendaraan yang melewati Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, Semarang.

b. Penyajian Data

Agar mempermudah identifikasi kapasitas dan tingkat pelayanan jalan di Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, analisis data akan dilakukan dengan tahapan berikut ini :

1. Analisa kondisi jalan meliputi :
 - a. Arus jenuh nyata
 - b. Rasio arus jenuh
 - c. Kapasitas jalan
 - d. Derajat kejenuhan
 - e. Panjang antrian
 - f. Kendaraan terhenti
 - g. Tundaan
2. Analisa tingkat pelayanan Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, Semarang.

3.6.4 Analisis Data dan Pembahasan

Nantinya data tersebut akan diolah menjadi data baku untuk mendapat informasi tentang kemampuan kemampuan Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, Semarang dalam melayani arus lalu lintas yang ada.

3.6.5 Penarikan Kesimpulan

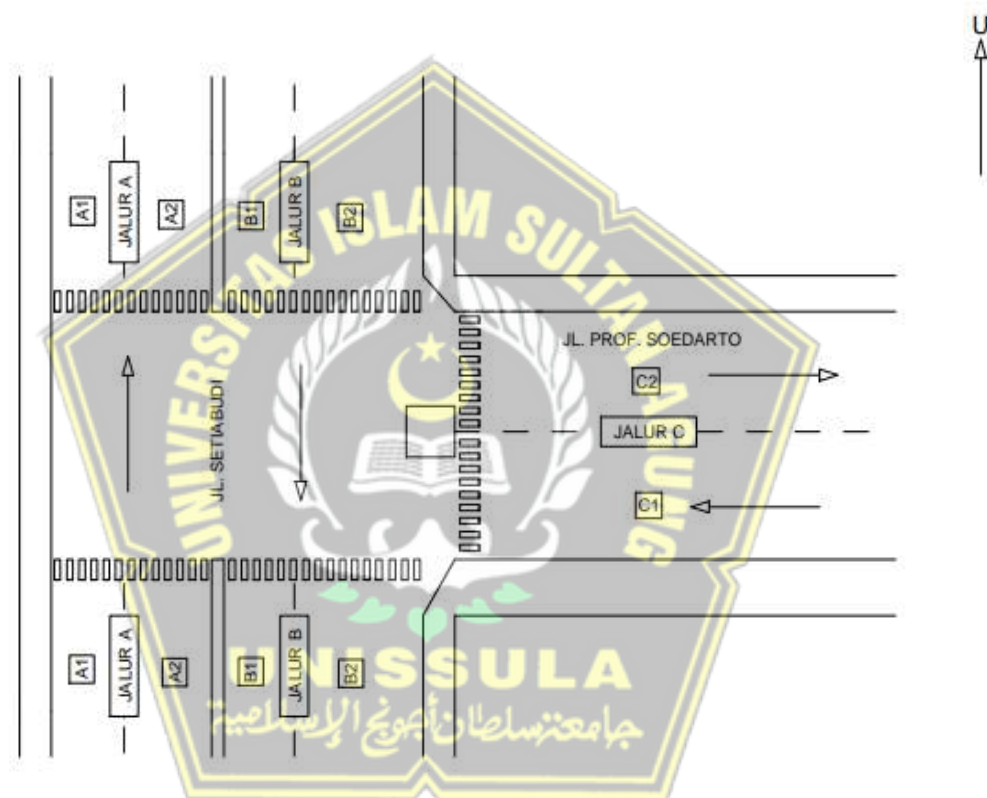
Penarikan kesimpulan dapat dilakukan setelah dilakukannya analisis dan pembahasan terhadap data – data yang ada mencakup data primer dan sekunder yang sudah diolah menjadi data baku. Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh tersebut penulis akan dapat mencoba memberikan saran beserta masukan kepada pihak – pihak terkait dengan harapan dapat memperkecil atau bahkan dapat mengatasi permasalahan yang ada pada Simpang Tiga Bersinyal Jl. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada penelitian ini digunakan data primer yang didapatkan dengan survei langsung di lokasi penelitian. Lokasi pada penelitian ini dilakukan pada Simpang Tiga Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang. Geometrik Simpang Tiga Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang bisa dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Geometrik Simpang Tiga Lokasi Penelitian

