

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
DENGAN *SOTFWARE PTV VISSIM*
(STUDI KASUS : SIMPANG EMPAT KOTA TEBING TINGGI)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

**INDAH SARI
71210913010**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
DENGAN *SOTFWARE PTV VISSIM*
(STUDI KASUS : SIMPANG EMPAT KOTA TEBING TINGGI)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

**INDAH SARI
71210913010**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Marwan Lubis, MT)

(Ir. M. Husni Malik Hsb, ST., MT)

Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Ir. Hj. Jupriah Sarifah, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.3 Simpang	7
2.3.1 Jenis Simpang	7
2.3.2 Tipe Simpang.....	8
2.4 Simpang APILL	9
2.5 Kinerja Simpang APILL	11
2.6 Tipe Pendekat.....	12
2.7 Lebar Pendekat Efektif	13
2.8 Arus Lalu Lintas	14
2.9 Arus Jenuh	15
2.9.1 Arus Jenuh Dasar	15
2.9.2 Faktor koreksi ukuran kota	16
2.9.3 Faktor koreksi hambatan samping	16
2.9.4 Faktor koreksi kelandaian	18
2.9.5 Faktor koreksi parkir.....	18
2.9.6 Faktor koreksi belok kanan	19
2.9.7 Faktor koreksi belok kiri	19
2.10 Rasio Arus terhadap Arus Jenuh.....	19
2.11 Penentuan Waktu Sinyal	20
2.12 Kapasitas	22
2.13 Derajat Kejenuhan	23

2.14	Perilaku Lalu Lintas	23
2.14.1	Panjang Antrean.....	23
2.14.2	Rasio Kendaraan Terhenti.....	25
2.15	Pemodelan Lalu Lintas denga <i>Software</i> PTV. VISSIMi.....	27
2.16	Kalibrasi dan Validasi <i>Software</i> PTV VISSIM.....	28
2.16.1	Uji GEH	28
2.16.2	Uji MAPE	29
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1	Lokasi Penelitian.....	31
3.2	Waktu Penelitian.....	31
3.3	Tahapan Pengumpulan Data	32
3.4	Instrumen Penelitian	34
3.5	Analisa Data.....	34
3.6	Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV	ANALISA DATA.....	36
4.1	Data Hasil Pengamatan	36
4.1.1	Data Geometrik Simpang.....	36
4.1.2	Data Volume Lalu Lintas	37
4.1.3	Data Siklus dan Fase Simpang.....	40
4.1.4	Data Kecepatan Kendaraan	40
4.1.5	Driving Behavior.....	41
4.1.6	Panjang Antrean	43
4.2	Data Sekunder	44
4.2.1	Data Lokasi Penelitian	44
4.2.2	Data Jumlah Penduduk Kota Tebing Tinggi	44
4.3	Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan PKJI 2023	44
4.3.1	Formulir SA-I.....	45
4.3.2	Formulir SA-II	46
4.3.3	Formulir SA-III	48
4.3.4	Formulir SA-IV.....	49
4.3.5	Formulir SA-V	54
4.4	Pemodelan Lalu Lintas dengan <i>Software</i> PTV. VISSIM.....	58
4.4.1	Pengaturan Network Development	58
4.4.2	Input Background.....	58
4.4.3	Pembuatan Jaringan Jalan	59
4.4.4	Penentuan Jenis Kendaraan.....	60
4.4.5	Input Volume Kendaraan	62
4.4.6	Mengatur Kecepatan	62

4.4.7 Mengatur Komposisi Kendaraan	65
4.4.8 Mengatur Sinyal Lalu Lintas.....	67
4.4.9 Membuat Nodes Area	70
4.4.10 Running Simulasi.....	70
4.5 Kalibrasi dan Validasi.....	70
4.6 Perbandingan Analisis antara PKJI 2023 dengan Software PTV VISSIM.....	75
4.6.1 Perbandingan Panjang Antrean.....	75
4.6.2 Perbandingan Tundaan.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe Simpang	8
Tabel 2.2 Klasifikasi Tundaan	11
Tabel 2.3 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)	15
Tabel 2.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})	16
Tabel 2.5 Faktor Hambatan Sampung.....	16
Tabel 2.6 Pembobotan Hambatan Sampung.....	17
Tabel 2.7 Kriteria Kelas Hambatan Sampung	17
Tabel 2.8 Waktu Siklus (s) yang Layak	21
Tabel 2.9 Ketentuan Nilai <i>Error</i> Rumus Statistik <i>Geoffery E. Havers</i>	29
Tabel 2.9 Kesimpulan Uji MAPE	30
Tabel 3.1 Data Penelitian	31
Tabel 4.1 Data Geometrik Simpang Empat Kota Tebing Tinggi.....	36
Tabel 4.2 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang Empat Kota Tebing Tinggi	36
Tabel 4.3 Data Waktu Siklus dan Fase Simpang.....	39
Tabel 4.4 Data Kecepatan Kendaraan.....	39
Tabel 4.5 Data Driving Behavior	41
Tabel 4.6 Data Panjang Antrean	44
Tabel 4.7 Kecepatan Sepeda Motor pada Jl. Jend. Sudirman	63
Tabel 4.8 Kecepatan Mobil Penumpang pada Jl. Jend. Sudirman	63
Tabel 4.9 Kecepatan Kendaraan Sedang (KS) pada Jl. Jend. Sudirman.....	63
Tabel 4.10 Data Komposisi Kendaraan	66
Tabel 4.11 Data Komposisi Kendaraan Total.....	66
Tabel 4.12 Trial and Error pada Kalibrasi	71
Tabel 4.13 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Volume	73
Tabel 4.14 Hasil Output Tundaan Eksisting Simpang Empat Kota Tebing Tinggi	74
Tabel 4.15 Hasil Output Panjang Antrean Eksisting Simpang Empat Kota Tebing Tinggi.....	74
Tabel 4.16 Hasil Uji MAPE.....	75

Tabel 4.17 Panjang Antrean Simpang Empat Kota Tebing Tinggi	75
Tabel 4.18 Tundaan Simpang Empat Kota Tebing Tinggi	76
Tabel 4.19 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang Empat Kota Tebing Tinggi.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konflik primer dan konflik sekunder pada simpang 4 lengan	9
Gambar 2.2 Urutan waktu menyala isyarat pada pengaturan APILL dua fase.....	10
Gambar 2.3 Penentuan Tipe Pendekat	12
Gambar 2.4 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas	13
Gambar 2.5 Korekasi kelandaian (FG)	18
Gambar 2.6 Jumlah Antrean Maksimum Akibat Overloading	25
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	30
Gambar 3.2 diagram alir penelitian.....	34
Gambar 4.1 Kondisi Geometrik Simpang Empat Kota Tebing Tinggi.....	35
Gambar 4.2 Distribusi Volume	37
Gambar 4.3 Grafik Data Volume Simpang Empat Kota Tebing Tinggi Hari Senin	38
Gambar 4.4 Grafik Data Volume Simpang Empat Kota Tebing Tinggi Hari Sabtu	38
Gambar 4.5 Formulir SA-I.....	45
Gambar 4.6 Formulir SA-II	47
Gambar 4.7 Formulir SA-III	48
Gambar 4.8 Formulir SA-IV	49
Gambar 4.9 Formulir SA-V	54
Gambar 4.10 Vehicle Behavior.....	58
Gambar 4.11 Input Background.....	59
Gambar 4.12 Pembuatan Link.....	60
Gambar 4.13 Pembuatan Connector	60
Gambar 4.14 Penentuan Jenis Kendaraan.....	61
Gambar 4.15 Tahap lanjutan Penentuan Jenis Kendaraan	61
Gambar 4.16 Vehicle Input.....	62
Gambar 4.17 Grafik Kecepatan Sepeda Motor (SM).....	64
Gambar 4.18 Grafik kecepatan Mobil Penumpang (MP)	64
Gambar 4.19 Grafik kecepatan Kendaraan Sedang (KS).....	65
Gambar 4.20 Input Kecepatan	65
Gambar 4.21 <i>Vehicle composition</i>	67

Gambar 4.22 Signal Controller	68
Gambar 4.23 Signal Group	68
Gambar 4.24 Intergreen	69
Gambar 4.25 Signal Head	69
Gambar 4.26 Kondisi Sebelum Kalibrasi	72
Gambar 4.27 Kondisi Setelah Kalibrasi.....	72
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Output Panjang Antrean Simpang Empat Kota Tebing Tinggi.....	76
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Output Tundaan Antrean Simpang Empat Kota Tebing Tinggi.....	77

DAFTAR NOTASI

APILL	: Alat pemberi Isyarat Lalu Lintas
A_H	: Angka Henti
B_{KA}	: Arus kendaraan belok kanan
B_{KI}	: Arus kendaraan belok kiri
B_{KIJT}	: Arus kendaraan belok kiri jalan terus
C	: Kapasitas
C_0	: Kapasitas Dasar
det	: Detik
D_j	: Derajat Kejenuhan
EMP	: Ekuivalensi Mobil Penumpang
F_{BKA}	: Faktor koreksi belok kanan
F_{BKI}	: Faktor koreksi belok kiri
F_{HS}	: Faktor Hambatan Samping
F_{UK}	: Faktor Ukuran Kota
F_P	: Faktor Parkir
F_G	: Faktor Kelandaian
GEH	: Geoffery E. Havers (Validasi dengan persamaan GEH)
J	: Arus Jenuh
J_0	: Arus Jenuh Dasar
Kend	: Kendaraan
Km	: Kilo Meter
KS	: Kendaraan Sedang
KTB	: Kendaraan tak bermotor
L_{BKIJT}	: Lebar belok kiri jalan terus
L_E	: Lebar efektif pendekat
L_{HRT}	: Lalu lintas harian rata-ratatahunan
L_K	: Lebar keluar
L_M	: Lebar masuk
LOS	: <i>Level of service</i>
L_{RS}	: Arus kendaraan lurus

M	: Meter
MAPE	: <i>Mean absolute percentage error</i>
MKJI	: Manual kapasitas jalan Indonesia
MP	: Mobil penumpang
N_{KH}	: Jumlah rata-rata kendaraan berhenti
N_q	: Jumlah rata-rata antrean kendaraan
N_{q1}	:Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
N_{q2}	: Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam selama fase merah
N_{Qmax}	: Jumlah antrean kendaraan maksimal
P_A	: Panjang antrean
P_B	: Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekatan
PKJI	: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
P_{OL}	: Panjang otomatis laju
PTV VISSIM	: <i>Planning Transportasi Verkher in Stadten Simulations Model</i>
q	:Arus lalu lintas
q_{JP}	: Arus lalu lintas jam perencanaan
$R_{A/S}$: Rasio arus simpang APILL
R_{BKA}	: Rasio kendaraan belok kanan
R_{Bki}	:Rasio kendaraan belok kiri
R_{BKIJT}	: Rasio kendaraan belok kiri jalan terus
RF	: Rasio fase
R_H	: Rasio Hijau
R_{KH}	: Rasio Kendaraan terhenti
$R_{q/J}$: Rasio Arus terhadap Arus Jenuh
s	: Waktu siklus
Sbs	: Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian
SM	: Sepeda Motor
SMP	: Satuan Mobil Penumpang
T	: Tundaan

T_G	: Tundaan Geometri
T_{LL}	: Tundaan Lalu lintas
W_{AH}	: Waktu Antar Hijau
W_{HH}	: Waktu Hilang Hijau total
W_{Hi}	: Waktu Hijau pada fase i
W_K	: Waktu isyarat Kuning
W_M	: Waktu isyarat Merah
W_{MS}	: Waktu isyarat Merah Semua

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Simpang adalah titik bertemunya arus kendaraan dari beberapa ruas jalan yang berbeda, simpang memiliki fungsi sebagai tempat kendaraan melakukan perubahan arah pergerakan lalu lintas. Tingkat pergerakan yang beragam dari berbagai jenis kendaraan dapat mengakibatkan antrian yang cukup besar sehingga waktu dan biaya perjalanan akan menjadi lebih tinggi. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan hingga persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan. Dengan terjadinya pertemuan berbagai arus kendaraan tersebut, tentunya akan terjadi berbagai konflik arus lalu lintas kendaraan dan resiko terjadinya kecelakaan akan meningkat

Kemacetan lalu lintas, terutama yang terjadi di daerah perkotaan adalah peristiwa yang umum dialami, yang menimbulkan dampak negatif (eksternalitas negatif). Kemacetan lalu lintas tidak mungkin dielakkan dalam setiap hari kerja di kota-kota besar. Eksternalitas negatif lainnya adalah pencemaran (polusi) udara dan kebisingan suara kendaraan bermotor.

Salah satu penyebab kemacetan lalu lintas adalah terdapatnya persimpangan jalan. Pada umumnya, kemacetan lalu lintas kendaraan bermotor di daerah perkotaan disebabkan karena jumlah kendaraan bermotor (mobil dan sepeda motor) meningkat dari tahun ke tahun dengan tingkat pertumbuhan yang sangat tinggi. Kendaraan mobil penumpang seperti sedan dan mikrolet meningkat dengan laju pertumbuhan sekitar 15 persen per tahun, sepeda motor bertambah sekitar 30 persen, sedangkan pembangunan prasarana jalan baru di daerah perkotaan boleh dikatakan tingkat pertumbuhannya sangat rendah atau tidak mengalami penambahan.

Kemacetan yang terjadi di kota-kota besar merupakan hal biasa, kemacetan merupakan pemandangan yang tak mungkin dihindari pada setiap hari kerja. Disamping kemacetan yang menjemukan, polusi udara yang melelahkan, tak terhindarkan pula, habisnya bahan bakar yang sia-sia. Salah satu penyebab

kemacetan lalu lintas adalah persimpangan jalan, disamping penyebab penyebab seperti tidak tertibnya pemakai jalan dan lain sebagainya. (Adisasmita 2011)

Kota Tebing Tinggi merupakan salah satu kota strategis di Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara yang menjadi titik pertemuan berbagai jalur transportasi, termasuk Jalan lintas Medan – Siantar. Salah satu titik krusial di kota ini adalah simpang empat Masjid Raya yang berada pada persimpangan Jl. Kapten Tandean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Let. Jend. Suprpto – Jl. Ahmad Yani. Simpang ini dilengkapi dengan lampu merah dan menjadi akses utama menuju pusat kota. Kondisi lalu lintas di kawasan tersebut seringkali mengalami kemacetan, terutama pada jam sibuk, akibat volume kendaraan yang tinggi baik dari arah Medan, Siantar, maupun dari dalam Kota Tebing Tinggi itu sendiri.

Fenomena tersebut menunjukkan perlunya dilakukan analisis terhadap kinerja simpang tersebut untuk mengevaluasi efektivitas lampu lalu lintas serta dan desain geometrik simpang. Analisis persimpangan diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat pelayanan lalu lintas serta alternative solusi untuk mengurangi kemacetan yang terjadi.

Dengan alasan diatas, perlu diadakannya studi evaluasi kinerja simpang ini guna menanggulangi kemacetan yang terjadi. Dalam penelitian ini, digunakan simulasi lalulintas dengan *software* PTV Vissim, dengan rencana pengambilan data primer berupa survei yang dilaksanakan selama dua hari pada jam sibuk, nantinya akan dilakukan perbandingan hasil perhitungan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Setelah analisis ini dilakukan, nantinya akan dilakukan perbandingan hasil perhitungan ini dengan pengamatan langsung dan hasil pengamatan langsung di lapangan untuk melihat apakah ada perbedaan yang signifikan.

1.2 Identifikasi Masalah

Setelah mengetahui latar belakang masalah, penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Tingkat kemacetan dan kelancaran di area simpang empat Kota Tebing Tinggi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja lalu lintas simpang bersinyal dengan menggunakan Software Vissim dan PKJI 2023?
2. Bagaimana hasil perbandingan analisis persimpangan dengan Software PTV. Vissim ?

1.4 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, ditentukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisa kinerja simpang dilakukan dengan Software PTV Vissim terhadap nilai volume lalu lintas, panjang antrean kendaraan dan nilai tundaan.
2. Analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).
3. Data yang disimulasikan adalah pada persimpangan Jl. Kapten Tandean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Let. Jend. Suprpto – Jl. Ahmad Yani.

1.5 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kinerja simpang pada persimpangan Jl. Kapten Tandean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Let. Jend. Suprpto – Jl. Ahmad Yani dengan menggunakan software Vissim.
- 2 Untuk mengetahui hasil analisis persimpangan dengan Software vissim.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja simpang bersinyal yang disimulasikan dengan *software* PTV Vissim.
2. Menjadi masukan dan bahan pertimbangan bagi instansi yang terkait untuk mengeluarkan kebijakan yang terkait dengan penelitian ini, yang nantinya dapat

menghasilkan kinerja yang lebih baik pada ruas persimpangan ini khususnya di Kota Tebing Tinggi.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis membaginya dalam 5 Bab. Pembagian ini dimaksudkan untuk mempermudah pembahasan sehingga tulisan ini dapat mudah dimengerti oleh pembaca. Adapun sistematika yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori serta rumus-rumus dari berbagai sumber bacaan yang mendukung analisis permasalahan yang terkait dengan Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, meliputi metode penelitian, teknik pengumpulan data, instrumen penelitian, dan teknik analisa data.

BAB IV ANALISA DATA

Pada bab ini akan dibahas tentang data yang didapat, lalu dianalisa sehingga memperoleh kesimpulan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka berisikan identifikasi mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian yang saat ini dilakukan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian yang telah ada dapat menjadi sumber referensi bagi penulis dalam menyusun laporan ini. Peninjauan terhadap penelitian terdahulu juga difungsikan sebagai pembandingan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya, sehingga dapat dihindari kesamaan dalam metode dan lokasi penelitian.

Beberapa referensi yang digunakan penulis sebagai acuan dalam membuat laporan penelitian ini adalah (Alvian Ariesta et al., 2020), (Alimukti, 2022), (Fazlurrahman 2019), (Felly Misdalena, 2019), dan (Ramzy et al., 2024).

2.2 Penelitian Sebelumnya

(Alvian Ariesta et al., 2020) melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja simpang bersinyal pada Jl. Jendral Ahmad Yani Kota Bekasi dengan menggunakan PKJI 2014, didapat bahwa nilai tingkat pelayanan simpang bersinyal 1 menunjukkan tingkat pelayanan F baik *Weekday* maupun *Weekend* dengan nilai tundaan tertinggi *Weekday* sebesar 1.098 (det/skr) pada jam puncak pagi hari dan *Weekend* sebesar 811 (det/skr) pada jam puncak pagi hari. Pada simpang bersinyal 2 didapat bahwa nilai tingkat pelayanan simpang rata-rata menunjukkan tingkat pelayanan F baik *Weekday* maupun *Weekend* dengan nilai tundaan tertinggi *Weekday* sebesar 366 (det/skr) pada jam puncak pagi hari dan *Weekend* sebesar 166 (det/skr) pada jam puncak pagi hari. Dengan kinerja kedua persimpangan bersinyal yang menunjukkan kondisi jenuh, dilakukan penelitian lanjutan mengenai manajemen lalu lintas pada kedua persimpangan yang menghasilkan alternatif-alternatif guna memperbaiki kinerja kedua persimpangan bersinyal.

(Fazlurrahman & Susilo, 2019) melakukan analisis kemacetan lalu lintas pada simpang bersinyal Ir. H. Juanda – Raya Bogor. Hasil analisis kinerja simpang menggunakan MKJI 1997 didapatkan nilai *Level of Service* sebesar 104.9 detik/smp atau dapat dikategorikan pada nilai F. Alternatif yang digunakan adalah mengurangi tundaan karna kapasitas jalan meningkat dan waktu siklus berkurang,

sedangkan pada alternative kedua akan mengurangi titik konflik yang ada.

(Alimukti, 2022) melakukan penelitian terhadap kinerja simpang bersinyal dengan Software PTV Vissim pada simpang empat Paal 10 Kota Jambi. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa derajat kejenuhan tertinggi terjadi pada jam puncak (10.00-11.00) sebesar 1,218 dengan tundaan 47,99 det/smp dan Indeks Tingkat Pelayanan E. Pendekat Jl. Lingkar Selatan sebesar 1,109 dengan tundaan 48,33 det/smp dan Indeks Tingkat Pelayanan E. Pendekat Jl. Lintas Sumatera (Arah Kota Baru) sebesar 1,026 dengan tundaan 42.84 det/smp dan Indeks Tingkat Pelayanan E. Pendekat Jl. Lingkar Barat 1 sebesar 0,363 dengan tundaan 27,27 det/smp dan Indeks Tingkat Pelayanan D. Adapun alternatif yang dilakukan dengan menurunkan waktu siklus dari 168 detik menjadi 153 detik dan meningkatkan lama waktu hijau.

(Felly Misdalena, 2019) melakukan evaluasi terhadap kinerja bimpang bersinyal Simpang Jakabaring menggunakan program *Microsimulator Vissim 8.00*. Hasil analisis menunjukkan permasalahan yang sering terjadi pada ruas jalan Mayjend HM Ryacudu adalah permasalahan kemacetan akibat banyaknya jumlah kendaraan yang akan menuju ke Jembatan Ampera. Solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan Simpang *Flyover* Jakabaring karena memiliki nilai panjang antrian yang terbaik jika dibandingkan dengan kondisi *eksisting* berdasarkan hasil simulasi program Vissim 8.00.

(Ramzy et al., 2024) melakukan evaluasi terhadap kinerja bimpang bersinyal Jalan Dewi Sartika dan Jalan Raya Kalibata Kota Jakarta dengan menggunakan software Vissim. Hasil analisis Kinerja simpang pada kondisi eksisting didapatkan bahwa kinerja simpang sudah tidak laik. Arus lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Rabu, 11 Oktober 2023 saat jam puncak pagi pukul 06.30-07.30 WIB sebesar 3806 SMP/jam dan saat jam puncak siang pukul 12.30-13.30 WIB sebesar 3200 SMP/jam, serta nilai tundaan rata-rata sebesar 187,9 det/SMP saat jam puncak pagi hari dan nilai tundaan rata-rata sebesar 85,7 det/SMP saat jam puncak siang hari, serta semua tingkat pelayanan F (sangat buruk). Adapun 4 alternatif solusi yang dianalisis, diperoleh bahwa ada 2 alternatif solusi yang mencapai target minimal tingkat pelayanan C (sedang). Alternatif solusi keempat adalah alternatif solusi paling baik yang dianalisis dengan diberlakukan

perlarangan belok kanan pada semua pendekat dan melakukan perubahan menjadi 2 fase. Nilai tundaan rata-rata yang didapatkan sebesar 13,3 det/SMP dengan tingkat pelayanan B (baik), panjang antrian terpanjang mencapai 45 meter, serta derajat kejenuhan $< 0,85$ dengan nilai DJ tertinggi ada pada pendekat barat sebesar 0,515.

2.3 Simpang

Persimpangan adalah bagian yang tidak terpisah dari sistem jalan. Persimpangan jalan merupakan daerah dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya. (Budiman, 2016).

Persimpangan adalah bagian penting dari jaringan jalan yang sering menjadi tempat terjadinya konflik dan kemacetan karena dua atau lebih jalur jalan bertemu. Karena itulah, diperlukan pengaturan dan pemodelan di daerah persimpangan agar konflik dan masalah lain dapat dihindari atau diminimalkan. Di kota, biasanya banyak terdapat persimpangan, di mana pengemudi harus memutuskan untuk melanjutkan lurus, berbelok, atau berpindah lajur agar mencapai tujuan yang diinginkan.

Persimpangan adalah bagian penting dalam jalan raya kota karena sebagian besar efisiensi, biaya operasional, dan kapasitas lalu lintas dalam perencanaan jalan dilakukan dengan mempertimbangkan arus lalu lintas yang melintasi satu atau lebih arah di persimpangan tersebut, termasuk gerakan belok. Gerakan lalu lintas ini dikelola dengan berbagai metode bergantung pada jenis persimpangannya. Tujuan utama perencanaan persimpangan adalah mengurangi risiko tabrakan antara kendaraan, pejalan kaki, serta meningkatkan kenyamanan dan ketenangan bagi pengguna jalan yang melewati persimpangan tersebut. (Alimukti, 2022)

2.3.1 Jenis Simpang

Persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan (Khisty dan Lall, 2005). Menurut Morlok (1988), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut sehingga simpang tanpa sinyal biasa menimbulkan antrian panjang antar kendaraan karena tidak adanya kendaraan yang mau mengalah simpang tanpa sinyal biasanya hanya memiliki tiga kaki walupun memiliki empat tapi arus lalu lintas yang melewati simpang tersebut masih kurang.

2. Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya. Simpang bersinyal sangat banyak digunakan pada jaringan jalan sehingga perlu dipertimbangkan kinerja jaringan jalan akibat simpang bersinyal tersebut karena seringnya terjadinya pertemuan menyilang antar jaringan jalan (*interception*).

2.3.2 Tipe Simpang

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), pengelompokan simpang berdasarkan jumlah lengan simpang, jumlah lajur jalan minor, dan jumlah lajur jalan mayor, diberi kode 3 (tiga) angka, angka kesatu menunjukkan jumlah lengan simpang, angka kedua menunjukkan jumlah lajur pada pendekat jalan minor, dan angka ketiga menunjukkan jumlah lajur pada pendekat jalan mayor, dapat ditambah huruf M pada angka ke empat, menunjukkan adanya median pada jalan mayor. Beberapa tipe simpang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Tipe Simpang

Tipe simpang	Pendekat jalan mayor		Pendekat jalan minor	Tipe simpang	Pendekat jalan mayor		Pendekat jalan minor
	Jumlah lajur	Median	Jumlah lajur		Jumlah lajur	Median	Jumlah lajur
422	1	Tidak ada	1	322	1	Tidak ada	1
424	2	Tidak ada	1	324	2	Tidak ada	1

Lanjutan Tabel 2.1 Tipe Simpang

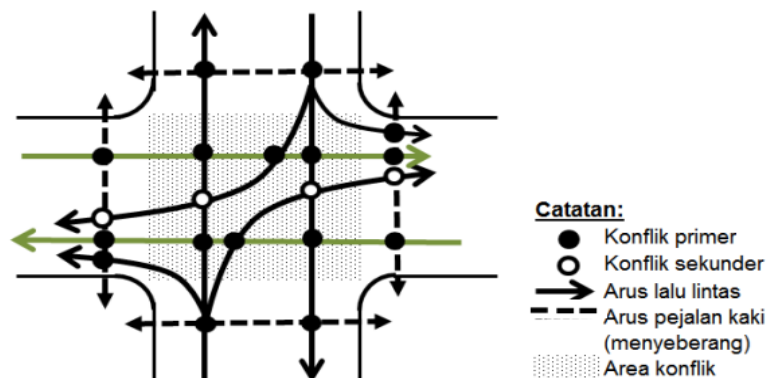
Tipe simpang	Pendekat jalan mayor		Pendekat jalan minor	Tipe simpang	Pendekat jalan mayor		Pendekat jalan minor
	Jumlah lajur	Median	Jumlah lajur		Jumlah lajur	Median	Jumlah lajur
424 M	2	Ada	1	324M	2	Ada	1
444	2	Tidak ada	2	344	2	Tidak ada	2
444 M	2	Ada	2	344M	2	Ada	2

Sumber : PKJI 2023

2.4 Simpang APILL

Pada daerah perkotaan sering kali kita temui salah satu jenis simpang yaitu simpang APILL. APILL sendiri merupakan singkatan dari alat pemberi isyarat lalu lintas. Simpang APILL adalah persimpangan jalan dimana pergerakan arus lalu lintas dari setiap arahnya diatur oleh lampu sinyal sehingga kendaraan melewati simpang secara bergantian. Tujuan penggunaan sinyal lalu lintas yaitu untuk memisahkan lintasan kendaraan yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan (Andika, 2022).

APILL mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. Gambar 2.1 menjelaskan tipikal konflik-konflik pada suatu simpang empat.

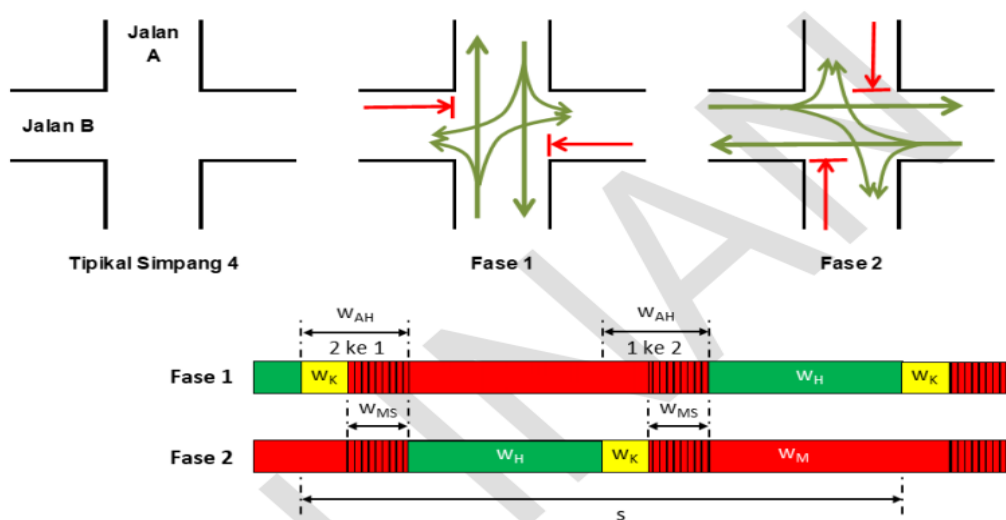


Gambar 2.1 Konflik primer dan konflik sekunder pada simpang 4 lengan

Sumber : PKJI 2023

APILL digunakan untuk tujuan mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang berlawanan. Untuk memenuhi aspek keselamatan, selain lampu isyarat hijau dan merah, pengaturan APILL harus dilengkapi dengan lampu kuning dan isyarat lampu merah semua. Lampu kuning untuk memperingati arus yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir dan lampu merah semua (*all red*) untuk menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau yang baru berakhir memperoleh waktu yang cukup untuk keluar dari area konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki area yang sama.

Pada awal analisis, pengaturan APILL dua fase dapat dipilih karena memberikan kapasitas terbesar dengan tundaan yang terendah dibandingkan dengan pengaturan fase lainnya. Ilustrasi pengaturan 2 (dua) fase dijelaskan dalam Gambar 2.2. Urutan perubahan isyarat pada sistem pengaturan APILL 2 (dua) fase ini, meliputi s, wK, wAH, wM, wMS, dan wH. Apabila pengaturan 2 (dua) fase ini belum memadai, evaluasi arus belok kanan, apakah memungkinkan bila dipisahkan dari arus lurus dan apakah tersedia lajur untuk memisahkannya. Pengaturan arus belok kanan yang terpisah hanya dilakukan bila arusnya melebihi 200 SMP/jam, tetapi pemisahan dapat tetap dilakukan pemisahan walaupun arus belok kanan lebih rendah dari 200 SMP/jam dengan pertimbangan peningkatan terhadap keselamatan lalu lintas.



Gambar 2.2 Urutan waktu menyala isyarat pada pengaturan APILL dua fase

Sumber : PKJI 2023

2.5 Kinerja Simpang APILL

Pada simpang, peningkatan volume kendaraan mempengaruhi kinerja dari segi keselamatan dan efisiensi, yang dapat ditingkatkan melalui pengendalian simpang. Berdasarkan Kementerian Perhubungan (2015) menyatakan bahwa tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Kementerian Perhubungan mendefinisikan enam tingkat pelayanan, dari A hingga F, untuk setiap ukuran tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan A menunjukkan kondisi terbaik, sedangkan tingkat pelayanan F menunjukkan kondisi terburuk. Pengukuran Tingkat pelayanan berdasarkan biaya, dampak lingkungan, dan alasan lainnya, biasanya jalan raya umumnya tidak dirancang untuk memberikan kondisi tingkat pelayanan A selama periode puncak. Sebaliknya, jalan raya dirancang untuk memberikan beberapa tingkat pelayanan yang lebih rendah. Namun, pada volume lalu lintas yang rendah, tingkat pelayanan A dapat dicapai. Selain itu, kinerja sebuah simpang juga dapat diukur menggunakan beberapa parameter, yaitu derajat kejenuhan (DJ), tundaan, dan panjang antrean.

Kinerja persimpangan merupakan ukuran kualitas kondisi lalu lintas yang dapat diterima di suatu persimpangan. Ukuran yang digunakan untuk menentukan kinerja persimpangan yaitu tundaan lalu lintas simpang (Ariesta dkk., 2020). Tingkat pelayanan pada kinerja simpang berdasarkan tundaan lalu lintas diklasifikasikan pada Tabel.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tundaan

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

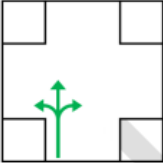
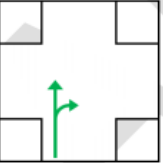
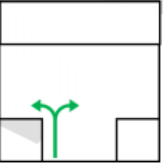
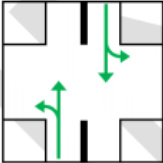
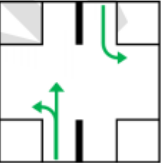
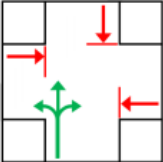
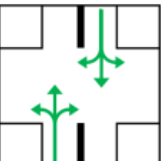
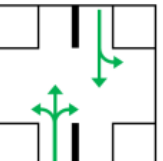
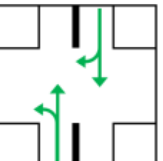
Sumber: Kementerian Perhubungan No.96 (2015)

Kinerja lalu lintas persimpangan didasarkan pada pengukuran arus pada periode 1 jam. Arus lalu lintas pada 1 jam ini mewakili tingkat pelayanan dan bisa didasarkan pada pengukuran di lokasi penelitian atau lalu lintas rencana. Kriteria desain yang umum digunakan untuk menilai kinerja lalu lintas persimpangan adalah D_j dengan nilai yang umum $DJ \leq 0,85$. Jika $DJ > 0,85$ maka

pengaturan APILL perlu ditingkatkan atau fisik simpangannya ditingkatkan lagi. (PKJI 2023)

2.6 Tipe Pendekat

Pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kapasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah (misal arus lurus dan belok kanan dengan lajur terpisah). Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung maupun terlawan (pada fase yang berbeda), maka proses analisisnya harus dipisahkan berdasarkan ketentuanketentuannya masing-masing. Gambar 5-4 memberikan ilustrasi dalam penentuan tipe pendekat, apakah terlindung (P) atau terlawan (O).

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat			
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3	
					
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi			
		Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah			
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam Fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi			
					

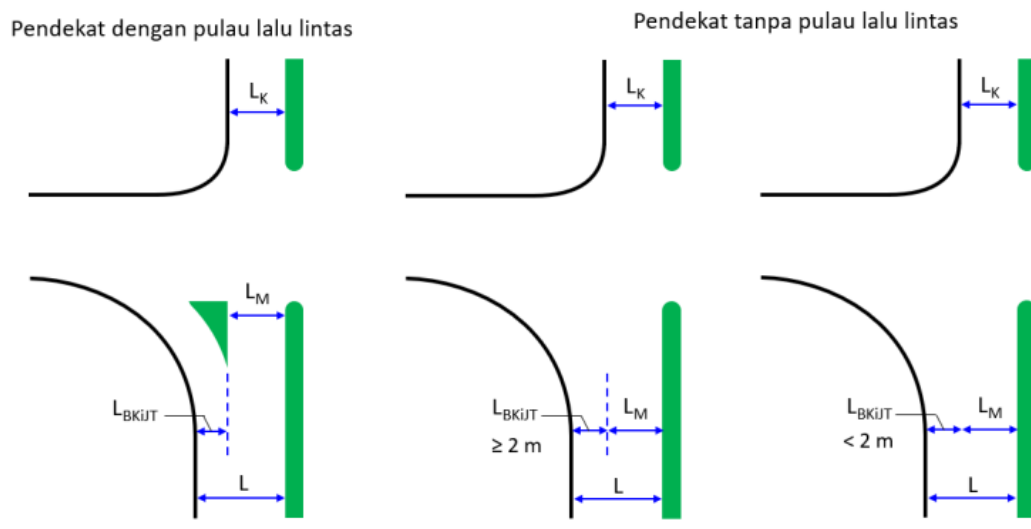
Gambar 2.3 Penentuan Tipe Pendekat

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

2.7 Lebar Pendekat Efektif

Penentuan lebar pendekat efektif (L_E) didasarkan pada beberapa parameter yaitu lebar ruas pendekat awal (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Ada beberapa kondisi dalam menentukan L_M yaitu:

- Untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lebar lajur tersendiri sehingga lebar masuk (L_M) merupakan lebar antara tepi pulau lalu lintas dengan median yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 (kiri).
- Untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila L_{BKIJT} lebih dari 2 meter maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri sehingga $L_M = L - L_{BKIJT}$ (Gambar 2.4tengah). Sedangkan apabila L_{BKIJT} kurang dari 2 meter maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus (Gambar 2.4 kanan).



Gambar 2.4 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

- Lebar efektif (L_E) dapat dihitung dengan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

Jika $L_{BKIJT} \geq 2\text{ m}$ atau L_{BKIJT} merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan B_{KIJT} dapat mendahului antrean kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat

merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1: Keluarkan arus B_{KIJT} (q_{BKIJT}) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BKa}$. Penentuan lebar efektif adalah sebagai berikut:

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L - L_{BkiJT} \\ L_M \end{cases} \quad (2.1)$$

Langkah 2: Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu q_{LRS} .

- b. Jika $L_{BKIJT} < 2$ m, maka kendaraan B_{KIJT} dianggap tidak dapat mendahului antrean kendaraan lainnya selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1: Sertakan q_{BKIJT} pada perhitungan selanjutnya.

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L \\ L_M - L_{BkiJT} \\ L \times (1 + R_{BkiJT}) - L_{BkiJT} \end{cases} \quad (2.2)$$

Langkah 2: Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKIJT})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk arus lalu lintas lurus saja.

2.8 Arus Lalu Lintas

Perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam atau lebih dalam satu periode, biasanya perhitungan didasari oleh kondisi kondisi tertentu seperti jam sibuk atau jam puncak lalu lintas. Dalam menentukan arus lalu lintas (Q), setiap kendaraan diklasifikasikan sesuai jenis dan pergerakan yang dilakukan (belok kiri, belok kanan, maupun lurus) kemudian dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan memakai data ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk setiap pendekat terlindung dan terlawan. Adapun nilai emp dari jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ekuivalensi mobil penumpang (EMP)

Jenis Kendaraan	EMP Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1	1
Kendaraan Sedang (KS)	1,3	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,40

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

2.9 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J_0) dengan faktor-faktor koreksi untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. J_0 adalah J pada kondisi arus lalu lintas dan geometri yang ideal, sehingga faktor-faktor koreksi untuk J_0 adalah satu. J dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- J_0 : Arus jenuh dasar
- F_{HS} : Faktor koreksi hambatan samping
- F_{UK} : Faktor koreksi ukuran kota
- F_G : Faktor koreksi kelandaian
- F_P : Faktor koreksi parkir
- F_{BK_i} : Faktor koreksi belok kiri
- F_{BK_a} : Faktor koreksi belok kanan

2.9.1 Arus Jenuh Dasar

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), arus jenuh dasar merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat pada kondisi ideal (smp/jam). Arus jenuh dasar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$J_0 = 600 \times L_E \quad (2.4)$$

dengan :

- J_0 : arus jenuh dasar (smp/jam),
- L_E : lebar efektif pendekat (m).

2.9.2 Faktor koreksi ukuran kota

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), faktor koreksi ukuran kota merupakan faktor koreksi nilai kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota yang dinyatakan oleh besarnya populasi. Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Jumlah Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

2.9.3 Faktor koreksi hambatan samping

Faktor koreksi hambatan samping adalah faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan arus kendaraan tak bermotor (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Nilai faktor koreksi hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 2.5 Faktor Hambatan Samping

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlindung	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlawan	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlindung	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlawan	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlindung	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlawan	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlindung	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlawan	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlindung	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlawan	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlindung	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlawan	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (AT)	Tinggi/ sedang/ Rendah	Terlindung	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlawan	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

Kelas hambatan samping ditetapkan dari jumlah perkalian antara frekuensi kejadian setiap jenis hambatan samping dikalikan dan bobotnya. Frekuensi kejadian hambatan samping dihitung berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian selama satu jam di sepanjang segmen yang diamati. Nilai pembobotan dan kriteria kelas hambatan samping ditentukan berdasarkan ketentuan nilai pembobotan dan kriteria kelas hambatan samping pada analisis ruas jalan perkotaan yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan 2.7.