4.2 Arus Lalu Lintas

Pengamatan arus lalu lintas dilakukan pada Simpang Tiga Jalan Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang dengan spesifikasi sebagai berikut :

a. Kendaraan Ringan

Kendaraan ringan atau *Light Vehicle (LV)* memiliki nilai emp 1. Kendaraan ini meliputi angkutan, mobil pribadi, bus kecil, mobil *pick up*, dan truk kecil.

b. Kendaraan Berat

Kendaraan berat atau *Heavy Vehicle (HV)* memiliki nilai emp 1,2. Kendaraan ini meliputi truk dump, bus besar, dan truk kontainer.

c. Sepeda Motor

Sepeda motor atau *Motorcycle (MC)* memiliki nilai emp 0,25.

d. Kendaraan Tak Bermotor

Kendaraan tak bermotor atau *Unmotorized* meliputi kendaraan seperti becak dan sepeda. Kendaraan ini menurut MKJI 1997 tidak masuk dalam bagian arus lalu lintas tetapi masuk dalam bagian hambatan samping.

Data didapatkan dari perhitungan secara langsung ke lokasi penelitian dengan bantuan aplikasi *traffic counter*. Perhitungan per 1 jam dilakukan di hari sibuk yaitu hari Senin dan Selasa serta di hari libur yaitu hari Sabtu. Data yang saat ini digunakan adalah data pada jam puncak yaitu pada hari Senin pukul 07.00-08.00 WIB. Data-data jam puncak dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Data Hasil Survei Pada Jam Puncak Arus Lalu Lintas Hari
Senin Pukul 07.00-08.00**

Hari : Senin									
Tanggal : 4 November 2024									
Pukul : 06.00 - 07.00									
Tipe Kendaraan	Pendekat Utara			Pendekat Selatan			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Sepeda Motor (MC)	-	1832	217	706	1929	-	483	-	2017
Kendaraan Ringan (LV)	-	746	91	161	681	-	199	-	810
Kendaraan Berat (HV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hari : Senin									
Tanggal : 4 November 2024									
Pukul : 07.00 - 08.00									
Tipe Kendaraan	Pendekat Utara			Pendekat Selatan			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Sepeda Motor (MC)	-	3955	364	1025	3609	-	673	-	2752
Kendaraan Ringan (LV)	-	1761	155	430	1312	-	249	-	1012
Kendaraan Berat (HV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hari : Senin									
Tanggal : 4 November 2024									
Pukul : 11.00 - 12.00									
Tipe Kendaraan	Pendekat Utara			Pendekat Selatan			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Sepeda Motor (MC)	-	2273	188	551	1129	-	322	-	884
Kendaraan Ringan (LV)	-	831	68	102	733	-	74	-	128
Kendaraan Berat (HV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hari	: Senin								
Tanggal	: 4 November 2024								
Pukul	: 12.00 - 13.00								
Tipe Kendaraan	Pendekat Utara			Pendekat Selatan			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Sepeda Motor (MC)	-	2013	245	428	1762	-	317	-	577
Kendaraan Ringan (LV)	-	1145	81	67	956	-	87	-	192
Kendaraan Berat (HV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hari	: Senin								
Tanggal	: 4 November 2024								
Pukul	: 16.00 - 17.00								
Tipe Kendaraan	Pendekat Utara			Pendekat Selatan			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Sepeda Motor (MC)	-	2587	205	944	2719	-	457	-	1143
Kendaraan Ringan (LV)	-	1591	58	316	1041	-	214	-	937
Kendaraan Berat (HV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hari	: Senin								
Tanggal	: 4 November 2024								
Pukul	: 17.00 - 18.00								
Tipe Kendaraan	Pendekat Utara			Pendekat Selatan			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Sepeda Motor (MC)	-	2466	261	936	2448	-	505	-	1262
Kendaraan Ringan (LV)	-	1284	77	406	1276	-	178	-	847
Kendaraan Berat (HV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.2 Data Survey Arus Lalu Lintas Bermotor Jam Puncak (MV)