Tabel 2.6 Pembobotan Hambatan Samping

No.	Jenis hambatan samping utama	Bobot
1	Pejalan kaki di badan jalan dan yang menyeberang	0,5
2	Kendaraan umum dan kendaraan lainnya yang berhenti	1,0
3	Kendaraan keluar/masuk sisi atau lahan samping jalan	0,7
4	Arus kendaraan lambat (kendaraan tak bermotor)	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

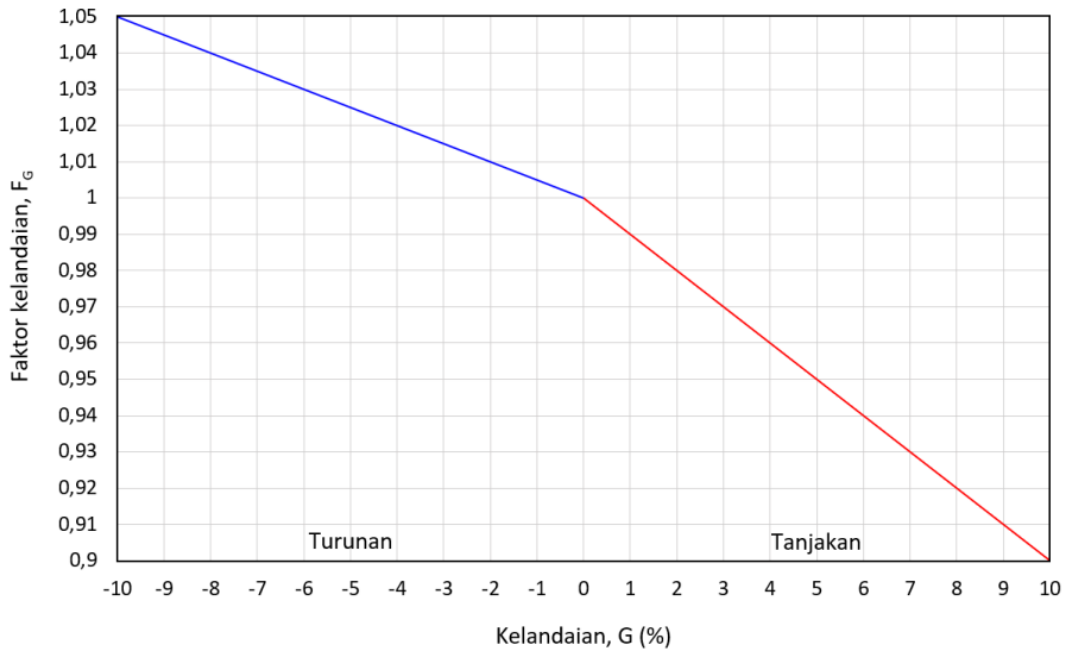
Tabel 2.7 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Jumlah nilai frekuensi kejadian (di kedua sisi jalan) dikali bobot	Kondisi Khusus
Sangat rendah (SR)	<100	Daerah permukiman; tersedia jalan lingkungan (<i>frontage road</i>)
Rendah (R)	100-299	Daerah permukiman; ada beberapa angkutan umum.
Sedang (S)	300-499	Daerah industri, beberapa toko di sepanjang sisi jalan
Tinggi (T)	500-899	Daerah komersial, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi
Sangat Tinggi (ST)	≥ 900	Daerah komersial, ada aktivitas pasar di sisi jalan

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

2.9.4 Faktor koreksi kelandaian

Faktor koreksi kelandaian atau faktor gradien (F_G) merupakan faktor koreksi untuk kelandaian pendekat. Nilai kelandaian dinyatakan dalam bentuk persen. Ketika sebuah pendekat mengalami tanjakan maka persentasenya bernilai positif, sedangkan ketika pendekat mengalami turunan maka persentasenya bernilai negatif. Faktor kelandaian dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Faktor Koreksi Kelandaian (F_G)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

2.9.5 Faktor koreksi parkir

Faktor koreksi parkir merupakan faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama pada suatu pendekat. Faktor ini dipengaruhi oleh jarak garis henti ke kendaraan yang diparkir pertama, lebar pendekat, serta durasi lampu hijau pada pendekat tersebut. Perhitungan faktor koreksi parkir dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$FP = \frac{\left(\frac{LP}{3} - \frac{(L-2) \times \left(\frac{LP}{3} - WH\right)}{L}\right)}{WH} \quad (2.5)$$

dengan :

L_P = jarak antara garis henti kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek (m),

L = lebar pendekat (m), dan

W_H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 27 detik).

2.9.6 Faktor koreksi belok kanan

Faktor koreksi belok kanan adalah faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas belok kanan. Faktor ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa median, tipe jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Perhitungan faktor belok kanan dapat dihitung dengan Persamaan

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (2.6)$$

dengan :

F_{BKa} = faktor koreksi belok kanan, dan

R_{BKa} = rasio kendaraan belok kanan.

2.9.7 Faktor koreksi belok kiri

Faktor koreksi belok kiri adalah faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas belok kiri. Faktor ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P tanpa B_{KILT} (belok kiri jalan terus). Hal ini disebabkan karena di pendekat terlindung tanpa B_{KILT}, kendaraan yang berbelok kiri cenderung melambat sehingga mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Perhitungan faktor koreksi belok kiri dapat dihitung dengan persamaan 2.7.

$$F_{BKl} = 1,0 - R_{BKl} \times 0,16 \quad (2.7)$$

dengan :

F_{BKi} = faktor koreksi belok kiri, dan

R_{BKi} = rasio kendaraan belok kiri.

2.10 Rasio Arus terhadap Arus Jenuh

Perhitungan rasio arus terhadap arus jenuh untuk tiap *approach* dirumuskan sebagai Persamaan 2.8.

$$R_{q/J} = \frac{q}{J} \quad (2.8)$$

dengan :

q/J = rasio arus terhadap arus jenuh,

q = arus lalu lintas (smp/jam), dan

J = arus jenuh (smp/jam).

Nilai perbandingan arus kritis ($R_{q/J \text{ kritis}}$) adalah nilai perbandingan arus tertinggi pada tiap fase. Dari jumlah nilai perbandingan arus kritis tiap fase didapat rasio arus simpang APILL ($R_{A/S}$). Rasio arus simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.9.

$$R_{A/S} = \sum_i (R_{q/J \text{ kritis}})_i \quad (2.9)$$

dengan :

$R_{q/J \text{ kritis}}$ = perbandingan arus kritis,

$R_{A/S}$ = rasio arus simpang APILL, dan

I = indeks untuk fase ke i .

Rasio Fase (RF) masing-masing fase sebagai rasio antara $R_{q/J \text{ kritis}}$ dan $R_{A/S}$ dapat dihitung dengan Persamaan 2.10.

$$R_F = \frac{R_{q/J \text{ kritis}}}{R_{A/S}} \quad (2.10)$$

dengan :

R_F = rasio fase,

$R_{q/J \text{ kritis}}$ = perbandingan arus kritis, dan

$R_{A/S}$ = rasio arus simpang APILL.

2.11 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal bertujuan untuk meminimalkan tundaan total dalam suatu persimpangan. Waktu sinyal ditentukan berdasarkan waktu siklus (c) dan waktu hijau (g_i) pada setiap fase (i).

2.11.1 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

1.6.1 Waktu siklus sebelum penyesuaian (S_{bs})

Penentuan waktu siklus bertujuan untuk sistem kendali waktu tetap yang dapat dilakukan menggunakan rumus Webster dan Cobbe (1966). Rumus ini bertujuan meminimalkan tundaan total. Nilai S_{bs} ditetapkan menggunakan Persamaan 2.11.

$$S_{bs} = \frac{(1,5 \times WHH + 5)}{(1 - \sum R_{q/J \text{ Kritis}})} \quad (2.11)$$

dengan :

S_{bs} = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik),

W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik),
 q/J_{kritis} = rasio arus simpang pada siklus tersebut.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), terdapat waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Waktu Siklus (s) yang Layak

Tipe pengaturan	s yang layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023

Nilai waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan digunakan untuk simpang APILL dengan lebar jalur pendekat <10 m dan nilai yang lebih tinggi untuk pendekat yang memiliki lebar >10 m. Waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan cenderung menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang lebih besar dari 130 detik harus dihindari, kecuali pada kasus sangat khusus (simpang yang sangat besar) karena hal ini sering mengakibatkan kapasitas keseluruhan simpang APILL menurun. Jika hasil perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari batas yang disarankan, menandakan bahwa kapasitas dari geometri simpang tersebut tidak mencukupi.

1.6.2 Waktu hijau

Tahap selanjutnya dari penentuan waktu sinyal adalah menetapkan waktu hijau (w_H) pada masing-masing fase (i). Perhitungan waktu hijau tiap fase dapat dihitung dengan Persamaan 2.12.

$$W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times \frac{(Rq/J_{kritis})}{\sum i(q/J_{kritis})i} \quad (2.12)$$

dengan:

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

i = indeks untuk fase ke i,

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

$R_{q/J}$ = rasio arus,

$R_{q/J \text{ kritis}}$ = nilai $R_{q/J}$ tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama, dan

$\Sigma R_{q/J \text{ kritis}}$ = rasio arus simpang pada siklus tersebut.

Waktu hijau yang kurang dari 10 detik sebaiknya dihindari karena dapat meningkatkan pelanggaran lampu merah dan menyulitkan pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Selain itu, kendala lain yang mungkin terjadi adalah adanya penumpukan kendaraan pada ruas jalan yang memiliki fase hijau pendek, karena fase hijau tersebut tidak mampu melewati kendaraan dengan optimal.

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan didasarkan pada jumlah waktu hijau yang telah dibulatkan dan waktu hilang total (W_{HH}). Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung dengan Persamaan 2.13.

$$s = \Sigma W_{Hi} + W_{HH} \quad (2.13)$$

dengan :

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

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

2.12 Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu persimpangan dalam satuan waktu. Kapasitas simpang dinyatakan dalam satuan smp/jam. Perhitungan kapasitas pada simpang dihitung berdasarkan tiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 2.14.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (2.14)$$

dengan :

C = kapasitas simpang APILL (smp/jam),

J = arus jenuh (smp/jam),

W_H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik), dan

s = waktu siklus (detik).

2.13 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan yaitu rasio arus terhadap kapasitas, digunakan untuk menentukan tingkat kinerja suatu simpang, seberapa padatnya lalu lintas dan kebebasan bagi kendaraan. Adapun nilai derajat kejenuhan (DJ) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.15.

$$D_J = \frac{Q}{C} \quad (2.15)$$

dengan :

D_J = derajat kejenuhan,

Q = volume lalu lintas, (smp/jam), dan

C = kapasitas.

2.14 Perilaku Lalu Lintas

2.14.1 Panjang Antrean

Antrean kendaraan merupakan fenomena lalu lintas yang umum terlihat sehari-hari, antrean kendaraan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang berbaris pada suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam jumlah kendaraan atau satuan mobil penumpang (Andraiko dan Dwiyanto, 2023). Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp) pada awal isyarat lampu hijau (N_q) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) ditambah jumlah kendaraan (smp) yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}) dapat dihitung dengan tahapan – tahapan sebagai berikut.

1. Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.16 dan Persamaan 2.17.

$$\text{Jika } D_J < 0,5 \text{ maka } N_{q1} = 0 \quad (2.16)$$

Jika $D_J > 0,5$ maka

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (2.17)$$

dengan :

N_{q1} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp), dan

D_J = derajat kejenuhan.

2. Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.18.

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-RH)}{(1-RH \times DJ)} \times \frac{q}{3600} \quad (2.18)$$

dengan :

N_{q2} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrean selama fase merah (smp),

s = waktu siklus (s),

R_H = rasio hijau pendekat ($\frac{WH}{s}$),

q = arus lalu lintas pendekat (smp/jam), dan

DJ = derajat kejenuhan.

3. Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q)

Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.19.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (2.19)$$

dengan :

N_q = jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp),

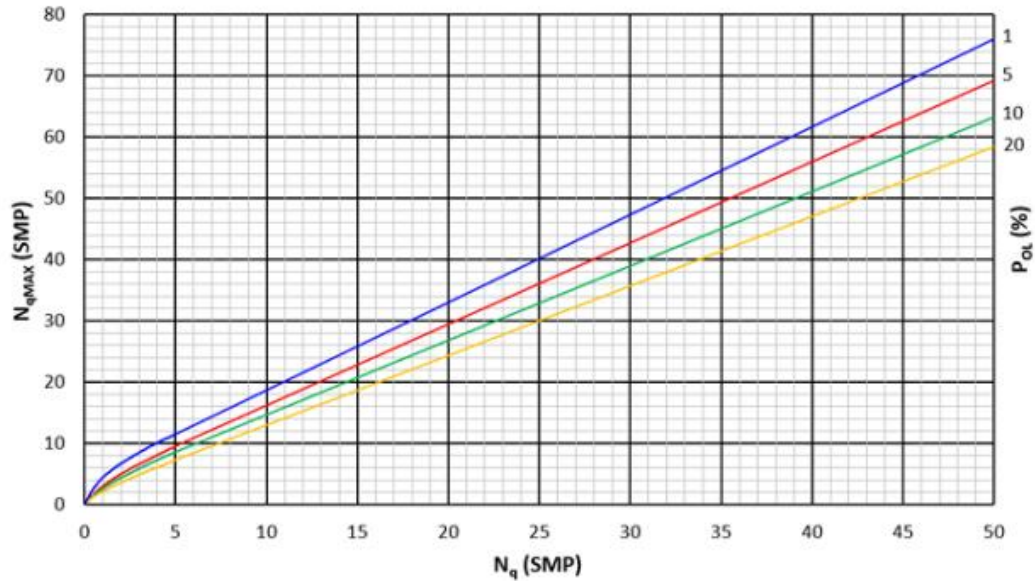
N_{q1} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp), dan

N_{q2} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp), dan

4. Jumlah rata-rata antrean kendaraan maksimum (N_{qMAX})

Jumlah rata-rata antrean kendaraan maksimum (N_{qMAX}) dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.6. Langkah yang perlu dilakukan adalah jumlahkan N_{q1} dan N_{q2} untuk mendapatkan N_q . Selanjutnya, lakukan koreksi untuk mengevaluasi *overloading* pada simpang. Jika diinginkan peluang untuk terjadinya *overloading* sebesar POL (%), maka tetapkan nilai N_{qMAX} menggunakan Gambar 2.6. Untuk perencanaan disarankan $POL \leq 5\%$, dan

untuk analisis operasional, nilai POL = 5% sampai dengan 10% masih dapat diterima.



Gambar 2.6 Jumlah Antrean Maksimum Akibat Overloading

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Panjang antrean (P_A) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.20

$$P_A = N_q \times \frac{20}{LM} \quad (2.20)$$

dengan :

N_q = Jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp),

20 = Luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (smp) yaitu 20 m², dan

L_M = luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (smp) yaitu 20 m², dan

2.14.2 Rasio Kendaraan Terhenti

Rasio kendaraan terhenti (R_{KH}) yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, dihitung menggunakan Persamaan 2.21.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{Nq}{q \times s} \times 3600 \quad (2.21)$$

dengan :

Nq = jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau,
 s = waktu siklus, dalam detik, dan
 q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, dalam smp/jam.

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (NKH) adalah jumlah berhenti rata-rata perkendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrean) sebelum melewati suatu simpang APILL, dihitung menggunakan Persamaan 2.22.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (2.22)$$

Angka henti pada seluruh simpang diperoleh dengan membagi jumlah kendaraan yang terhenti pada semua pendekat di persimpangan dengan arus total simpang. Angka henti seluruh simpang APILL dapat dihitung dengan Persamaan 2.23.

$$R_{KH\ TOTAL} = \frac{(\sum N_{KH})}{q_{Total}} \quad (2.23)$$

dengan :

$R_{KH\ TOTAL}$ = angka henti seluruh simpang APILL, dan

N_{KH} = jumlah kendaraan terhenti.

3.12.3 Tundaan

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang APILL apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang APILL. Tundaan pada suatu simpang APILL terjadi karena 2 hal yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). Tundaan lalu lintas disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lain pada suatu simpang, sedangkan tundaan geometri disebabkan oleh perlambatan dan percepatan ketika gerakan membelok pada suatu simpang atau terhenti akibat lampu merah.

1. Tundaan lalu lintas

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari Persamaan 2.24.

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq_1 \times 3600}{C} \quad (2.24)$$

dengan :

s = waktu siklus yang disesuaikan (detik),

N_{q1} = jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,

C = kapasitas (smp/jam), dan

D_j = derajat kejenuhan.

2. Tundaan geometri

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari Persamaan 2.25.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (2.25)$$

dengan :

P_B = porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat, dan

R_{KH} = rasio kendaraan berhenti.

Tundaan (T) merupakan penjumlahan dari tundaan lalu lintas (TLL) dan tundaan geometri (TG), yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.26.

$$T = T_{LL} + T_G \quad (2.26)$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (T_1) adalah perbandingan nilai tundaan dengan arus total (q_{Tot}) dalam satuan smp/jam seperti pada Persamaan 2.27.

$$T_1 = \frac{\sum(q \times T)}{q_{Total}} \quad (2.27)$$

2.15 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV. VISSIM

PTV Vissim Adalah paket perangkat lunak simulasi aliran lalu lintas multi-moda berskala mikro yang dikembangkan oleh PTV Planung Transport Verkeher AG di Karlsruhe, Jerman. Perangkat lunak ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1992. Nama tersebut berasal dari Bahasa Jerman “Verkehr In Städten – Simulations Model yang artinya simulasi lalu lintas perkotaan”. (*VISSIM.Pdf*, n.d.)

Menurut Bintang (2021) *Software* VISSIM digunakan sebagai evaluasi berbagai langkah alternatif berdasarkan langkah rekayasa transportasi dan perencanaan efektivitas. Beberapa kegunaan *PTV VISSIM* dalam pemodelan adalah sebagai berikut.

1. Arteri Simulasi

a. Model jaringan jalan

b. Simulasi persimpangan terhadap semua mode kendaraan

c. Analisa karakteristik antrean

d. Desain waktu sinyal

2. Simulasi Transportasi Publik

- a. Semua rincian model untuk bus, BRT, Trem, LRT, dan MRT
 - b. Analisa peningkatan operasi public transportasi tertentu
 - c. Menguji dan mengoptimalkan secara standar waktu bersinyal transportasi publik menurut prioritas perencanaan
3. Simulasi Pejalan Kaki
 - a. Model pejalan kaki di lingkungan multimodal
 - b. Perencanaan evakuasi dari bangunan dan acara khusus
 4. Motorway Simulasi
 - a. Simulasi manajemen lalu lintas aktif dan sistem transportasi cerdas
 - b. Uji dan menganalisis strategi zona kerja

2.16 Kalibrasi dan Validasi *Software* PTV VISSIM

Kalibrasi pada *Software PTV VISSIM* merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mewakili kondisi lalu lintas yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi pada lokasi yang diamati. Metode yang digunakan adalah *trial and error* dengan mengacu kepada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan *Software PTV VISSIM*. Validasi pada *Software PTV VISSIM* merupakan proses pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil survey dengan hasil simulasi. (Bintang, 2021)

Validasi sangat diperlukan dalam analisis menggunakan *software PTV VISSIM*. Validasi adalah perbandingan parameter yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan *PTV VISSIM*. Kalibrasi dilakukan apabila ternyata hasil validasi tidak memenuhi persyaratan.

2.16.1 Uji GEH

Proses validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus dasar *Chi-squared* berupa rumus statistik *Geoffery E. Havers (GEH)* (Gustavsson, 2007). *GEH* merupakan rumus statistik modifikasi dari uji T dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus *GEH* dapat dilihat pada Persamaan 2.28 sebagai berikut.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (q_{simulated} - q_{observed})^2}{(q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (2.28)$$

dengan:

$q_{simulated}$ = data volume arus lalu lintas hasil simulasi (kendaraan/jam), dan

$q_{observed}$ = data volume arus lalu lintas hasil observasi (kendaraan/jam).

Rumus *GEH* memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* yang dihasilkan seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.27 sebagai berikut.

Tabel 2.9 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik *Geoffery E. Havers*

Nilai GEH	Keterangan
$GEH < 5,0$	Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10,0$	Peringatan: kemungkinan model error atau data buruk
$GEH > 10,0$	Ditolak

Sumber : *Gustavsson (2007)*

2.16.2 Uji MAPE

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah rata-rata dari perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang dinyatakan dalam bentuk persentase dari perbedaan tersebut. MAPE dihitung dengan mengambil kesalahan absolut setiap periode, yang diperoleh dari selisih antara data aktual dan hasil peramalan, kemudian membaginya dengan nilai data aktual. Hasil perhitungan ini kemudian dirata-rata untuk mendapatkan persentase absolut rata-ratanya (Wisera dkk., 2018). Sebuah model dianggap memiliki kinerja sangat baik jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan memiliki kinerja baik jika nilai MAPE berada antara 10% dan 20% (Novita dkk., 2022). Rumus untuk menghitung MAPE dapat dilihat pada Persamaan 2.29

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - f_t|}{x_t} \times 100\% \quad (2.29)$$

dengan :

x_t = Data actual periode t, dan

f_t = Nilai forecasting pada periode t.

Hasil uji *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang bervariasi memiliki kesimpulan seperti pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Kesimpulan Uji MAPE

MAPE	Kesimpulan
< 10 %	Hasil prediksi sangat akurat
10 – 20 %	Hasil prediksi baik
20 – 50 %	Hasil prediksi layak
> 50 %	Hasil prediksi tidak akurat

Sumber: Gustavsson (2007)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang empat Kota Tebing Tinggi tepatnya berada pada pertemuan Jl. Kapten Tandean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Let. Jend. Suprpto – Jl. Ahmad Yani. Persimpangan ini sangat krusial karena pada titik ini merupakan jalan lintas Medan - Siantar dan simpang ini juga merupakan titik menuju pusat kota. Gambar Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Google Maps

3.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian untuk survey lalu lintas dilakukan pada jam sibuk yang mewakili dalam satu minggu, dimana dianggap pada jam tersebut kuantitas arus lalu lintas pada simpang tersebut meningkat (jam puncak), yaitu:

- a. Pagi , antara pukul 07.00 – 09.00 wib, saat orang memulai aktivitas pekerjaan.
- b. Siang, antara pukul 12.00 – 14.00 wib, saat orang berjualan, pulang sekolah dan makan siang.
- c. Sore, antara pukul 16.00 – 18.00 wib, saat orang selesai dari aktivitas kerja dan pulang kerumah.

3.3 Tahapan Pengumpulan Data

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung melalui observasi atau survei di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dan dapat ditemukan dalam buku atau sumber lainnya. Data dalam penelitian Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume lalu lintas 2. Waktu siklus simpang 3. Geometrik simpang 4. Kecepatan kendaraan 5. Panjang antrean 6. Driving Behavior	1. Peta lokasi Simpang empat Kota Tebing Tinggi. 2. Jumlah penduduk Kota Tebing Tinggi untuk Penentuan Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{uk})

Adapun data yang didapat dari hasil survei dilapangan adalah sebagai berikut.

1. Volume lalu lintas

Pada saat melakukan survei volume kendaraan, jenis kendaraan dapat dibedakan dengan ketentuan sebagai berikut.

a. Sepeda motor (SM)

Sepeda motor yaitu kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda dengan panjang $<2,5$ m seperti Sepeda motor, kendaraan bermotor roda 3 (tiga).

b. Kendaraan ringan (MP)

Mobil penumpang memiliki kriteria 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang $\leq 5,5$ m seperti Sedan, jeep, minibus, mikrobus, *pickup*, dan truk kecil.

c. Kendaraan sedang (KS)

Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 sumbu memiliki panjang $\leq 9,0$ m yaitu bus tanggung, bus metromini, dan truk sedang.

2. Waktu siklus simpang

Survei siklus lampu lalu lintas ini dilakukan untuk mengetahui siklus lampu merah, kuning, dan hijau di tiap-tiap lampu lalu lintas. Siklus lampu lalu lintas yang dihitung dalam penelitian ini merupakan data beberapa sampel pada setiap lampu lalu lintas. Dalam memperoleh data siklus lampu lalu lintas, penelitian ini membutuhkan 1 orang surveyor yang mengamati setiap lampu lalu lintas menggunakan *Stopwatch*.

3. Geometrik simpang

Data yang diperlukan pada geometrik simpang yaitu ukuran lebar bahu, lebar jalur dan lebar jalan. Untuk itu dalam memperoleh data tersebut melibatkan 2 orang surveyor yang bertugas mengukurnya. Selain data tersebut, juga terdapat data yang hanya dilakukan pengamatan saja mengenai tipe persimpangan, jenis perkerasan, status jalan dan tipe alinyemen, serta kondisi lingkungan di lokasi penelitian.

4. Kecepatan kendaraan

Kecepatan kendaraan yang dihitung dalam penelitian ini merupakan data beberapa sampel kecepatan kendaraan yang melintasi setiap titik pengamatan sesuai dengan klasifikasi kendaraan yang telah ditentukan. Dalam memperoleh data kecepatan kendaraan, penelitian ini membutuhkan 1 orang surveyor yang mengamati setiap kendaraan yang melintasi titik/arah pengamatan.

5. Panjang antrean

Survei panjang antrian ini dilakukan untuk mengetahui panjang antrian pada tiap-tiap ruas jalan. Panjang antrian kendaraan diukur mulai dari ujung depan antrian (marka berhenti saat sinyal merah) hingga ujung belakang antrian (kendaraan terakhir yang masuk dalam kondisi mengantri saat sinyal merah). Dalam memperoleh data panjang antrian, penelitian ini membutuhkan 1 orang surveyor yang mengukur panjang antrian pada setiap ruas jalan menggunakan meteran.

6. Driving Behavior

Driving behavior digunakan untuk mengatur interaksi antar kendaraan yang menjadi parameter dalam aplikasi PTV VISSIM. Data mengenai perilaku berkendara diperoleh dengan mengamati jarak antar kendaraan di lokasi penelitian.

3.4 Instrumen Penelitian

Untuk memudahkan penelitian yang lebih akurat maka analisis dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan Software PTV.Vissim untuk simulasi lalu lintas berbasis 3D.

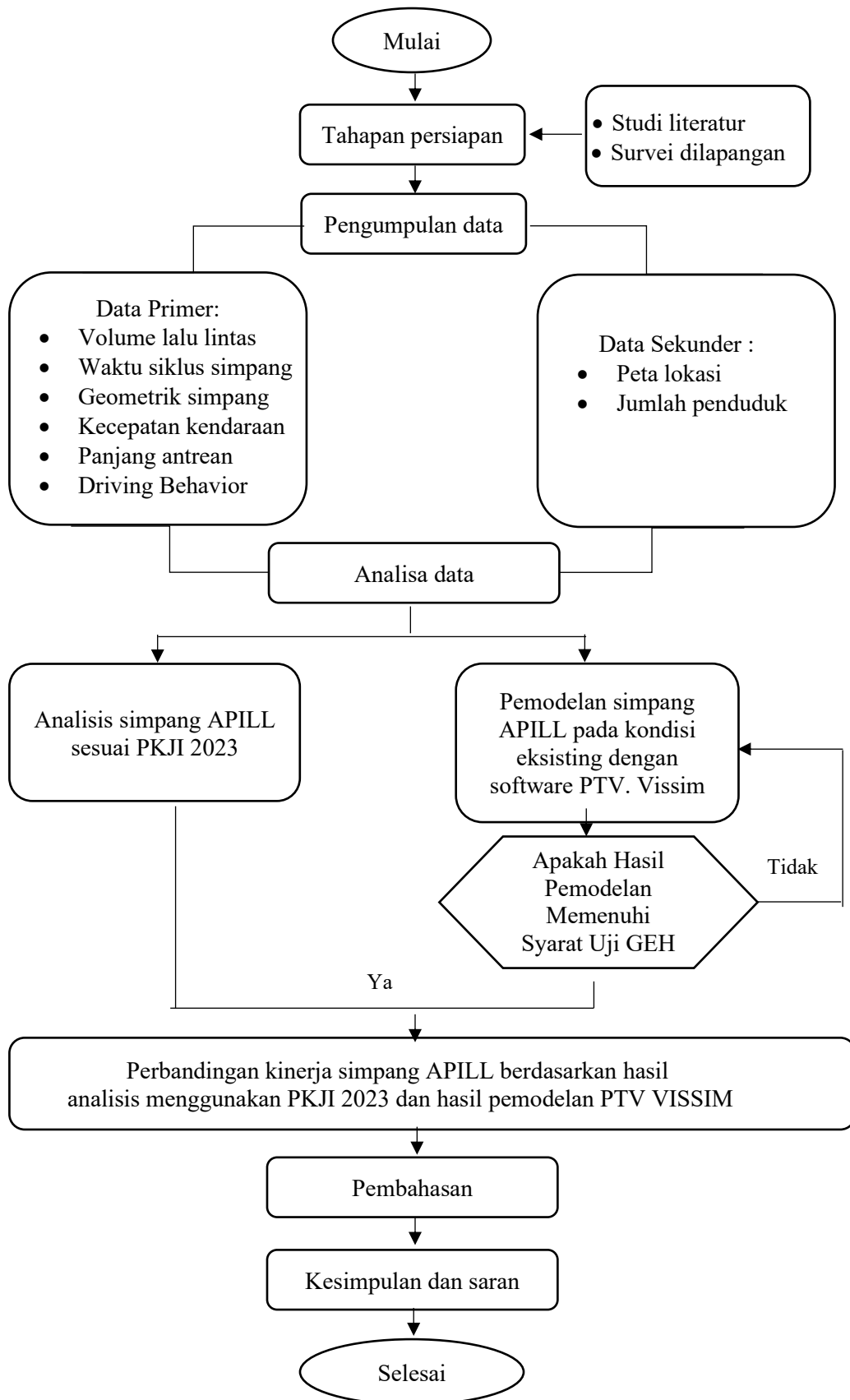
3.5 Analisa Data

Analisis data dilakukan menggunakan bantuan *software* PTV Vissim dan berdasarkan dari metode PKJI 2023. Data pada penelitian ini diperoleh dari survei langsung di lokasi penelitian. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis berdasarkan metode Pedoman Kinerja Jalan Indonesia (PKJI) 2023 menggunakan *software* Microsoft Excel. Berikut adalah langkah-langkah dalam menganalisis data:

1. Melakukan perhitungan nilai-nilai seperti kapasitas, derajat kejenuhan (DJ), tundaan dan lain-lain berdasarkan rumus-rumus pada literatur yang tertulis dalam landasan teori.
2. Mengevaluasi dan menyimpulkan kinerja simpang pada kondisi eksisting.
3. Melakukan pemodelan lalu lintas dengan software PTV Vissim dengan melakukan pengecekan uji GEH.
4. Menyimpulkan hasil analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting dengan hasil dari pemodelan software PTV Vissim.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Penulis membuat tugas akhir dengan langkah-langkah yang tertera pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.2 diagram alir penelitian

Sumber : Peneliti

BAB IV ANALISA DATA

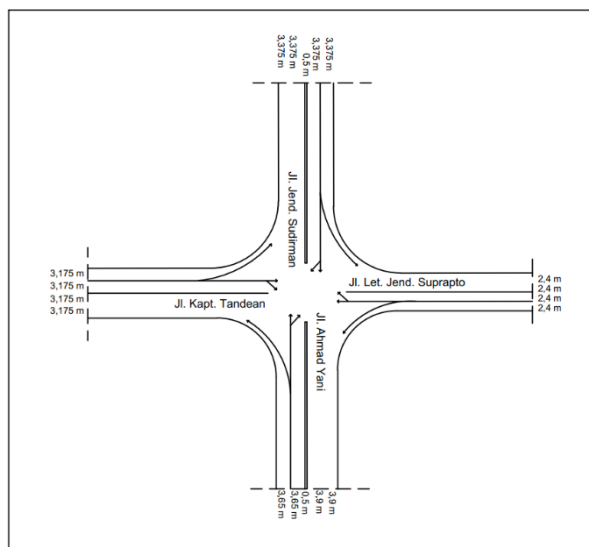
4.1 Data Hasil Pengamatan

Data hasil pengamatan diperoleh melalui survei langsung di simpang APILL, data volume lalu lintas dicatat dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam), dan kemudian dikonversi menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Selain volume lalu lintas, survei juga mencatat data lain seperti waktu siklus persimpangan, geometri persimpangan, kecepatan kendaraan, *driving behavior*, dan panjang antrian. Data ini kemudian digunakan untuk melakukan analisis berdasarkan PKJI 2023 serta pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM.

4.1.1 Data Geometrik Simpang

Data geometri simpang APILL meliputi dimensi dan kondisi yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi penelitian yang mencakup kondisi simpang seperti lebar lajur setiap ruas, lebar pendekat per lajur, dan lebar median tiap lengan simpang (jika ada). Data ini digunakan dalam analisis dan pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM.

Kondisi geometrik Simpang Empat Kota Tebing Tinggi dapat dilihat pada gambar 4.1 dan tabel 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Kondisi Geometrik Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Sumber: Data hasil survei lapangan 2025

Tabel 4.1 Data Geometrik Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Nama Jalan	Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Belok Kiri Langsung	Lebar Pendekat	
					Masuk (m)	Keluar (m)
Jl. Jend. Sudirman (Utara)	Kom	Rendah	Ya	Ya	6,75	6,75
Jl. Jend. Ahmad Yani (Selatan)	Kom	Rendah	Ya	Ya	7,8	7,3
Jl. Let. Jend. Suprpto (Timur)	Kom	Rendah	Tidak	Ya	4,8	4,8
Jl. Kapt. Tandean (Barat)	Kom	Tinggi	Tidak	Ya	6,35	6,35

Sumber: Data Lapangan, 2025

4.1.2 Data Volume Lalu Lintas

Pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan melalui survei lapangan selama dua hari pada saat cuaca cerah dan lalu lintas normal, yaitu pada Sabtu, 30 Agustus 2025, yang mewakili kondisi akhir pekan, dan Senin, 01 September 2025, yang mewakili hari kerja. Pelaksanaan survei pada kedua hari tersebut bertujuan untuk memperoleh data yang dapat mempresentasikan karakteristik dan variasi volume lalu lintas secara lebih komprehensif.

Dalam survei ini, periode pagi dimulai pada pukul 07.00 hingga 09.00 WIB, periode siang berlangsung dari pukul 12.00 hingga 14.00 WIB, dan periode sore dilakukan antara pukul 16.00 hingga 18.00 WIB. Pada masing-masing periode, data lalu lintas dicatat secara detail dengan interval waktu setiap 15 menit. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa variasi lalu lintas yang terjadi dalam satu hari dapat terpantau dengan baik dan menghasilkan data yang akurat untuk setiap sesi waktu. Rekapitulasi data volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

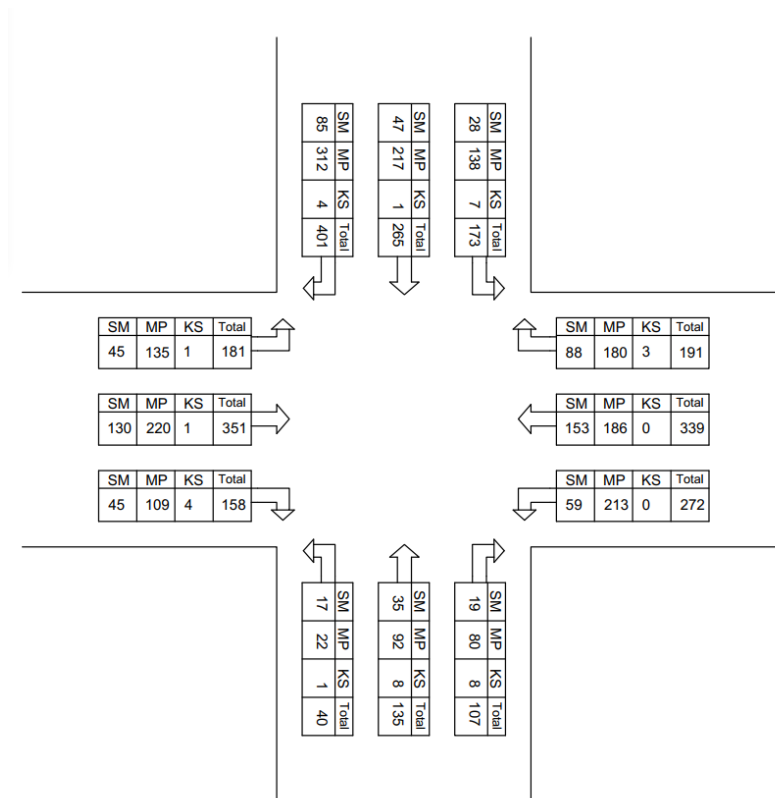
Sesi	Waktu	Rekapitulasi Volume Simpang Empat Kota Tebing Tinggi			
		Senin		Sabtu	
		Kend/jam	smp/jam	Kend/jam	smp/jam
Pagi	07.00-08.00	4937	1791	6258	2335
	07.15-08.15	4792	1739	6136	2228
	07.30-08.30	4737	1673	6026	2098
	07.45-08.45	4614	1592	5739	1968
	08.00-09.00	4546	1524	5658	1939

Lanjutan Tabel 4.2 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Sesi	Waktu	Rekapitulasi Volume Simpang Empat Kota Tebing Tinggi			
		Senin		Sabtu	
		Kend/jam	smp/jam	Kend/jam	smp/jam
Siang	12.00-13.00	3921	1308	5116	1851
	12.15-13.15	3796	1254	4848	1701
	12.30-13.30	3666	1142	4710	1587
	12.45-13.45	3504	1067	4560	1498
	13.00-14.00	3426	1039	4465	1460
Sore	16.00-17.00	5970	2285	6945	2693
	16.15-17.15	5970	2253	6921	2597
	16.30-17.30	5933	2176	6933	2519
	16.45-17.45	5825	2088	6778	2421
	17.00-18.00	5647	2017	6676	2388

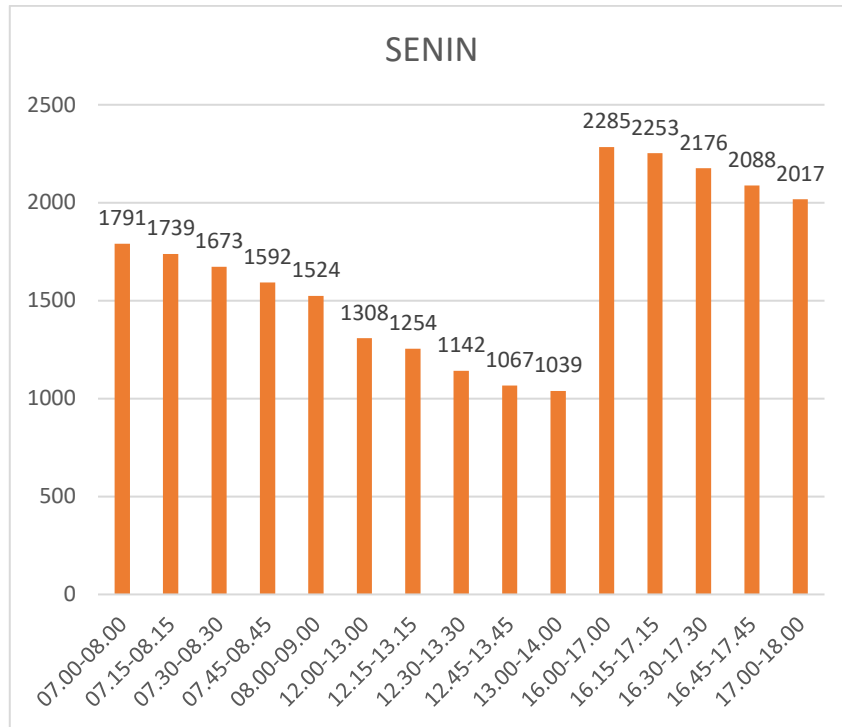
Sumber: Survei lapangan (2025)

Adapun distribusi kendaraan simpang per jam pada periode jam puncak sore hari pada hari sabtu dapat dilihat pada gambar 4.2.



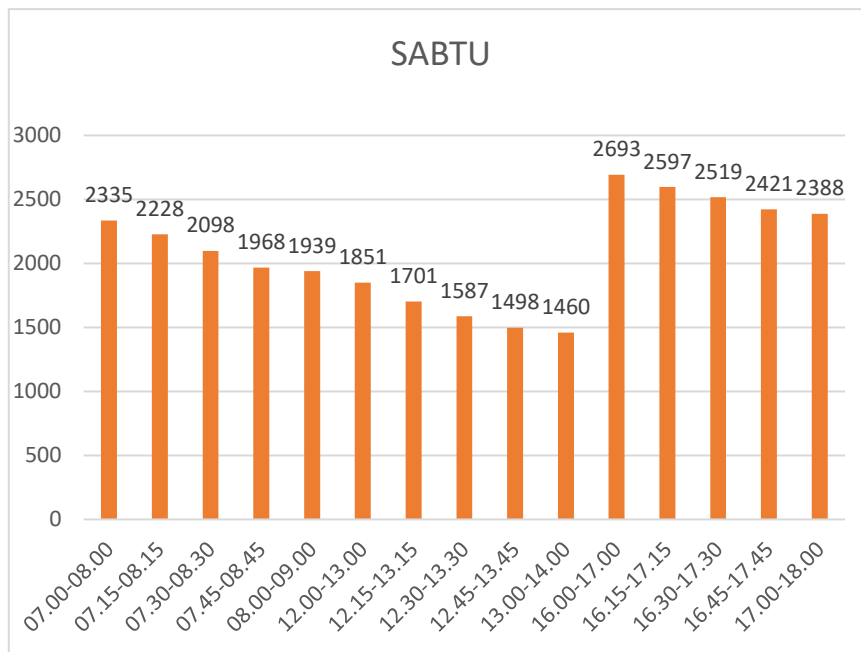
Gambar 4.2 Distribusi Volume

Sumber: Peneliti, 2025



Gambar 4.3 Grafik Data Volume Simpang Empat Kota Tebing Tinggi Hari Senin

Sumber: Peneliti, 2025



Gambar 4.4 Grafik Data Volume Simpang Empat Kota Tebing Tinggi Hari Sabtu

Sumber: Peneliti, 2025

Berdasarkan rekapitulasi data pada Tabel 4.2 dan pada grafik jam puncak

pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 diperoleh data jam puncak pada hari sabtu jam 16.00 – 17.00 dengan volume jam puncak sebesar 7198 Kend/ Jam atau 2773 Smp/Jam.