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV) Senin Jam 07.00-08.00											
		Kend. Ringan (LV)			Kend. Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor		
		emp Terlindung = 1,0			emp Terlindung = 1,3			emp Terlindung = 0,2			Total		
		emp Terlawan = 1,0			emp Terlawan = 1,3			emp Terlawan = 0,4			MV		
		Kend/Jam	smp/jam		Kend/Jam	smp/jam		Kend/Jam	smp/jam		Kend/Jam	smp/jam	
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan
Utara	LT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ST	1761	1761	1761	-	-	-	3955	791	1582	5716	2552	3343
	RT	155	155	155	-	-	-	364	72,8	145,6	519	227,8	300,6
	Total	1916	1916	1916	-	-	-	4319	863,8	1727,6	6235	2779,8	3643,6
Selatan	LT	430	430	430	-	-	-	1025	205	410	1455	635	840
	ST	1312	1312	1312	-	-	-	3609	721,8	1443,6	4921	2033,8	2755,6
	RT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	1742	1742	1742	-	-	-	4634	926,8	1853,6	6376	2668,8	3595,6
Barat	LT	249	249	249	-	-	-	673	134,6	269,2	922	383,6	518,2
	ST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RT	1012	1012	1012	-	-	-	2752	550,4	1100,8	3764	1562,4	2112,8
	Total	1261	1261	1261	-	-	-	3425	685	1370	4686	1946	2631

4.3 Parameter Perhitungan Persimpangan

Berikut ini adalah parameter perhitungan persimpangan :

1) Arus Lalu Lintas (Q)

Untuk menghitung nilai arus lalu lintas (Q) yaitu digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = LV + (HV \times emp) + (MC \times emp)$$

2) Perhitungan Arus Jenuh Dasar (So)

Untuk mencari nilai perhitungan arus jenuh dasar (So) digunakan rumus sebagai berikut :

$$So = 600 \times We$$

- Pendekat Utara

$$\begin{aligned} So &= 600 \times We \\ &= 600 \times 6,6 \\ &= 3960 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} So &= 600 \times We \\ &= 600 \times 8,2 \\ &= 4920 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- Pendekat Barat

$$\begin{aligned} So &= 600 \times We \\ &= 600 \times 4,7 \\ &= 2820 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Arus Jenuh (So)

Pendekat	We (m)	So (smp/jam)
Utara	6,6	3960
Selatan	8,2	4920
Barat	4,7	2820

3) Nilai Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Jumlah penduduk Kota Semarang Tahun 2023 sekitar 1.688.743 jiwa. Dalam MKJI 1997 nilai Fcs dari Kota Semarang adalah 1.

4) Nilai Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf})

Pada nilai faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf}) ini meliputi kendaraan melambat, pejalan kaki, kendaraan berhenti dan kendaraan keluar atau masuk pada sisi jalan.

5) Nilai Faktor Kelandaian (F_G)

Untuk simpang tiga ini tidak memiliki kelandaian. Nilai faktor kelandaian persimpangan ini dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah.

Tabel 4.4 Nilai Faktor Kelandaian (F_G)

Pendekat	Kelandaian +/- %	F _G
Utara	0	1
Selatan	0	1
Barat	0	1

6) Nilai Faktor Penyesuaian Parkir (F_p)

Pada persimpangan ini tidak memiliki area parkir pada sisi-sisi jalan. Sesuai pada MKJI 1997 nilai faktor penyesuaian parkir pada persimpangan ini adalah 1.

7) Penentu Nilai Rasio Belok Kanan (P_{RT})

Untuk mencari penentu nilai rasio belok kanan (P_{RT}) menggunakan rumus :

$$P_{RT} = \frac{Q_{RT} \text{ (smp/jam)}}{Q_{tot} \text{ (smp/jam)}}$$

$$P_{RT} = \frac{1562,4}{1946} \\ = 0,8$$

8) Penentu Nilai Rasio Belok Kiri (P_{LT})

Untuk mencari penentu nilai rasio belok kanan (P_{LT}) menggunakan rumus :

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT} \text{ (smp/jam)}}{Q_{tot} \text{ (smp/jam)}}$$

$$P_{LT} = \frac{383,6}{1946} \\ = 0,2$$

9) Penentu Nilai Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

Untuk mencari nilai faktor penyesuaian belok kanan (FRT) menggunakan

rumus :