4.1.3 Data Siklus dan Fase Simpang

Data waktu siklus dan fase simpang diamati langsung dilapangan menggunakan stopwatch dan data waktu hijau, kuning dan merah dicatat pada setiap lengan simpang. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Data Waktu Siklus dan Fase Simpang

Lengan	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah (detik)	Waktu siklus (detik)	Urutan fase
Jl. Jend. Sudirman (Utara)	17	3	80	100	1
Jl. Jend. Ahmad Yani (Selatan)	17	3	80	100	2
Jl. Let. Jend. Suprpto (Timur)	17	3	80	100	3
Jl. Kapt. Tandean (Barat)	17	3	80	100	4

Sumber: Survei lapangan (2025)

4.1.4 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan dikumpulkan dengan mengukur waktu tempuh kendaraan ringan, seperti mobil penumpang, yang melintasi segmen jalan sepanjang 100 meter pada ruas-ruas yang diteliti. Pengumpulan data ini dilakukan secara langsung di lapangan, dimana surveyor mencatat waktu tempuh kendaraan menggunakan *stopwatch* untuk setiap pendekat saat kendaraan mendekati simpang. Metode ini memberikan data kecepatan kendaraan yang akurat berdasarkan waktu perjalanan yang terukur pada jarak yang telah ditentukan di lokasi survei. Kecepatan yang digunakan dalam pemodelan PTV VISSIM merupakan hasil dari *trial and error* agar mendapatkan hasil yang valid. Data hasil pengamatan kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Kecepatan Kendaraan

Lengan	Panjang Segmen	Waktu Tempuh Rata-rata (detik)	Kecepatan Rata-rata (Km/ Jam)
Jl. Jend. Sudirman (Utara)	100 m	21.0	17.7
Jl. Jend. Ahmad Yani (Selatan)		21.6	17.0
Jl. Let. Jend. Suprpto (Timur)		20.3	19.3
Jl. Kapt. Tandean (Barat)		24.6	14.9

Sumber: Survei lapangan (2025)

4.1.5 Driving Behavior

Driving behavior digunakan untuk mengatur interaksi antar kendaraan yang menjadi parameter dalam aplikasi PTV VISSIM. Kalibrasi diperlukan untuk menyesuaikan perilaku berkendara dengan kondisi di lokasi penelitian saat ini. Data mengenai perilaku berkendara diperoleh dengan mengamati jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, data perilaku berkendara mencakup jarak antar kendaraan, yang terdiri dari 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang saat kendaraan berhenti, dan 20 sampel jarak antar kendaraan samping menyamping saat kendaraan berhenti. Data *driving behavior* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Driving Behavior

Lokasi: Simpang Empat Kota Tebing Tinggi		
Hari/ Tanggal : Sabtu, 30 Agustus 2025		
Lengan : Jl. Jend. Sudirman (Utara)		
No	Depan - Belakang saat Berhenti (m)	Sejajar saat Berhenti (m)
1	0,3	0,8
2	0,2	0,5
3	0,4	0,7
4	0,3	1
5	0,4	0,4
6	0,2	0,5
7	0,5	0,5
8	0,2	0,5
9	1,5	0,6
10	0,3	0,3
11	0,2	0,2
12	1,2	0,4
13	0,3	0,9
14	0,4	0,8
15	0,3	0,4
16	0,2	0,4
17	0,2	0,5
18	1,1	0,3
19	0,4	0,4
20	0,4	0,4

Lanjutan Tabel 4.5 Data Driving Behavior

Lengan : Jl. Jend. Ahmad Yani (Selatan)		
No	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0,4	0,3
2	0,4	0,2
3	0,2	0,4
4	0,2	0,3
5	0,5	0,3
6	0,7	0,3
7	0,4	0,5
8	0,3	1
9	0,3	0,4
10	1,3	0,6
11	0,3	0,4
12	0,3	0,5
13	1,8	0,7
14	0,5	0,6
15	0,4	0,6
16	2	0,6
17	0,6	0,5
18	0,3	0,5
19	1,4	0,5
20	1,3	0,4
Lengan : Jl. Let. Jend. Suprpto (Timur)		
No	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0,5	0,6
2	0,5	0,4
3	0,6	0,5
4	0,6	0,7
5	0,4	0,6
6	0,4	0,6
7	0,3	0,6
8	0,2	0,5
9	0,7	0,5
10	0,5	1
11	1	0,8
12	0,9	0,5
13	1,2	0,6

Lanjutan Tabel 4.5 Data Driving Behavior

No	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
14	0,8	0,4
15	0,4	0,9
16	0,3	1,2
17	0,3	0,5
18	0,3	0,7
19	0,5	0,7
20	1,5	0,6
Lengan : Jl. Kapt. Tandean (Barat)		
No	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0,3	0,6
2	0,3	0,5
3	0,4	0,4
4	0,6	0,5
5	0,2	0,7
6	0,3	0,5
7	0,3	0,6
8	1,9	0,6
9	0,3	0,5
10	0,4	0,7
11	0,3	0,9
12	0,5	0,8
13	0,3	0,5
14	0,4	0,5
15	0,7	0,6
16	0,4	0,4
17	0,4	0,4
18	0,3	0,4
19	0,8	0,4
20	0,6	0,3

Sumber : Data Lapangan (2025)

4.1.6 Panjang Antrean

Data panjang antrean diperoleh langsung dengan melakukan pengukuran di lapangan. Data ini mencakup panjang antrean maksimum selama jam puncak, yang

dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Data Panjang Antrean

Lengan	Panjang Antrean Maksimum (m)
Jl. Jend. Sudirman (Utara)	73,5
Jl. Jend. Ahmad Yani (Selatan)	50,1
Jl. Let. Jend. Suprpto (Timur)	70,4
Jl. Kapt. Tandean (Barat)	55,7

Sumber : Data Lapangan (2025)

Tabel diatas menunjukkan panjang antrean maksimum pada jam puncak pada Jl. Jend. Sudirman (Utara) sebesar 73,5 m, Jl. Jend. Ahmad Yani (Selatan) sebesar 50,1 m, Jl. Let. Jend. Suprpto (Timur) sebesar 70,4 m dan Jl. Kapt. Tandean (Barat) sebesar 55,7 m.

4.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini meliputi lokasi penelitian serta data jumlah penduduk Kota Tebing Tinggi.

4.2.1 Data Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada simpang empat Kota Tebing Tinggi tepatnya berada pada pertemuan Jl. Kapten Tandean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Let. Jend. Suprpto – Jl. Ahmad Yani. Peta Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

4.2.2 Data Jumlah Penduduk Kota Tebing Tinggi

Berdasarkan data BPS Kota Tebing Tinggi, jumlah penduduk pada tahun 2024 berjumlah 182.226 jiwa. Dengan luas wilayah 3.843,8 Ha (38.438 km^2), dengan kepadatan penduduk 4.700 jiwa/km^2 .

4.3 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang Empat Kota Tebing Tinffi mengacu kepada PKJI 2023 dengan tujuan untuk menghitung nilai kapasitas kendaraan, nilai derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan simpang, seperti panjang antrean, kendaraan yang terhenti, serta tundaan. Proses analisis dilakukan menggunakan data volume lalu lintas yang dihasilkan dari simulasi VISSIM.

Data yang telah diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam matrik perhitungan. Matrik perhitungan yang digunakan disusun menggunakan *software* Microsoft Excel sesuai rumus dan format perhitungan formulir Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Perhitungan dan hasil analisis data ditunjukkan pada formulir SA-I sampai dengan SA-V.

4.3.1 Formulir SA-I

Pada formulir SA 1, tahapan analisis data yang dilakukan yaitu menentukan data masukan meliputi geometrik simpang, pengaturan lalu lintas, serta jenis kawasan atau lingkungan. Analisis data pada formulir SA 1 dapat dilihat pada Gambar 4.5. Pada simpang empat Kota Tebing Tinggi ini terdapat 2 tipe pendekat mayor yaitu pada Jl. Jend. Sudirman dan Jl. Ahmad Yani serta 2 pendekat minor pada Jl. Jend. Suprpto dan Jl. Kapt. Tandean. Pada setiap lengan pendekat Simpang APILL memiliki $L_{BKIJT} > 2$ m atau merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan B_{KIJT} dapat mendahului antrean kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. Oleh karena itu, nilai LE ditetapkan sebagai berikut:

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} L_E &= L - L_{BKIJT} \\ &= 6,75 - 2 = 4,75 \text{ m} \\ L_E &= L_M = 4,75 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} L_E &= L - L_{BKIJT} \\ &= 7,8 - 2 = 5,8 \text{ m} \\ L_E &= L_M = 5,8 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} L_E &= L - L_{BKIJT} \\ &= 7,8 - 2 = 5,8 \text{ m} \\ L_E &= L_M = 5,8 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} L_E &= L - L_{BKIJT} \\ &= 7,8 - 2 = 5,8 \text{ m} \\ L_E &= L_M = 5,8 \text{ m} \end{aligned}$$

SIMPANG APILL		Tahun : 2025	Ditangani oleh: Indah Sari							
DATA :		Kota : Tebing Tinggi								
GEOMETRI		Simpang : Simpang 4 Kota Tebing Tinggi								
PENGATURAN LALU LINTAS		Ukuran kota: 182.226 Jiwa								
LINGKUNGAN		Perihal : 4 fase								
		Periode : Jam Puncak Sore								
Sketsa Fase APILL										
Fase 1		Fase 2		Fase 3						
Fase 4										
				Waktu Siklus						
				S= 76 detik						
				Waktu hilang hijau total						
				WHH= WAH= 24 detik						
$W_H =$	13	$W_H =$	13	$W_H =$						
$W_{AH} =$	6	$W_{AH} =$	6	$W_{AH} =$						
				Wh= Waktu hijau						
				WAH = Waktu antar hijau						
Sketsa Simpang										
Kondisi Lapangan										
Kode pendekat	Tipe lingkungan jalan	Kelas hambatan samping	Median	Kelandaian pendekat . (nanjak) atau . (turun) %	BKJIT	Jarak kendaraan parkir pertama	Lebar pendekat			
							Pada awal lajur L	Pada garis henti L_M	Pada lajur belok kiri L_{SKUT}	Pada lajur keluar L_K
U,S,T,B	KIM, KOM, AT	T (Tinggi) R (Rendah)	Y (Ada) atau T (Tidak)		Y (Ada) atau T (Tidak)		m	m	m	m
U	Kom	R	Y	0	Y		6.75	4.75	2	6.75
S	Kom	R	Y	0	Y		7.8	5.8	2	7.3
T	Kom	R	T	0	Y		4.8	4.8	0	4.8
B	Kom	T	T	0	Y		6.35	4.35	2	6.35

Gambar 4.5 Formulir SA-I

Sumber

4.3.2 Formulir SA-II

Pada formulir SA-II, tahapan analisis yang dilakukan adalah menganalisis arus lalu lintas sesuai data yang diperoleh. Analisis data pada formulir SA-II dapat dilihat pada Gambar 4.6. Analisis arus lalu lintas didapat dari perhitungan berikut.

1. Hitung arus lalu lintas total maksimum masing-masing pendekat.

Utara = 1728 Kend/jam

Selatan = 553 Kend/jam

Timur = 2578 Kend/jam

Barat = 1938 Kend/jam

2. Hitung rasio arus kendaraan belok kiri (R_{BK_i}) dan rasio arus belok kanan (R_{BK_a}) untuk masing-masing pendekatan.

- a. Rasio arus kendaraan belok kiri (R_{BK_i})

$$R_{BK_i} = \frac{q_{BK_i}}{q_{Total}}$$

$$\text{Utara} = \frac{866}{1728} = 0,50$$

$$\text{Selatan} = \frac{133}{553} = 0,24$$

$$\text{Timur} = \frac{767}{2578} = 0,30$$

$$\text{Barat} = \frac{436}{1938} = 0,22$$

- b. Rasio arus kendaraan belok kanan (R_{BK_a})

$$R_{BK_a} = \frac{q_{BK_a}}{q_{Total}}$$

$$\text{Utara} = \frac{328}{1728} = 0,19$$

$$\text{Selatan} = \frac{86}{553} = 0,16$$

$$\text{Timur} = \frac{603}{2578} = 0,23$$

$$\text{Barat} = \frac{413}{1938} = 0,21$$

3. Hitung rasio kendaraan tak bermotor (R_{KTB}) dengan membagi jumlah arus kendaraan tak bermotor (q_{KTB}) dengan total arus kendaraan bermotor (q_{KB}).

$$R_{KTB} = \frac{q_{KTB}}{q_{KB}}$$

$$\text{Utara} = \frac{8}{1728} = 0,0017$$

$$\text{Selatan} = \frac{0}{553} = 0$$

$$\text{Timur} = \frac{0}{2578} = 0$$

$$\text{Barat} = \frac{1}{1938} = 0,00052$$

SIMPANG APILL			Tahun : 2025			Ditangani oleh : Indah Sari											
ARUS LALU LINTAS			Kota : Tebing Tinggi			Perihal : 4 fase											
			Simpang : Simpang 4 Kota Tebing Tinggi			Periode : Jam puncak sore hari											
			Ukuran Kota: 182.226 Jiwa														
Kode pendekatan	Arah	KENDARAAN BERMOTOR											KENDARAAN TAK BERMOTOR				
		KENDARAAN BERMOTOR									Total Kendaraan Bermotor		Rasio Belok ke Kiri	Rasio Belok ke Kanan	KTB	R _{KTB}	
		Mobil Penumpang (MP)			Kendaraan Berat (KB)			Sepeda Motor (SM)									
		EMP terlindung :		1.00	EMP terlindung :		1.30	EMP terlindung :		0.15							
EMP terlawan :		1.00	EMP terlawan :		1.30	EMP terlawan :		0.40									
	Kend/jam	terlindung SMP/jam	terlawan SMP/jam	Kend/jam	terlindung SMP/jam	terlawan SMP/jam	Kend/jam	terlindung SMP/jam	terlawan SMP/jam	Kend/jam	terlindung SMP/jam	terlawan SMP/jam	R _{KI}	R _{KA}	Kend/jam	Rasio arus KTB terhadap arus total	
{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
U	B _{KI} / B _{KUR}	312	312	312	3	3.9	3.9	551	82.7	220.4	866	398.6	536.3	0.50		1	
	Lurus	217	217	217	1	1.3	185.0	316	47.4	126.4	534	265.7	528.4			4	
	B _{KA}	138	138	138	5	6.5	6.5	185	27.8	74.0	328	172.3	218.5		0.19	7	
	Total	667	667	667	9	11.7	11.7	1052	157.8	420.8	1728	836.5	1283.2			12	0.0069
S	B _{KI} / B _{KUR}	22	22	22	1	1.3	1.3	110	16.5	44.0	133	39.8	67.3	0.24			
	Lurus	92	92	92	6	7.8	7.8	236	35.4	94.4	334	135.2	194.2				
	B _{KA}	80	80	80	6	7.8	7.8	0	0.0	0.0	86	87.8	87.8		0.16		
	Total	194	194	194	13	16.9	16.9	346	51.9	138.4	553	262.8	349.3			0	0.00
T	B _{KI} / B _{KUR}	180	180	180	2	2.6	2.6	585	87.8	234.0	767	270.4	416.6	0.30			
	Lurus	186	186	186	1	1.3	1.3	1021	153.2	408.4	1208	340.5	595.7				
	B _{KA}	213	213	213	0	0.0	0.0	390	58.5	156.0	603	271.5	369.0		0.23	9	
	Total	579	579	579	3	3.9	3.9	1996	299.4	798.4	2578	882.3	1381.3			4	0.00
B	B _{KI} / B _{KUR}	135	135	135	1	1.3	1.3	300	45.0	120.0	436	181.3	256.3	0.22		1	
	Lurus	220	220	220	1	1.3	1.3	868	130.2	347.2	1089	351.5	568.5			8	
	B _{KA}	109	109	109	3	3.9	3.9	301	45.2	120.4	413	158.1	233.3		0.21		
	Total	464	464	464	5	6.5	6.5	1469	220.4	587.6	1938	700.9	1058.1			9	0.00464

Gambar 4.6 Formulir SA-II

Sumber : Analisa (2025)

4.3.3 Formulir SA-III

Pada formulir SA-III, tahapan analisis yang dilakukan adalah memasukkan data waktu siklus simpang sesuai dengan data yang diperoleh. Analisis data pada formulir SA-III dapat dilihat pada Gambar 4.7. Analisisn periode W_{MS} dan W_{HH} dihitung dengan persamaan berikut.

- $$W_{MS} = \text{Max} \left\{ \frac{LKBR+PKBR}{VKBR} - \frac{LKDT}{VKDT}, \frac{LPK}{VPK} \right\}$$

$$W_{MS} (\text{Selatan}) = \frac{20,3}{10} - \frac{10,4}{10} = 0,99 \text{ detik}$$

$$W_{MS} (\text{Utara}) = \frac{10,5}{10} - \frac{6,4}{10} = 0,41 \text{ detik}$$

$$W_{MS} (\text{Barat}) = \frac{21,3}{10} - \frac{11,5}{10} = 0,98 \text{ detik}$$

$$W_{MS} (\text{Timur}) = \frac{16,4}{10} - \frac{12,4}{10} = 0,4 \text{ detik}$$

- $$W_{HH} = \sum (W_{MS} + W_K)_i$$

$$W_{HH} = 4 + 12 = 16 \text{ det/siklus}$$

SIMPANG APILL		Tahun :2025	Ditangani oleh : Indah Sari			
WAKTU MERAH SEMUA WAKTU HILANG HIJAU TOTAL		Kota : Tebing Tinggi				
		Simpang : Empat Kota Tebing Tinggi				
		Ukuran kota : 182.228 jiwa				
		Perihal : Waktu siklus				
Periode :						
Kode Pendekat	Jarak (m)	Kecepatan (m/detik)			Waktu Tempuh (detik)	W _{MS} (detik)
		Berangkat V _{KBR}	Datang V _{KDT}	Pejalan kaki V _{PK}		
S	Jarak berangkat, L _{KBR} + P _{KBR}	20.3	10		20.3	0.99
	Jarak, L _{KDT}	10.4		10	10.4	
	Jarak pejalan kaki, L _{PK}					
U	Jarak berangkat, L _{KBR} + P _{KBR}	10.5	10		10.5	0.41
	Jarak, L _{KDT}	6.4		10	6.4	
	Jarak pejalan kaki, L _{PK}					
B	Jarak berangkat, L _{KBR} + P _{KBR}	21.3	10		21.3	0.98
	Jarak, L _{KDT}	11.5		10	11.5	
	Jarak pejalan kaki, L _{PK}					
T	Jarak berangkat, L _{KBR} + P _{KBR}	16.4	10		16.4	0.4
	Jarak, L _{KDT}	12.4		10	12.4	
	Jarak pejalan kaki, L _{PK}					
...	Jarak berangkat, L _{KBR} + P _{KBR}					
	Jarak, L _{KDT}					
	Jarak pejalan kaki, L _{PK}					
...	Jarak berangkat, L _{KBR} + P _{KBR}					
	Jarak, L _{KDT}					
	Jarak pejalan kaki, L _{PK}					
CATATAN :		Penentuan W _{ms}				
Dari fase 3 ke-4 tidak memerlukan W _{ms} karena arus dari barat tetap berjalan		Fase 1 → Fase 2 1 Fase 2 → Fase 3 1 Fase 3 → Fase 4 1 Fase 4 → Fase 1 1				
$w_{MS} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \\ \frac{L_{PK}}{V_{PK}} \end{array} \right.$		Wk semua fase (3 detik per fase)			12	
		W _{HH} = ∑ (W _{MS} + W _k) SEMUA FASE (detik/siklus)			16	

Gambar 4.7 Formulir SA-III

Sumber : Analisa (2025)

Berdasarkan formulir SA-III, menunjukkan bahwa Simpang Empat Kota Tebing Tinggi memiliki jumlah fase sebanyak 4 dengan waktu kuning selama 3 detik serta waktu merah semua selama 1 detik untuk masing masing pendekat. Berdasarkan waktu kuning dan waktu merah semua yang telah disebutkan, maka waktu hilang hijau total adalah 12 detik.

4.3.4 Formulir SA-IV

Pada formulir SA-IV, tahapan analisis yang dilakukan adalah menentukan

waktu isyarat, kapasitas simpang serta derajat kejenuhan menggunakan data yang telah diperoleh. Analisis data pada formulir SA-IV dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Formulir SA-IV

SIMPANG APILL		Tahun : 2025		Ditangani oleh : Indah Sari																		
		PENENTUAN WAKTU ISYARAT KAPASITAS																				
		Kota : Tebing Tinggi																				
		Simpang : Empat Kota Tebing Tinggi																				
		Ukuran kota : 182.228 jiwa																				
		Perihal : Penentuan waktu isyarat dan kapasitas																				
		Periode : Jam puncak sore hari																				
Distribusi Arus Lalu Lintas :																						
		Fase 1	Fase 2		Fase 3	Fase 4																
Distribusi arus lalu lintas, SMP/jam																						
Kode pendekatan Hijau dalam fase ke- Tipe pendekatan	Rasio kendaraan belok			Arus belok kanan		Lebar efektif Le	Arus Jenuh								Arus lalu lintas q	Rasio Arus R _{q/i}	Rasio Fase R _e	Waktu Hijau per fase (i) W _{Hi}	Kapasitas C	Derajat kejenuhan D _i		
	R _{kb}	R _{kl}	R _{kr}	dari arah ditinjau	dari arah berlawanan		Semua tipe pendekatan				Hanya tipe P		Arus jenuh yang disesuaikan J									
						F _{Hs}	F _{Uk}	F _G	F _P	F _{Ki}	F _{Ka}	SMP/jam		SMP/jam	(18)/(17)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)		(12)								(13)	(14)

U	2	P	0.50		0.19			4.75	2850	0.95	0.82	1	1	0.92	1.05	2143	837	0.39	0.53	57	1133	0.74		
S	1	P	0.24		0.16			5.8	3480	0.95	0.82	1	1	0.96	1.04	2712	263	0.10	0.13	14	356	0.74		
T	3	P	0.30		0.23			2.8	1680	0.95	0.82	1	1	0.95	1.06	1322	882	0.67	0.91	98	1195	0.74		
B	4	P	0.22		0.21			4.35	2610	0.93	0.82	1	1	0.96	1.06	2025	691	0.34	0.47	50	936	0.74		
Waktu hilang hijau total, W _{Hi} =			16		detik		Waktu siklus pra penyesuaian, S _p =		108.01		detik		Waktu siklus disesuaikan, S =		108		detik		Rasio Arus Simpang RAS = Σ (R _{q/i} /k _{inti}) =		0.732		W _{Hi} = (S - W _{Hi}) x R _f	

Gambar 4.8 Formulir SA-IV

Sumber : Analisa (2025)

Dalam penentuan arus jenuh parameter yang harus dihitung adalah berikut ini.

1. Arus Jenuh Dasar (J₀)

Arus jenuh dasar merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean di dalam suatu pendekatan pada kondisi ideal (smp/jam). Arus jenuh dasar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$J_0 = 600 \times L_E$$

$$J_0 (\text{Utara}) = 600 \times 4,75 = 2850 \text{ smp/jam}$$

$$J_0 (\text{Selatan}) = 600 \times 5,28 = 3480 \text{ smp/jam}$$

$$J_0 (\text{Timur}) = 600 \times 2,8 = 1680 \text{ smp/jam}$$

$$J_0 (\text{Barat}) = 600 \times 4,35 = 2610 \text{ smp/jam}$$

2. Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})

Faktor koreksi ukuran kota merupakan faktor koreksi nilai kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota yang dinyatakan oleh besarnya populasi. Berdasarkan data BPS Kota Tebing Tinggi, jumlah penduduk pada tahun 2024

berjumlah 182.226 jiwa (2024). Berdasarkan Tabel 2.4, diperoleh faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK}) sebesar 0,82.