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26$$

$$\begin{aligned} FRT &= 1,0 + PRT \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,8 \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,208 \\ &= 1,208 \end{aligned}$$

10) Penentu Nilai Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FLT)

Untuk mencari nilai faktor penyesuaian belok kanan (FLT) menggunakan

rumus :

$$FLT = 1,0 - PLT \times 0,16$$

$$\begin{aligned} FLT &= 1,0 - PLT \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,2 \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,032 \\ &= 0,968 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Hasil Nilai Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

Pendekat	QRT	Q _{TOT}	PRT	FRT
Utara	227,8	2779,8	0,08	1,0208
Selatan	-	2668,8	-	1
Barat	1562,4	1946	0,8	1,208

Tabel 4.6 Hasil Nilai Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FLT)

Pendekat	QLT	Q _{TOT}	PLT	FLT
Utara	-	2779,8	-	1
Selatan	635	2668,8	0,24	0,9616
Barat	383,6	1946	0,2	0,968

11) Arus Sesungguhnya (S)

Untuk mencari nilai arus sesungguhnya (S) digunakan rumus sebagai

berikut :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times FRT \times FLT$$

Hasil perhitungan dari arus sesungguhnya (S) dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.7 Hasil Nilai Arus Sesungguhnya (S)

Pendekat	So (smp/jam)	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S (smp/jam)
Utara	3960	1	1	1	1	1,0208	1	4042,4
Selatan	4920	1	1	1	1	1	0,9616	4731,072
Barat	2820	1	1	1	1	1,208	0,968	3297,55

12) Lost Time (LT)

Untuk mencari nilai lost time (LT) menggunakan rumus dibawah ini :

$$LT = \Sigma IG$$

Keterangan :

IG = Waktu Antar Hijau

Sebelum mencari nilai lost time (LT) terlebih dahulu untuk mengetahui nilai IG. Perhitungan lost time dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai Lost Time (LT)

No	Pendekat	Lebar Jalan	Satuan
1	Utara	6,6	Meter
2	Selatan	8,2	Meter
3	Barat	9,7	Meter
	Rata-Rata	8,16	Meter
	Jumlah Fase	3	
	IG Per Fase	6	Detik
	LT (ΣIG) . (Detik)	18	Detik

13) Rasio Arus Simpang $\Sigma(FR_{CRIT})$

Untuk mencari rasio arus simpang $\Sigma(FR_{CRIT})$ menggunakan rumus :

$$IFR = Q/S$$

Hasil perhitungan rasio arus simpang dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah :

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rasio Arus Simpang $\Sigma(FR_{CRIT})$

Pendekat	Q (smp/jam)	S (smp/jam)	FR
Utara	2779,8	4042,4	0,687
Selatan	2668,8	4731,072	0,564
Barat	1946	3297,55	0,590
Total $\Sigma(FR_{CRIT})$			1,841

$$\begin{aligned}
 IFR &= Q_{TOT} / S_{TOT} \\
 &= 7394,6 / 12071,02 \\
 &= 0,61
 \end{aligned}$$

14) Perhitungan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (c)

Untuk mencari waktu siklus sebelum penyesuaian (c) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$c = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