3. Faktor Koreksi Hambatan Samping (F_{HS})

Pada pendekatan Utara, Selatan dan Timur merupakan kawasan komersial dengan hambatan samping rendah sehingga berdasarkan Tabel 2.5, diperoleh faktor hambatan samping (F_{HS}) sebesar 0,95 dan pada pendekatan Barat dengan kawasan komersial dengan hambatan samping tinggi didapat faktor hambatan samping (F_{HS}) sebesar 0,93.

4. Faktor Koreksi Kelandaian

Jika diamati secara kualitatif, kelandaian jalan pada lokasi penelitian termasuk datar, sehingga kemiringan diasumsikan sebesar 0%. Berdasarkan Gambar 2.5, nilai faktor kelandaian Simpang APILL MM UGM pada tiap lengannya adalah 1.

5. Faktor Koreksi Parkir

Berdasarkan pengamatan di lokasi, tidak terdapat kendaraan yang diparkir di sepanjang jalur menuju persimpangan, sehingga faktor penyesuaian parkir ditetapkan sebesar 1 untuk semua lengan pendekatan.

6. Perhitungan Faktor Koreksi Belok Kanan dan Belok Kiri

Untuk rasio belok kanan dapat dihitung sebagai berikut.

$$R_{Bka} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$\begin{aligned} R_{BKa} (\text{Utara}) &= 1,0 + 0,19 \times 0,26 \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BKa} (\text{Selatan}) &= 1,0 + 0,16 \times 0,26 \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BKa} (\text{Utara}) &= 1,0 + 0,23 \times 0,26 \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BKa} (\text{Utara}) &= 1,0 + 0,21 \times 0,26 \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

Untuk rasio belok kiri dapat dihitung sebagai berikut.

$$R_{Bki} = 1,0 - R_{BKl} \times 0,16$$

$$\begin{aligned} R_{BKl} (\text{Utara}) &= 1,0 + 0,50 \times 0,16 \\ &= 0,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BK_i}(\text{Selatan}) &= 1,0 + 0,24 \times 0,16 \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BK_i}(\text{Timur}) &= 1,0 + 0,30 \times 0,16 \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BK_i}(\text{Barat}) &= 1,0 + 0,22 \times 0,16 \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

7. Arus Jenuh

Berdasarkan analisis arus jenuh dasar dan beberapa faktor penyesuaian di atas, maka didapatkan nilai arus jenuh pada Simpang Empat Kota Tebing Tinggi dengan Persamaan 3.3 pada setiap pendekatan sebagai berikut.

Pendekat Utara

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 2850 \times 0,95 \times 0,82 \times 1 \times 1 \times 0,92 \times 1,05 \\ &= 2143 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 3480 \times 0,95 \times 0,82 \times 1 \times 1 \times 0,96 \times 1,04 \\ &= 2712 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Pendekat Timur

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 1680 \times 0,95 \times 0,82 \times 1 \times 1 \times 0,95 \times 1,06 \\ &= 1322 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Pendekat Barat

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 2610 \times 0,93 \times 0,82 \times 1 \times 1 \times 0,96 \times 1,06 \\ &= 2025 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

8. Rasio Arus Jenuh

Dapat dihitung dengan persamaan, $R_{q/j} = \frac{q}{J}$

$$R_{q/j} \text{ Utara} = \frac{837}{2143} = 0,39$$

$$R_{q/j} \text{ Selatan} = \frac{263}{2712} = 0,10$$

$$R_{q/j} \text{ Timur} = \frac{882}{1322} = 0,67$$

$$R_{q/j} \text{ Barat} = \frac{691}{2025} = 0,34$$

9. Rasio Arus Simpang

Untuk menghitung rasio arus simpang dapat dihitung dengan persamaan 2.9.

$$R_{A/S} = \sum i(R_{q/j \text{ kritis}})i$$

$$R_{A/S} = 0,732$$

10. Rasio fase

Berdasarkan PKJI 2023, Nilai R_F didapatkan dengan melihat rumus berikut:

$$R_F = \frac{R_{q/j \text{ kritis}}}{R_{AS}}$$

$$R_F \text{ Utara} = \frac{0,39}{0,732} = 0,53$$

$$R_F \text{ Selatan} = \frac{0,10}{0,732} = 0,13$$

$$R_F \text{ Timur} = \frac{0,67}{0,732} = 0,91$$

$$R_F \text{ Barat} = \frac{0,691}{0,732} = 0,47$$

11. Waktu Siklus (s)

$$S = \frac{(1,5 \times WHH + 5)}{(1 - \sum R_{q/j \text{ kritis}})}$$

$$= \frac{(1,5 \times 16 + 5)}{(1 - 0,732)}$$

$$= 108 \text{ detik}$$

12. Waktu Hijau (W_{Hi})

Waktu hijau dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times R_F$$

$$W_{Hi} \text{ Utara} = (108 - 16) \times 0,53 = 57$$

$$W_{Hi} \text{ Selatan} = (108 - 16) \times 0,13 = 47$$

$$W_{Hi} \text{ Timur} = (108 - 16) \times 0,91 = 98$$

$$W_{Hi} \text{ Barat} = (108 - 16) \times 0,47 = 50$$

13. Kapasitas (C)

Kapasitas simpang dinyatakan dalam satuan smp/jam. Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$C = J \times \frac{WH}{s}$$

$$C \text{ Utara} = 2143 \times \frac{57}{108} = 1133$$

$$C \text{ Selatan} = 2712 \times \frac{47}{108} = 356$$

$$C \text{ Timur} = 1322 \times \frac{98}{108} = 1195$$

$$C \text{ Barat} = 2025 \times \frac{50}{108} = 936$$

14. Derajat Kejenuhan (D_j)

Adapun nilai derajat kejenuhan (D_j) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.15. berikut.

$$D_j = \frac{Q}{C}$$

$$D_j \text{ Utara} = \frac{837}{1133} = 0,74$$

$$D_j \text{ Selatan} = \frac{263}{356} = 0,74$$

$$D_j \text{ Timur} = \frac{882}{1195} = 0,74$$

$$D_j \text{ Barat} = \frac{691}{936} = 0,74$$

4.4.5 Formulir SA-V

Pada formulir SA-V, tahapan analisis yang dilakukan yaitu analisis perilaku lalu lintas yang berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti serta tundaan menggunakan data yang telah diperoleh. Analisis data pada formulir SA-V dapat dilihat pada Gambar 4.9.

SIMPANG APILL													FORMULIR SA-V			
PANJANG ANTRIAN JUMLAH KENDARAAN TERHENTI TUNDAAN			Tahun : 2025						Ditangani oleh : Indah Sari							
			Kota : Tebing Tinggi													
			Simpang : Empat Kota Tebing Tinggi													
			Ukuran kota : 182.228 jiwa													
Perihal : Panjang antrian dan tundaan																
Periode : Jam puncak sore hari																
Kode Pendeklat	Arah lalu lintas q	Kapasitas C	Derajat Kejenuhan D_j	Rasio Hijau R_H	Jumlah kendaraan antri				Panjang Antrian PA m	Rasio Kendaraan Terhenti R_{KH}	Jumlah Kendaraan Terhenti N_{KH} SMP	Tundaan				
					N_{q1} SMP	N_{q2} SMP	N_q (6)+(7) SMP	N_{qmax} Gambar 5-9 SMP				Tundaan lalu lintas rata-rata T_L detik	Tundaan geometri rata-rata T_G detik	Tundaan rata-rata T (13)+(14) detik	Tundaan Total (2)+(15) SMP.detik	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
U	837	1133	0.74	0.529	0.81	18.0	18.8	28	79	0.59	495	22.3	2.8	25.1	20985	
S	263	356	0.74	0.131	0.81	7.0	7.8	13	27	0.79	206	53.3	3.3	56.7	14893	
T	882	1195	0.74	0.904	0.81	7.1	7.9	13.5	33	0.24	208	3.9	2.0	6.0	5261	
B	691	936	0.74	0.462	0.81	15.7	16.5	24.5	76	0.63	434	26.8	3.0	29.8	20609	
q _{total}	2672										1343				61748	
q _{dikoreksi}											0.560				23.1	
Total jumlah kendaraan terhenti :										1343	Total tundaan :				61748	
Rasio kendaraan terhenti rata-rata :										0.560	Tundaan simpang rata-rata, detik/SMP :				23.1	
Jika $D_j \leq 0,5$ maka $N_{q1} = 0$; Jika $D_j > 0,5$ maka $N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{s}} \right\}$										$P_A = N_q \times \frac{20}{L_{sk}}$			$T_L = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C}$			
$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{q}{3600}$										$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600$			$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4)$			
										$N_{KH} = q \times R_{KH}$						

Gambar 4.9 Formulir SA-V

Sumber : Analisa (2025)

1. Rasio Hijau

Berdasarkan PKJI 2023, Nilai (R_H) didapatkan dari rumus berikut:

$$R_H = \frac{W_{Hi}}{s}$$

$$R_H \text{ Utara} = \frac{57}{108} = 0,529$$

$$R_H \text{ Selatan} = \frac{14}{108} = 0,131$$

$$R_H \text{ Timur} = \frac{98}{108} = 0,904$$

$$R_H \text{ Barat} = \frac{50}{108} = 0,462$$

2. Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

Karena $D_J > 0,5$ maka

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

$$\begin{aligned} N_{q1} &= 0,25 \times 108 \times \left\{ (0,74 - 1) + \sqrt{(0,74 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,74 - 0,5)}{108}} \right\} \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

3. Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

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

$$N_{q2} \text{ Utara} = 108 \times \frac{(1 - 0,529)}{(1 - 0,529 \times 0,74)} \times \frac{837}{3600} = 18$$

$$N_{q2} \text{ Selatan} = 108 \times \frac{(1 - 0,131)}{(1 - 0,131 \times 0,74)} \times \frac{263}{3600} = 7$$

$$N_{q2} \text{ Timur} = 108 \times \frac{(1 - 0,904)}{(1 - 0,904 \times 0,74)} \times \frac{882}{3600} = 7,1$$

$$N_{q2} \text{ Barat} = 108 \times \frac{(1 - 0,462)}{(1 - 0,462 \times 0,74)} \times \frac{691}{3600} = 15,7$$

4. Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q)

$$N_q = N_{q1} + N_{q2}$$

$$N_q \text{ Utara} = N_{q1} + N_{q2} = 0,81 + 18 = 18,8$$

$$N_q \text{ Selatan} = N_{q1} + N_{q2} = 0,81 + 7 = 7,8$$

$$N_q \text{ Timur} = N_{q1} + N_{q2} = 0,81 + 7,1 = 7,9$$

$$N_q \text{ Barat} = N_{q1} + N_{q2} = 0,81 + 15,7 = 16,5$$

5. Jumlah rata-rata antrean kendaraan maksimum (N_{qMAX})
 (N_{qMAX}) dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.5. Dalam hal ini digunakan nilai P_{OL} sebesar 5% sehingga diketahui N_{qMAX} berikut.

$$\begin{aligned} N_{qMAX} \text{ Utara} &= 28 \\ N_{qMAX} \text{ Selatan} &= 13 \\ N_{qMAX} \text{ Timur} &= 13,5 \\ N_{qMAX} \text{ Barat} &= 24,5 \end{aligned}$$

6. Panjang Antrean (P_A)

$$P_A = Nq \times \frac{20}{LM}$$

$$\begin{aligned} P_A \text{ Utara} &= 18,8 \times \frac{20}{4,75} = 79 \text{ m} \\ P_A \text{ Selatan} &= 7,8 \times \frac{20}{5,8} = 27 \text{ m} \\ P_A \text{ Timur} &= 7,9 \times \frac{20}{4,8} = 33 \text{ m} \\ P_A \text{ Barat} &= 16,5 \times \frac{20}{43,5} = 76 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Rasio kendaraan henti (R_{KH})

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{Nq}{q \times s} \times 3600$$

$$\begin{aligned} R_{KH} \text{ Utara} &= 0,9 \times \frac{18,8}{837 \times 108} \times 3600 = 0,59 \\ R_{KH} \text{ Selatan} &= 0,9 \times \frac{7,8}{263 \times 108} \times 3600 = 0,79 \\ R_{KH} \text{ Timur} &= 0,9 \times \frac{7,9}{882 \times 108} \times 3600 = 0,24 \\ R_{KH} \text{ Barat} &= 0,9 \times \frac{16,5}{691 \times 108} \times 3600 = 0,63 \end{aligned}$$

8. Jumlah kendaraan terhenti (N_{KH})

$$N_{KH} = q \times R_{KH}$$

$$\begin{aligned} N_{KH} \text{ Utara} &= q \times R_{KH} = 837 \times 0,59 = 495 \\ N_{KH} \text{ Selatan} &= q \times R_{KH} = 263 \times 0,79 = 206 \\ N_{KH} \text{ Timur} &= q \times R_{KH} = 882 \times 0,24 = 208 \\ N_{KH} \text{ Barat} &= q \times R_{KH} = 691 \times 0,63 = 434 \end{aligned}$$

9. Tundaan lalu lintas rata-rata

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C}$$

$$T_{LL} \text{ Utara} = 108 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,59)^2}{(1 - 0,59 \times 0,74)} + \frac{0,81 \times 3600}{1133} = 22,3 \text{ detik}$$

$$T_{LL} \text{ Selatan} = 108 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,131)^2}{(1 - 0,131 \times 0,74)} + \frac{0,81 \times 3600}{356} = 53,3 \text{ detik}$$

$$T_{LL} \text{ Timur} = 108 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,904)^2}{(1 - 0,904 \times 0,74)} + \frac{0,81 \times 3600}{1195} = 3,9 \text{ detik}$$

$$T_{LL} \text{ Barat} = 108 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,462)^2}{(1 - 0,462 \times 0,74)} + \frac{2,4 \times 3600}{936} = 26,8 \text{ detik}$$

10. Tundaan Geometri (T_G)

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

$$T_G \text{ Utara} = (1 - 0,59) \times 0,19 \times 6 + (0,59 \times 4) = 2,8 \text{ detik}$$

$$T_G \text{ Selatan} = (1 - 0,79) \times 0,16 \times 6 + (0,79 \times 4) = 3,3 \text{ detik}$$

$$T_G \text{ Timur} = (1 - 0,24) \times 0,23 \times 6 + (0,24 \times 4) = 2,0 \text{ detik}$$

$$T_G \text{ Barat} = (1 - 0,63) \times 0,21 \times 6 + (0,63 \times 4) = 3,0 \text{ detik}$$

11. Tundaan (T)

$$T = T_{LL} + T_G$$

$$T \text{ Utara} = 23,3 + 2,8 = 25,1 \text{ detik}$$

$$T \text{ Selatan} = 53,3 + 3,3 = 56,7 \text{ detik}$$

$$T \text{ Timur} = 3,9 + 2,0 = 6,0 \text{ detik}$$

$$T \text{ Barat} = 26,8 + 3,0 = 29,8 \text{ detik}$$

12. Tundaan total

Tundaan total dihitung dengan rumus $q \times T$

$$\text{Utara} = 837 \times 25,1 = 20985$$

$$\text{Selatan} = 263 \times 56,7 = 14893$$

$$\text{Timur} = 882 \times 6,0 = 5261$$

$$\text{Barat} = 691 \times 29,8 = 20609$$

13. Tundaan simpang rata-rata untuk seluruh simpang

$$T_1 = \frac{\Sigma(q \times T)}{q_{Total}}$$

$$T_1 = \frac{61748}{2672} = 23,1 \text{ detik/simpang}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, kondisi eksisting menunjukkan nilai tundaan (T) di Lengan Utara sebesar 25,1 det/smp, Lengan Barat sebesar 29,8 det/smp, lengan Selatan sebesar 56,7 det/smp, dan lengan Timur sebesar 22,2 det/smp, dengan rata-rata tundaan di seluruh simpang (T_1) mencapai 6 det/smp. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, simpang yang memiliki nilai

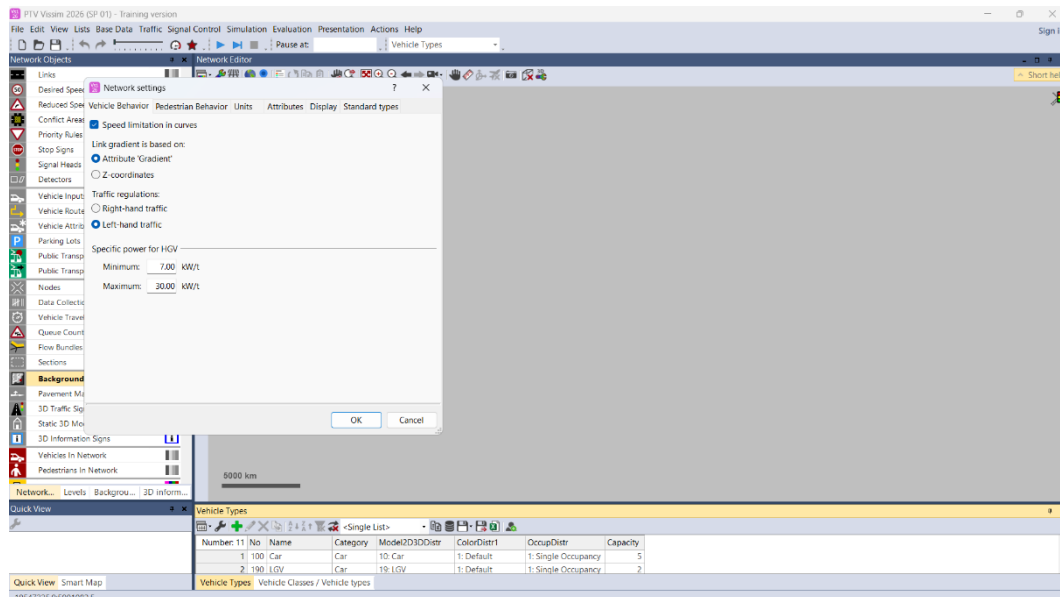
tundaan lebih dari 60 detik/smp berada pada tingkat pelayanan F. Lengan Utara dan Barat berada pada tingkat pelayanan C, lengan Timur b, sedangkan lengan Selatan adalah E.

4.4 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV. VISSIM

Pemodelan lalu lintas dengan *Software* PTV. VISSIM dilakukan dengan menginput data yang hendak di analisis melalui software ini. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut.

4.4.1 Pengaturan Network Development

PTV VISSIM merupakan software buatan Jerman, sehingga software dibuat dengan mengikuti kebiasaan berkendara pada lajur kanan. Pada tahap ini dilakukan untuk mengubah kebiasaan pengemudi di Indonesia yang menggunakan jalur kiri dalam berkendara. Tahap ini dilakukan pada data bar lalu klik base data, lalu klik network setting, lalu ubah vechile behavior yang awalnya right-hide traffic menjadi left-hide traffic. Pengaturan ini dapat dilihat pada Gambar 4.10. berikut.



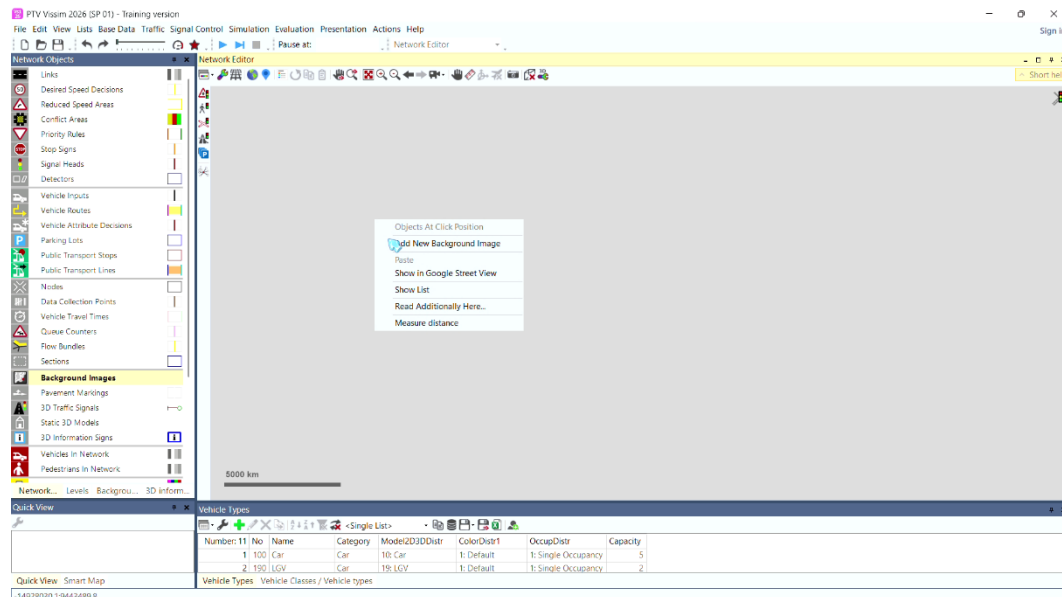
Gambar 4.10 Vehicle Behavior

Sumber : Analisis PTV VISSIM

4.4.2 Input Background

Background image diambil dari *software* Google Maps dan atau melalui Google earth pada lokasi penelitian, *background image* berfungsi sebagai gambar

acuan untuk membuat pemodelan lalu lintas pada lokasi penelitian. Input *background image* dilakukan dengan cara klik menu *background image* pada *network object*, lalu klik kanan pada jendela *network editor*, pilih *add new background image*, pilih gambar peta lokasi penelitian yang digunakan untuk pemodelan, klik open, lalu *background image* akan muncul pada jendela *network editor*. Input *background image* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



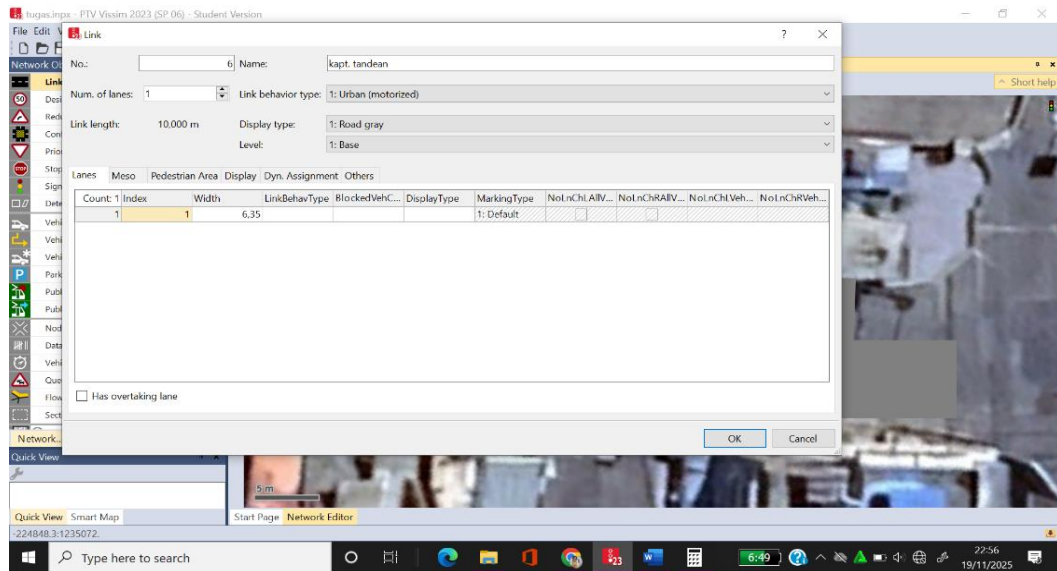
Gambar 4.11 Input Background

Sumber : Analisis PTV VISSIM

4.4.3 Pembuatan Jaringan Jalan

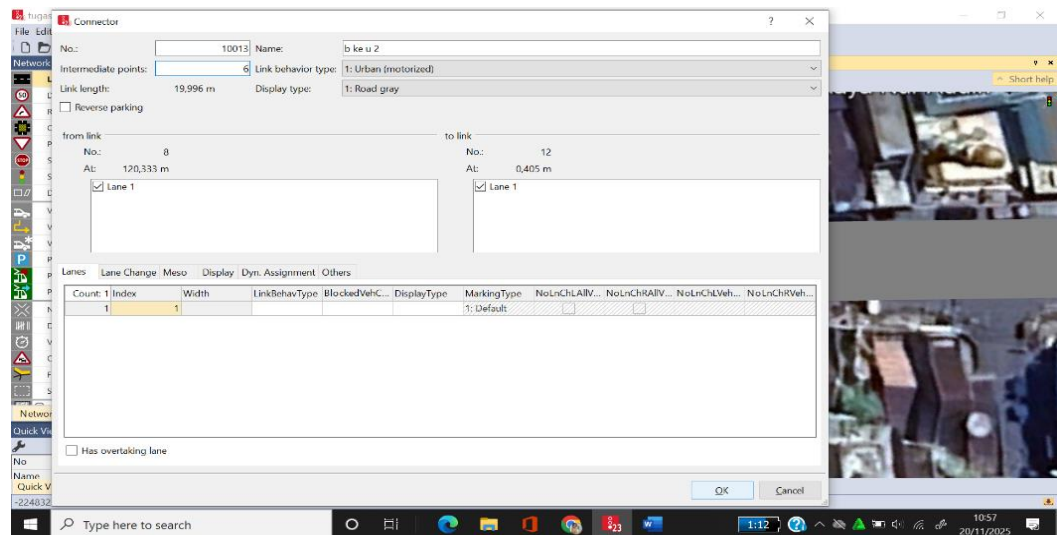
Pembuatan jaringan jalan disesuaikan dengan lebar setiap lajur pada lokasi penelitian. Pembuatan jaringan jalan dilakukan dengan cara klik *link* pada *network object*, klik kanan pada mouse lalu tarik *link* sesuai dengan arah dan panjang yang dibutuhkan. Masukkan nama *link* (ruas jalan), jumlah lajur, serta lebar dari masing-masing lajur, lalu klik ok. Setelah pembuatan link selesai, selanjutnya adalah pembuatan *connector*. *Connector* digunakan sebagai penghubung antar *link* agar kendaraan keluar sesuai arah masing-masing. Pembuatan *connector* dilakukan dengan cara klik tombol kanan mouse pada *link* asal, lalu arahkan pada *link* tujuan. Agar bentuk *connector* lebih halus perlu dilakukan penyesuaian dengan cara klik tombol kanan mouse pada *connector*, lalu pilih *recalculate spline*. Pembuatan jaringan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.12.

dan Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Pembuatan Link

Sumber : Software PTV VISSIM

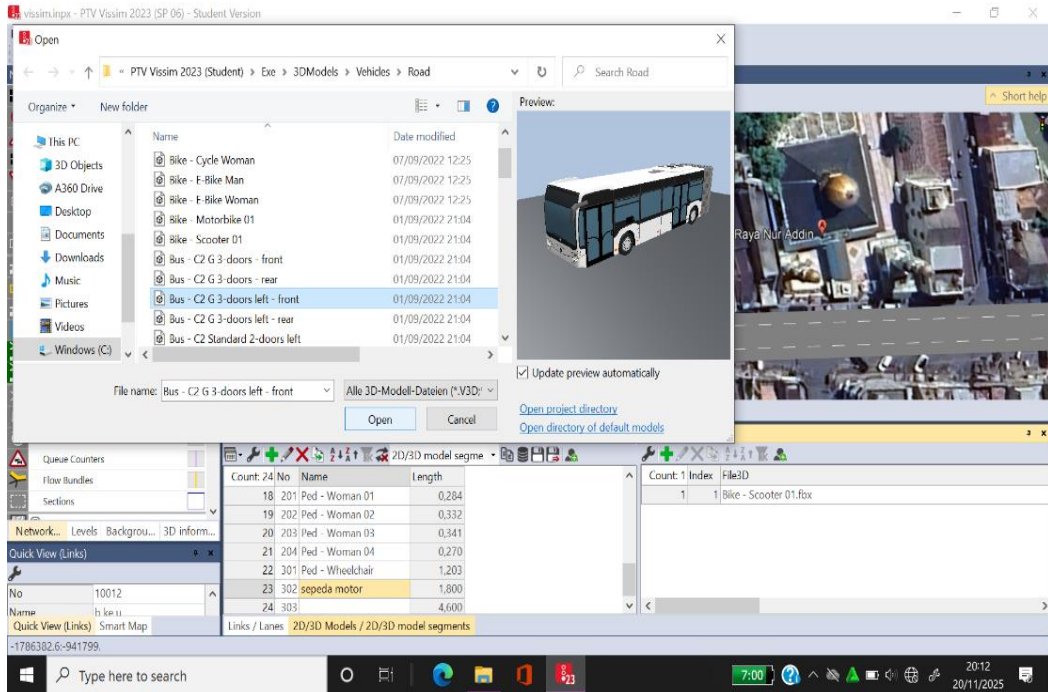


Gambar 4.13 Pembuatan Connector

Sumber : Software PTV VISSIM

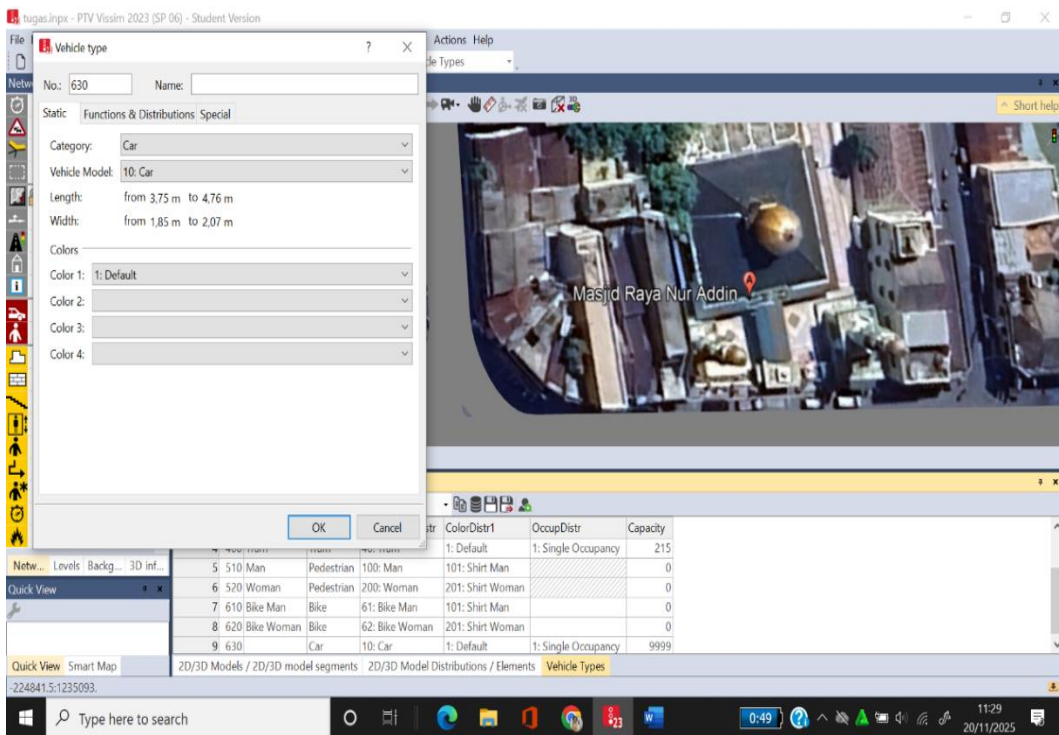
4.4.4 Penentuan Jenis Kendaraan

Penentuan jenis kendaraan (*Vehicle Types*) yaitu dengan memasukkan jenis kendaraan hasil survey di lapangan, seperti kendaraan berat, kendaraan ringan, sepeda motor, hingga kendaraan tidak bermotor. Penentuan jenis kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14 Penentuan Jenis Kendaraan

Sumber : Software PTV VISSIM

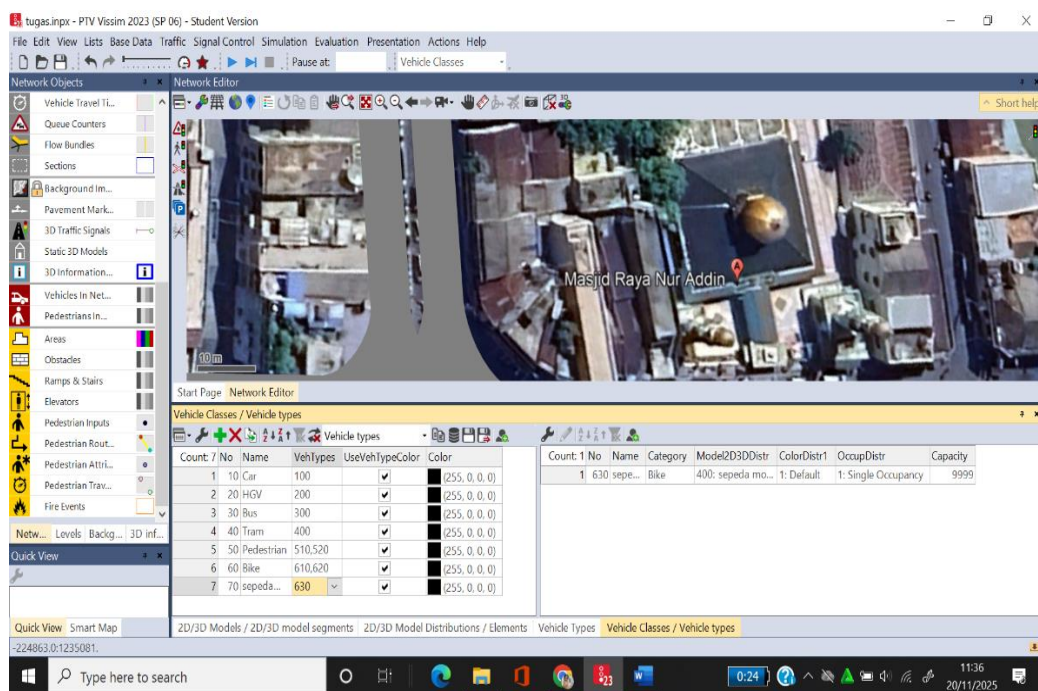


Gambar 4.15 Tahap lanjutan Penentuan Jenis Kendaraan

Sumber : Software PTV VISSIM

4.4.5 Input Volume Kendaraan

Vehicle input berfungsi untuk memasukkan data jumlah volume lalu lintas jam puncak dalam satuan kendaraan pada kondisi eksisting di lokasi penelitian. Input data *vehicle input* dilakukan dengan cara klik menu *vehicle input* pada *network object*, lalu klik tombol kanan mouse pada *link* (ruas jalan) yang menuju simpang, lalu pilih *add new vehicle input*, masukkan data volume pada masing-masing ruas jalan sesuai dengan hasil survei dalam jam puncak. Proses input data *vehicle input* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 *Vehicle input*

Sumber : Software PTV VISSIM

4.4.6 Mengatur Kecepatan

Melakukan kontrol kecepatan kendaraan agar kecepatan pada simulasi sesuai dengan keadaan yang di lapangan menggunakan perintah *desired speed distribution*. Dalam input data kendaraan digunakan salah satu data pada 1 lengan. Dalam hal ini digunakan data kecepatan kendaraan pada lengan Jl. Jend. Sudirman (utara), pengambilan data ini diacukan karena jalan ini merupakan jalan mayor atau jalan utama. Adapun data serta grafik kecepatan dapat dilihat pada Tabel 4.7 sampai Tabel 4.9 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.17 sampai Gambar 4.19.

Tabel 4.7 Kecepatan Sepeda Motor pada Jl. Jend. Sudirman

Sepeda Motor (MP)			
Waktu	Panjang Segmen(m)	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan Perjalanan (Km/Jam)
Sore	100	26.48	13.6
		21.2	17.0
		20.3	17.7
		19.87	18.1
		19.5	18.5
		18.8	19.1
		18.5	19.5
		18.2	19.8
		17.9	20.1
		15.45	23.3
Rata-rata		19.62	19,62

Sumber: Analisis dan survei lapangan, 2025

Tabel 4.8 Kecepatan Mobil Penumpang pada Jl. Jend. Sudirman

Mobil Penumpang (MP)			
Waktu	Panjang Segmen(m)	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan Perjalanan (Km/Jam)
Sore	100	30.3	11.9
		30	12.0
		29.7	12.1
		29.64	12.1
		29.5	12.2
		28.6	12.6
		22.75	15.8
		20.05	18.0
		18.8	19.1
		17.9	20.1
Rata-rata		19.62	25.724

Sumber: Analisis dan survei lapangan, 2025

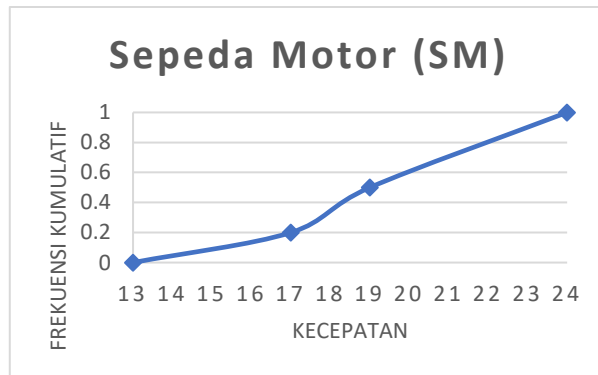
Tabel 4.9 Kecepatan Kendaraan Sedang (KS) pada Jl. Jend. Sudirman

SEPEDA MOTOR			
Sepeda Motor			
Waktu	Panjang Segmen(m)	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan Perjalanan (Km/Jam)
Sore	100	35.2	10.2

Lanjutan Tabel 4.9 Kecepatan Kendaraan Sedang (KS) pada Jl. Jend. Sudirman

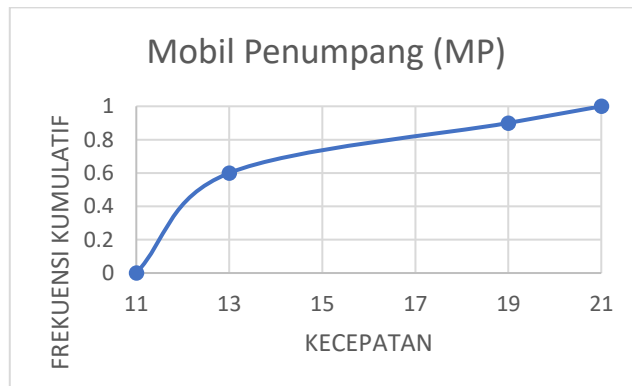
Kendaraan Sedang (KS)			
Waktu	Panjang Segmen(m)	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan Perjalanan (Km/Jam)
Sore	100	34.5	10.4
		33.6	10.7
		33.4	10.8
		33.3	10.8
		32.5	11.1
		32.2	11.2
		32	11.3
		31.4	11.5
		30	12.0
Rata-rata		32,81	11,0

Sumber: Analisis dan survei lapangan, 2025



Gambar 4.17 Grafik kecepatan Sepeda Motor (SM)

Sumber: Analisis, 2025



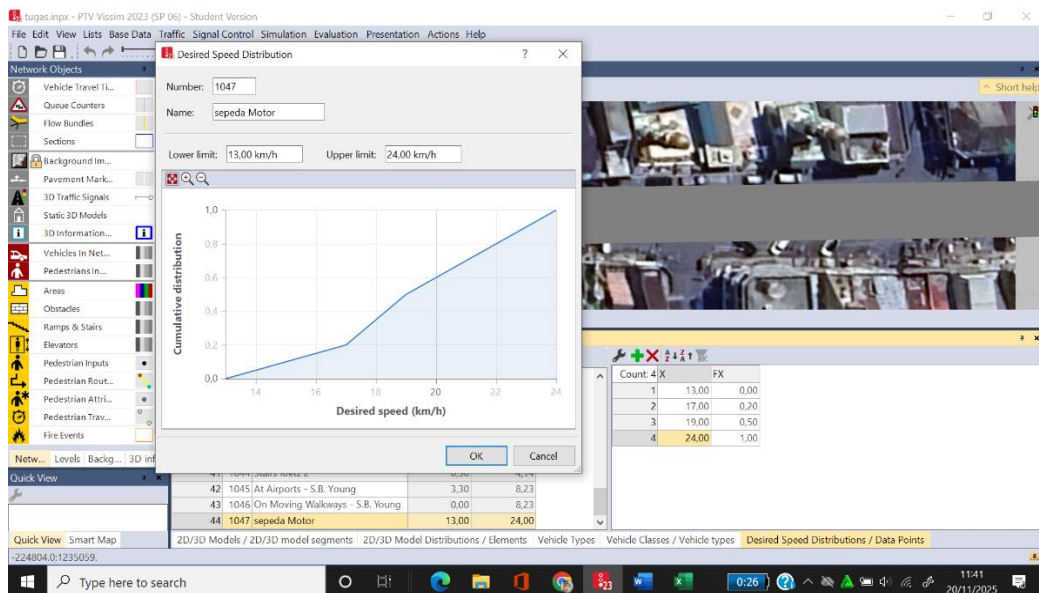
Gambar 4.18 Grafik kecepatan Mobil Penumpang (MP)

Sumber: Analisis, 2025



Gambar 4.19 Grafik kecepatan Kendaraan Sedang (KS)

Sumber: Analisis, 2025



Gambar 4.20 Input Kecepatan

Sumber : Software PTV VISSIM

4.4.7 Mengatur Komposisi Kendaraan

Selanjutnya memasukkan *vehicle composition* agar komposisi kendaraan sesuai dengan hasil survei. Input *vehicle composition* dilakukan dengan cara klik *traffic* pada *menu bar*, lalu pilih *vehicle composition*, data *vehicle composition* dimasukkan pada setiap lengan yang menuju simpang. Dalam penelitian ini terdapat 4 jenis kendaraan yang dimodelkan, yaitu *bike*, *car*, *bus*, dan *hgv*. Setelah memasukkan data *vehicle input*, lalu masukkan data kecepatan sesuai dengan hasil survei pada masing masing kendaraan. Adapun data komposisi dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 dan untuk input data *vehicle composition* dapat dilihat pada Gambar 4.21.