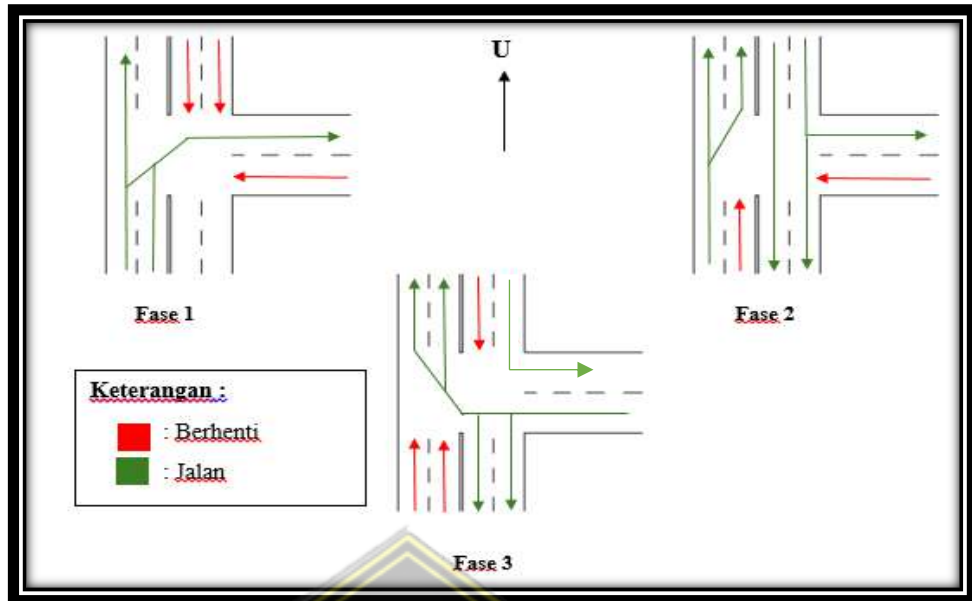
Sebelumnya ditentukan terlebih dulu nilai dari LTI sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 LTI &= \text{Total Semua Merah} + \text{Warna Kuning} \\
 &= 9 + 3 \\
 &= 12 \text{ Detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \\
 &= (1,5 \times 12 + 5) / (1 - 0,61) \\
 &= (23) / (0,39) \\
 &= 58,97 \text{ Detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Data Waktu Sinyal

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	Semua Merah	
Utara	31	3	67	3	104
Selatan	33	3	65	3	104
Barat	22	3	76	3	104



Gambar 4.2 Fase Waktu Sinyal

14) Waktu Hijau

Untuk data waktu hijau pada setiap fase dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini :

Tabel 4.11 Data Waktu Hijau

Pendekat	Waktu Hijau
Utara	31
Selatan	33
Barat	22

- $$g_{iU} = (C - LTI) \times FR / \Sigma FR_{CRIT}$$

$$= (58,97 - 12) \times 0,687 / 1,841$$

$$= 17,53 \text{ Detik}$$
- $$g_{iS} = (C - LTI) \times FR / \Sigma FR_{CRIT}$$

$$= (58,97 - 12) \times 0,564 / 1,841$$

$$= 14,39 \text{ Detik}$$
- $$g_{iB} = (C - LTI) \times FR / \Sigma FR_{CRIT}$$

$$= (58,97 - 12) \times 0,590 / 1,841$$

$$= 15,05 \text{ Detik}$$

- $$g_{iTOTAL} = 17,53 + 14,39 + 15,05$$

$$= 46,97 \text{ Detik}$$

15) Perhitungan Kapasitas (C)

Untuk menghitung kapasitas (C) dengan menggunakan rumus :

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

Sebelumnya harus terlebih dahulu diketahui nilai dari waktu siklus yang disesuaikan (c) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$c = g_{iTOTAL} + LTI$$

$$= 46,97 + 12$$

$$= 58,97$$

Perhitungan Kapasitas (C) sebagai berikut :

- $$C_{UTARA} = S \times (g_{iTOTAL} / c)$$

$$= 4042,4 \times (46,97 / 58,97)$$

$$= 3219,8 \text{ smp/jam}$$
- $$C_{SELATAN} = S \times (g_{iTOTAL} / c)$$

$$= 4731,072 \times (46,97 / 58,97)$$

$$= 3768,33 \text{ smp/jam}$$
- $$C_{BARAT} = S \times (g_{iTOTAL} / c)$$

$$= 3297,55 \times (46,97 / 58,97)$$

$$= 2626,52 \text{ smp/jam}$$

16) Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk mencari derajat kejenuhan (DS) menggunakan rumus :

$$DS = \frac{Q_{TOTAL}}{C}$$

Berikut ini dapat dilihat pada tabel 4.12 hasil dari perhitungan derajat kejenuhan (DS) :

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)

Pendekat	Q	C	DS
Utara	2779,8	3219,8	0,86
Selatan	2668,8	3768,33	0,7
Barat	1946	2626,52	0,74

17) Rasio Hijau (GR)

Rumus yang dipakai dalam menghitung rasio hijau (GR) adalah sebagai berikut :

$$GR = \frac{g}{c}$$

Diketahui :

g = Waktu Hijau

c = Waktu Siklus

- $GR_{UTARA} = \frac{g}{c}$
 $= \frac{31}{104}$
 $= 0,3$

- $GR_{SELATAN} = \frac{g}{c}$
 $= \frac{33}{104}$
 $= 0,32$

- $GR_{BARAT} = \frac{g}{c}$
 $= \frac{22}{104}$
 $= 0,21$

18) Panjang Antrian (NQ)

- Pendekat Utara

Diketahui :

NQ = Sisa jumlah smp fase sebelumnya

C = Kapasitas

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio Hijau

c = Waktu Siklus

$$\begin{aligned} NQ1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\ &= 0,25 \times 3219,8 \times \left[(0,86 - 1) + \sqrt{(0,86 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,86 - 0,5)}{3219,8}} \right] \\ &= 2,56 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ2 &= c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 104 \times \frac{1-0,31}{1-0,31 \times 0,86} \times \frac{2779,8}{3600} \\
 &= 75,76 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_{TOTAL} &= NQ1 + NQ2 \\
 &= 2,56 + 75,76 \\
 &= 78,32 \text{ smp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 QL &= \frac{NQ_{TOTAL} \times 20}{W_{MASUK}} \\
 &= \frac{78,32 \times 20}{6,6} \\
 &= 237,3 \text{ Meter}
 \end{aligned}$$

- Pendekat Selatan

Diketahui :

NQ = Sisa jumlah smp fase sebelumnya

C = Kapasitas

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio Hijau

c = Waktu Siklus

$$\begin{aligned}
 NQ1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\
 &= 0,25 \times 3768,33 \times \left[(0,7 - 1) + \sqrt{(0,7 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,7 - 0,5)}{3768,33}} \right] \\
 &= 0,66 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ2 &= c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 104 \times \frac{1-0,33}{1-0,33 \times 0,7} \times \frac{2668,8}{3600} \\
 &= 67,56 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_{TOTAL} &= NQ1 + NQ2 \\
 &= 0,66 + 67,56 \\
 &= 68,22 \text{ smp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 QL &= \frac{NQ_{TOTAL} \times 20}{W_{MASUK}} \\
 &= \frac{68,22 \times 20}{8,2} \\
 &= 166,4 \text{ Meter}
 \end{aligned}$$

- Pendekat Barat

Diketahui :

NQ = Sisa jumlah smp fase sebelumnya

C = Kapasitas

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio Hijau

c = Waktu Siklus

$$\begin{aligned} NQ1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\ &= 0,25 \times 2626,52 \times \left[(0,74 - 1) + \sqrt{(0,74 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,74 - 0,5)}{2626,52}} \right] \\ &= 0,88 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NQ2 &= c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\ &= 104 \times \frac{1-0,22}{1-0,22 \times 0,74} \times \frac{1946}{3600} \\ &= 52,58 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$NQ_{TOTAL} = NQ1 + NQ2$$

$$= 0,88 + 52,58$$

$$= 53,46 \text{ smp}$$

$$QL = \frac{NQ_{TOTAL} \times 20}{W_{MASUK}}$$

$$= \frac{53,46 \times 20}{4,7}$$

$$= 227,5 \text{ Meter}$$

19) Tundaan (DT)

Untuk menghitung nilai tundaan (DT) menggunakan rumus :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

- Pendekat Utara

$$\begin{aligned} DT &= c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\ &= 104 \times \frac{0,5 \times (1-0,31)^2}{(1-0,31 \times 0,86)} + \frac{2,56 \times 3600}{3219,8} \\ &= 37,2 \text{ Detik} \end{aligned}$$

- Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 DT &= c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\
 &= 104 \times \frac{0,5 \times (1-0,33)^2}{(1-0,33 \times 0,7)} + \frac{0,66 \times 3600}{3768,33} \\
 &= 31,61 \text{ Detik}
 \end{aligned}$$

- Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 DT &= c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\
 &= 104 \times \frac{0,5 \times (1-0,22)^2}{(1-0,22 \times 0,74)} + \frac{0,88 \times 3600}{2626,52} \\
 &= 39,63 \text{ Detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tundaan (DT) diatas diperoleh hasil perhitungan serta indeks tingkat pelayanan kinerja simpang bersinyal pada jam puncak yaitu hari Senin pukul 07.00-08.00. Untuk hasil perhitungan dan indeks tingkat pelayanan dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Tundaan (DT) dan Indeks Tingkat Pelayanan

Pendekat	DS	QL	DT	Tingkat Pelayanan
Utara	0,86	237,3 m	37,2 dtk	D
Selatan	0,7	166,4 m	31,61 dtk	D
Barat	0,74	227,5 m	39,63 dtk	D

4.4 Manajemen Lalu Lintas Kapasitas Jalan Terhadap Kendaraan

Dalam langkah pemeliharaan suatu persimpangan, bila suatu jalan sudah mencapai atau melampaui kapasitasnya dan juga kapasitas jalan tersebut sudah padat dan sering terdapat tundaan yang panjang perlu adanya suatu manajemen baru. Menurut Alfian. DC, dkk. (2014) jika tingkat pelayanan jalan (*Level Of Service*) atau LOS > C, maka diperlukan suatu manajemen lalu lintas guna mengatur pergerakan lalu lintas di suatu persimpangan. Manajemen lalu lintas dapat dilakukan dengan beberapa cara baik dengan merubah fisik persimpangan maupun tanpa merubah fisik persimpangan (non fisik). Oleh karena itu beberapa manajemen pengaturan

lalu lintas yang dapat diterapkan di Simpang Tiga Bersinyal, Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalan adalah sebagai berikut :

- a. Dapat melakukan pemeliharaan dan pembangunan jalan dengan menggunakan dasar Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, guna mengurangi kemacetan serta menambah kemampuan kapasitas jalan untuk dapat menampung volume kendaraan yang lebih besar. Bertujuan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi di wilayah yang sudah berkembang agar pertumbuhannya tidak terhambat oleh kurang memadainya prasarana transportasi jalan.
- b. Menerapkan sistem prioritas, dengan memberikan prioritas kepada jalur utama yang mempunyai volume lalu lintas lebih tinggi. Dalam kasus ini untuk jalan arah Semarang Kota (arah utara) dan jalan arah Ungaran (arah selatan) dapat ditambah durasi lampu hijau.
- c. Bisa dicoba dengan melakukan pembatasan akses dan pengaturan lalu lintas, misal dengan cara melakukan buka tutup jalan pada jam sibuk dan juga membatasi jam kerja pada kendaraan besar yang memakan banyak badan jalan.

4.5 Solusi Untuk Mengatasi Kepadatan Kendaraan

Untuk mengatasi kepadatan kendaraan dan tundaan yang panjang di Simpang Tiga Bersinyal, Jln Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, dapat dilakukan dengan beberapa cara atau solusi berikut ini :

- a. Meningkatkan kapasitas simpang dengan cara melakukan pelebaran jalan sehingga dapat memperkecil dan mengurangi panjangnya tundaan yang terjadi di Simpang Tiga.
- b. Mengatur ulang waktu sinyal lalu lintas dengan membuat lampu lalu lintas lebih adaptif, seperti memperpanjang durasi lampu hijau saat jam sibuk untuk arah dengan volume kendaraan yang tinggi.
- c. Meningkatkan kesadaran pengguna jalan sehingga dapat meminimalisir adanya hambatan samping yang mengganggu kelancaran arus lalu lintas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja simpang tiga bersinyal di Jln. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, didapatkan hasil derajat kejenuhan secara rata – rata sebesar 0,76 yang berarti ruas jalan tersebut masuk dalam kategori tingkat pelayanan D (0,75 – 0,84). Tingkat pelayanan D adalah kondisi arus lalu lintas mendekati tidak stabil, dimana kecepatan operasi mulai menurun relatif cepat akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil.
2. Simpang tiga Jln. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang mengalami kepadatan volume kendaraan yang sangat tinggi, terutama saat jam-jam sibuk. Puncak arus lalu lintas terjadi pada hari Senin pagi, antara pukul 07.00-08.00 dengan panjang antian antara 166,4 m – 227,5 m dengan nilai tundaan tertinggi selama 39,63 detik, kepadatan jalan di dominasi oleh kendaraan bermotor dan kendaraan ringan.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada simpang tiga bersinyal Jln. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang, maka kami dapat memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Diperlukan perhatian yang lebih mendalam mengenai pengaturan dan manajemen lalu lintas pada simpang tiga bersinyal Jln. Setiabudi Patung Diponegoro Tembalang.
2. Untuk mengurangi kepadatan lalu lintas, dapat dipasang rambu lalu lintas yang melarang kendaraan berhenti atau memarkirkan kendaraannya di pinggir jalan mendekati simpang.
3. Menerapkan sistem prioritas, dengan memberikan prioritas kepada jalur utama yang mempunyai volume lalu lintas lebih tinggi. Dalam kasus ini untuk jalan arah Semarang Kota (arah utara) dan jalan arah Ungaran (arah selatan) dapat ditambah durasi lampu hijaunya.

4. Dapat mencoba opsi buka tutup jalan pada saat jam – jam sibuk dan mencoba memberlakukan aturan jam kerja bagi kendaraan – kendaraan besar yang memenuhi jalan.
5. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai kinerja simpang pada lebih banyak lokasi agar seluruh jaringan jalan dapat terhubung dan terkoordinasi dengan lebih baik, efisien, dan efektif



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2024, April). *Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin (Jiwa)*. <https://semarangkota.bps.go.id/indicator/12/78/1/jumlah-penduduk-menurut-jenis-kelamin.html>.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2024, April). *Luas Wilayah, Jumlah Penduduk, dan Kepadatan Penduduk (Jiwa/km²), 2020-2022*. <https://semarangkota.bps.go.id/indicator/12/48/1/kepadatan-penduduk.html>.
- Direktorat Jenderal Bina Marga dan Direktorat Bina Jalan Kota. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. PT Bina Karya (Persero).
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. (2006). *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*. Biro Hukum Kementrian Perhubungan.
- Mudiyono, R., Anindyawati, N. (2017). *Analisis Kinerja Ruas Jalan Majapahit Kota Semarang (Studi Kasus : Segmen Jalan Depan Kantor Pegadaian Sampai Jembatan Tol Gayamsari)*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dalam Pengembangan SmartCity Vol. 01, No. 01.
- Yunus, M., Mirajhusnita, I., Mudiyono, R., & Poedjiastoeti, H. (2020). *The Analysis of Traffic Delay And Queue due to the Shunting Activities of Pertamina Train of Tegal City*. Jurnal JACEE (*Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*) Vol. 03, No. 02, 83 – 93.
- Hendriyani, I., & Sugiarto, R. E. (2016). *Analisa Kinerja Simpang Tiga Tugu Matilda Balikpapan*. Jurnal TRANSUKMA Vol. 02, No. 01, Desember 2016 ISSN cetak 2502 – 1028, 75 – 83.

- Rezinia. C., & Asriani, v. I. (2017). *Analisa Simpang Tiga Bersinyal Jalan Majapahit – Tol Gayamsari Semarang*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Ilham, I. (2022). *Analisis Simpang Tiga Bersinyal Pada Tugu Adipura Kota Payakumbuh Dengan Metode MKJI 1997*. (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat).
- Asianto, H., Rusmin, M., Widodo, S., & Saputra, A. (2023). *Analisis Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Dengan Menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (Studi Kasus : Simpang Tiga Bersinyal Jl. Basuki Rahmat – Jl. Sungai Maruni Kota Sorong)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS) Vol. 02, No. 01, 037 – 045, Januari 2023.
- Pramudita, A. I., & Pramesti, M. K., (2023). *Analisis Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Tentara Pelajar – Kedung Mundu Semarang)*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Huda, M. N., & Wafa, N. (2017). *Analisa Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus : Jln Kudus – Jepara, Jln Damaran – Pacangan, Jln Lingkar Baru dan Jln Lingkar Utara Kudus)*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Saputra, W. R., & Irawan, W. A. (2022). *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Segmen Jalan Soekarno Hatta Depan SPBU Pertamina Masjid Agung Semarang*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Ferdian, D., & Ramadhan, F. (2023). *Analisa Kinerja Pada Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997 (Studi Kasus : Simpang Empat Jati Raya, Banyumanik, Semarang, Jawa Tengah)*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).

Rohmah, A., & Julianty, N. (2017). *Analisa Kinerja Simpang Lima Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Soekarno Hatta Tlogosari Semarang)*. (Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).