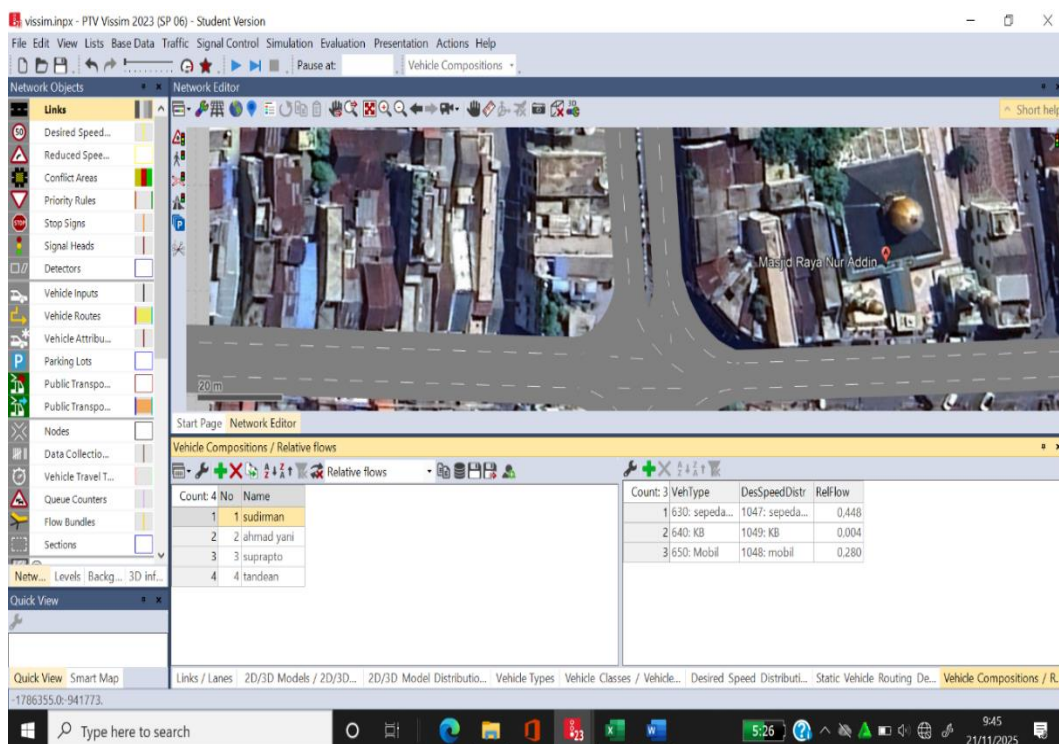
Tabel 4.10 Data Komposisi Kendaraan

Komposisi Kendaraan Tahun 2025					
Pendekat		KTB	SM	MP	KS
Utara	Jl. Suprpto timur (LT)	0	569	312	3
	Jl. Ahmad yani (ST)	0	316	217	1
	Jl. Kapt.tandean (RT)	0	185	138	5
Jumlah		0	1070	667	9
Komposisi		0.0000	0.4484	0.2795	0.0038
Selatan	Jl. Kapt.tandean barat LT	0	110	22	1
	Jl. Sudirman utara ST	0	236	92	6
	Jl. Suprpto timur RT	0	127	80	6
Jumlah		0	473	194	13
Komposisi		0.0000	0.6956	0.2853	0.0191
Timur	Jl. Ahmad yani LT	0	585	180	2
	Jl. Kapt.tandean barat ST	0	1021	186	0
	Jl. Sudirman utara RT	0	390	213	0
Jumlah		0	1996	579	2
Komposisi		0.0000	0.7745	0.2247	0.0008
Barat	Jl. Sudirman utara LT	0	300	135	1
	Jl. Suprpto timur ST	0	868	220	1
	Jl. Ahmad yani selatan RT	0	301	109	3
Jumlah		0	1469	464	5
Komposisi		0.0000	0.7580	0.2394	0.0026

Tabel 4.11 Data Komposisi Kendaraan Total

Asal	Tujuan	Jumlah Kendaraan	Total Kendaraan	Komposisi
Jl. Sudirman (Utara)	Jl jend. Suprpto (Timur)	884	2386	0.370
	Jl ahmat yani(selatan) ST	1089		0.456
	Jl. Kapt. tandean (Barat) RT	413		0.173
Jl. Ahmad Yani (selatan)	Jl. Kapt.tandean barat LT	133	680	0.196
	Jl. Sudirman utaraST	334		0.491
	Jl. Suprpto timur RT	213		0.313
Jl. let jend. Suprpto (timur)	Jl. Ahmad yani LT	767	2577	0.298
	Jl. Kapt.tandean barat ST	1207		0.468
	Jl. Sudirman utara RT	603		0.234
Jl. Kapt. Tandean (barat)	Jl. Sudirman utara LT	436	1938	0.225
	Jl. Suprpto timur ST	1089		0.562
	Jl. Ahmad yani selatan RT	413		0.213

Sumber: Analisis, 2025

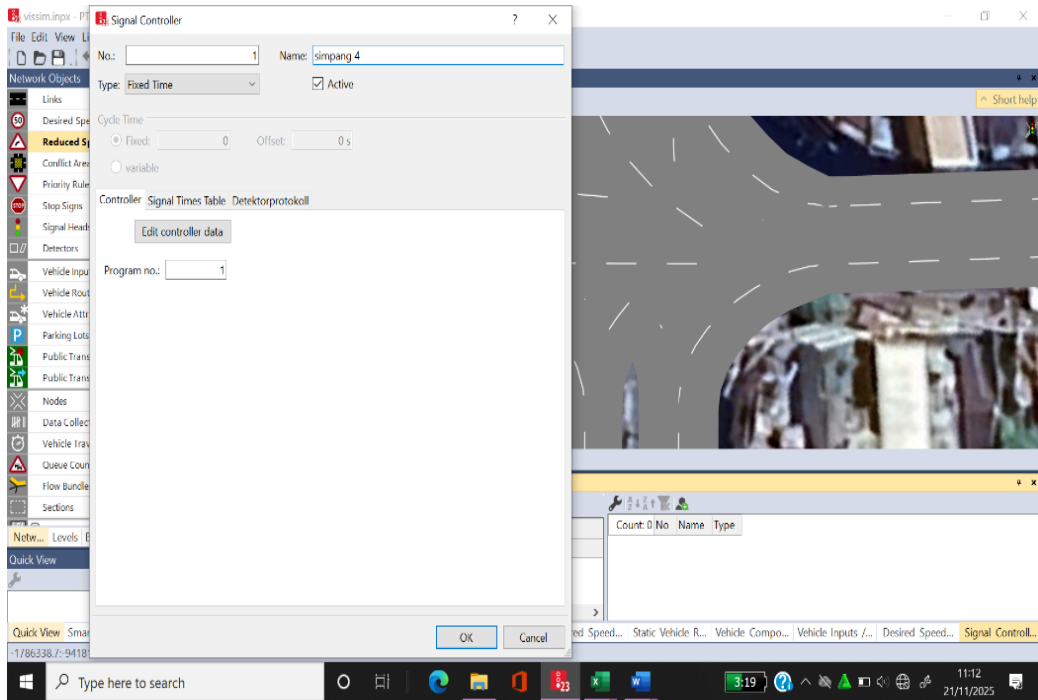


Gambar 4.21 *Vehicle composition*

Sumber : Software PTV VISSIM

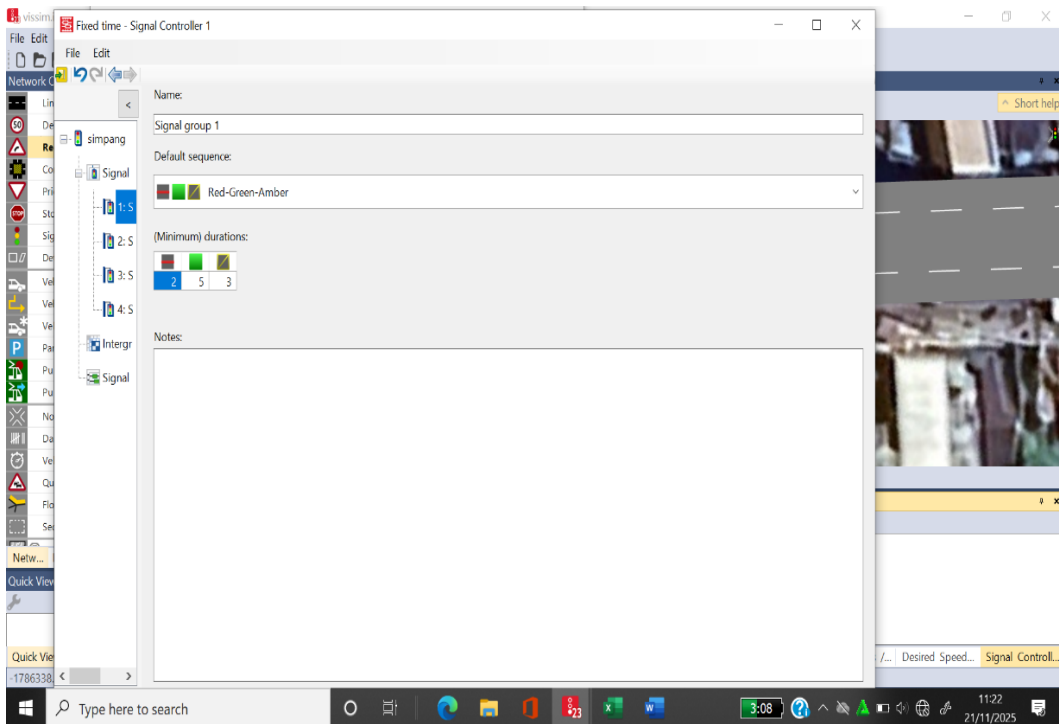
4.4.8 Mengatur Sinyal Lalu Lintas

Data fase dan waktu siklus setiap lengan pada Simpang Empat Kota Tebing Tinggi didapatkan dengan cara survei langsung di lokasi penelitian. Input *signal controller* dilakukan dengan cara klik *signal control* pada *menu bar*, lalu klik *signal controller*, ubah nama sesuai dengan lokasi penelitian, pada *menu type* pilih *fixed time*, lalu klik *edit signal control*. Selanjutnya, pada *signal group*, input jumlah lengan pada simpang dengan masing-masing waktu sinyal (*red-red/amber-green-amber*) dengan cara klik *add (+)* dan beri nama sesuai dengan lengan masing-masing, lalu input waktu siklus seperti waktu merah, waktu merah semua, waktu hijau, dan waktu kuning. Setelah itu, lakukan penyesuaian *intergreen* dengan cara klik *add (+)* sebanyak jumlah lengan yang telah ditambahkan pada *signal group*. Setelah penyesuaian *intergreen*, input *signal program* (diagram fase) untuk menyesuaikan waktu siklus, lalu klik *save*, dan klik *ok*. Input dan pengaturan *signal controller* dapat dilihat pada Gambar 4.22.



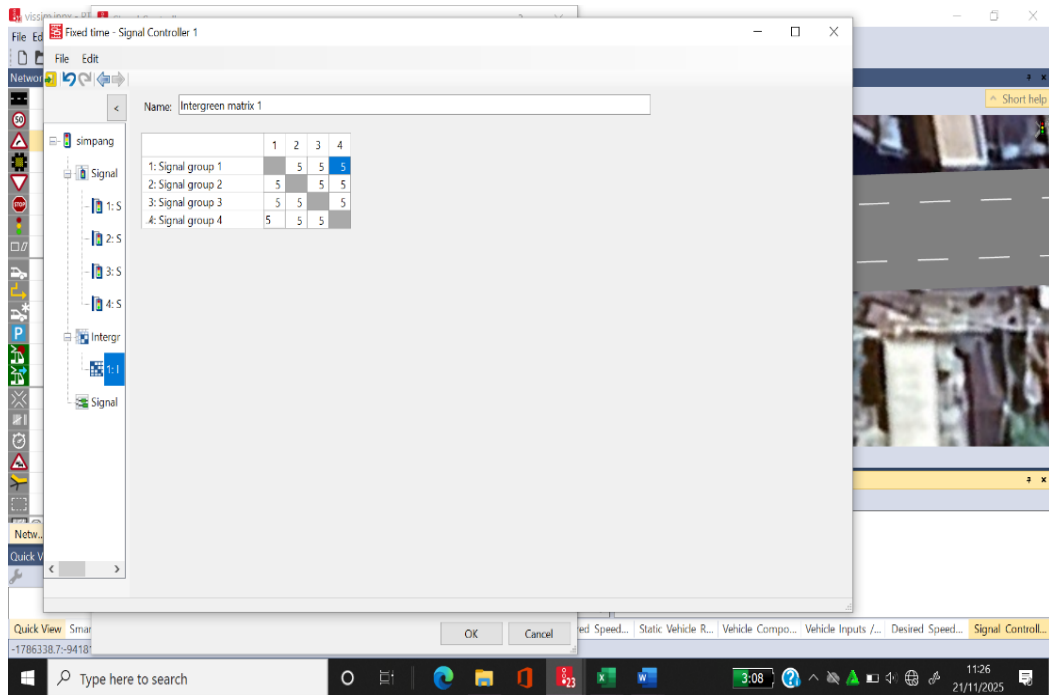
Gambar 4.22 Signal Controller

Sumber : Software PTV VISSIM



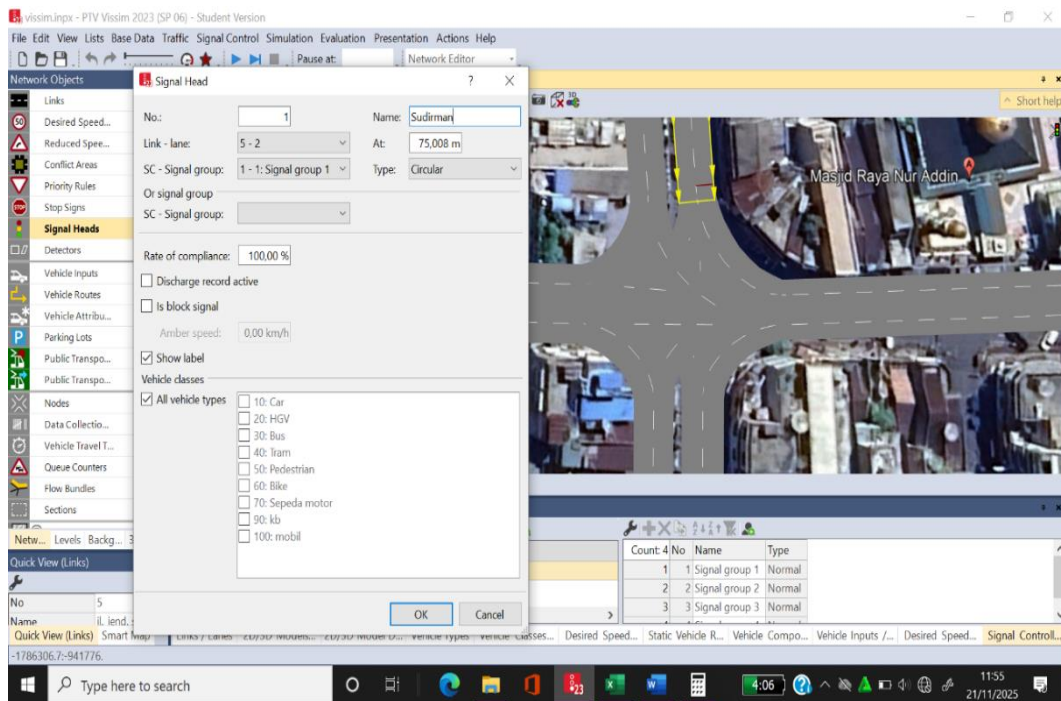
Gambar 4.23 Signal Group

Sumber : Software PTV VISSIM



Gambar 4.24 Intergreen

Sumber : Software PTV VISSIM



Gambar 4.25 Signal Head

Sumber : Software PTV VISSIM

Setelah input dan pengaturan *signal controller* selesai, selanjutnya

memasang APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) pada masing-masing lengan simpang. Pemasangan APILL dilakukan dengan cara klik *signal head* pada *network object*, lalu klik tombol kanan mouse pada setiap lengan yang akan dipasang APILL, ubah nama sesuai masing-masing lengan, lalu klik *ok*. Input *signal head*

4.4.9 Membuat Nodes Area

Untuk mengetahui hasil analisis, membuat *nodes area* di tempat yang akan dilakukan analisis dan melakukan *running analysis* untuk mendapatkan hasil kinerja *vissim* yang telah dibuat.

4.4.10 Running Simulasi

Apabila setiap tahapan pada pemodelan telah selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan melakukan *running* pemodelan selama satu jam. *Running simulation* dilakukan dengan cara klik *simulation* pada *menu bar*, lalu masukkan angka yang diinginkan pada kolom *random seed*.

4.5 Kalibrasi dan Validasi

Hasil pemodelan pada *software* VISSIM masih menunjukkan data yang belum valid karena terdapat perbedaan antara kondisi lapangan dan hasil pemodelan di VISSIM. Salah satu penyebabnya adalah parameter *driving behaviour*. Perbedaan data disebabkan oleh *driving behaviour* yang berbeda antara pengaturan *default* VISSIM dan kondisi aktual di lapangan. Salah satu parameter yang dapat diubah dalam proses kalibrasi agar hasil pemodelan VISSIM sesuai atau mendekati kondisi nyata adalah parameter *driving behaviour*. *Driving behaviour* adalah cara pengemudi dalam mengendalikan kendaraannya, termasuk jarak antar kendaraan dan posisi kendaraan. *Driving behavior* didapatkan dengan cara *trial and error* untuk mendapatkan hasil yang valid. Kalibrasi ini terus dilakukan hingga hasil pemodelan VISSIM memenuhi syarat sehingga dapat dikatakan valid. Kalibrasi dilakukan dengan mengganti komponen-komponen pada parameter *driving behaviour* sebagai berikut.

1. *Desire position at free flow*, yaitu keberadaan atau posisi kendaraan pada lajur.
2. *Overtake on same lane*, yaitu perilaku dalam menyiap.

3. *Distance standing*, yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berhenti.
4. *Distance driving*, yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berjalan.
5. *Average standstill distance*, yaitu jarak henti rata-rata antar kendaraan.
6. *Additive part of safety distance*, yaitu parameter penentu jarak aman.
7. *Multiplicative part of safety distance*, yaitu parameter penentu jarak aman.

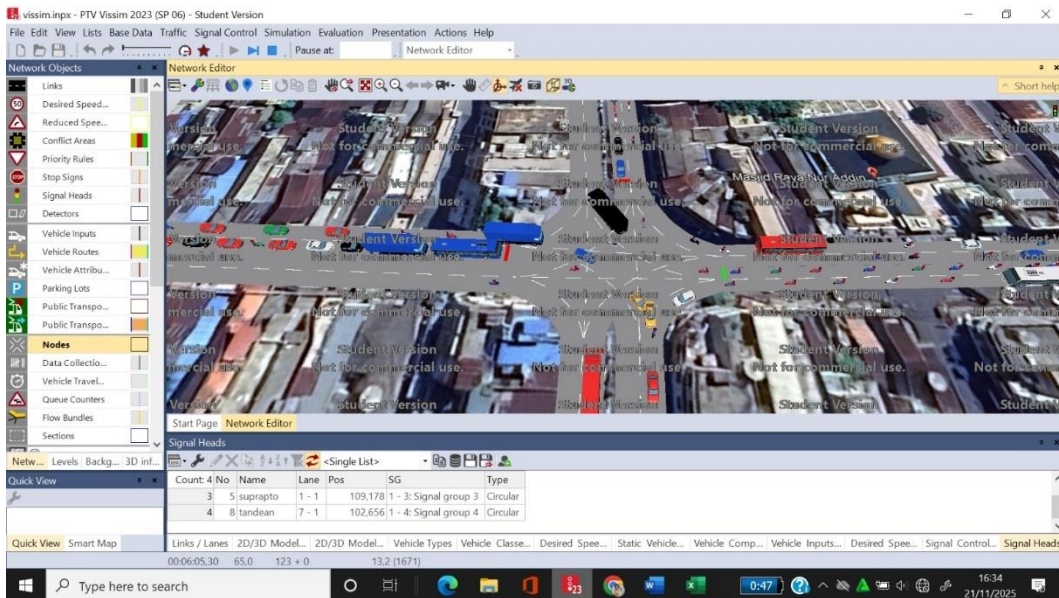
Adapun parameter dan nilai kalibrasi percobaan yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Trial and Error pada Kalibrasi

Trial ke-	Parameter yang diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
1	<i>Desired position at free flow</i>	Middle of lane	Any
	<i>Overtake on same lane: on left and on right</i>	off	On
2	Lanjut dari trial 1		
	1. <i>Distance standing (at 0 km/h) (m)</i>	1	0,2
	2. <i>Distance driving (at 50km/h) (m)</i>	1	0,4
3	Lanjut dari trial 2		
	1. <i>Average standstill distance</i>	2	1
	2. <i>Additive part of safety distance</i>	2	1
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i>	3	2
4	Lanjur dari trial 3		
	1. <i>Average standstill distance</i>	1	0,5
	2. <i>Additive part of safety distance</i>	1	0,5
	3. <i>Multiplicative part of safety distance</i>	2	1

Sumber: Software PTV Vissim

Secara visualisai, dapat dilihat hasil pemodelan sebelum kalibrasi dan setelah kalibrasi pada Gambar 4.26 dan 4.27 berikut ini.



Gambar 4.26 Kondisi Sebelum Kalibrasi

Sumber : Software PTV VISSIM



Gambar 4.27 Kondisi Setelah Kalibrasi

Sumber : Software PTV VISSIM

Berdasarkan Gambar 4.26 yaitu kondisi sebelum dilakukan proses kalibrasi, pemodelan VISSIM cenderung menunjukkan jumlah kendaraan yang lebih sedikit dan jarak antar kendaraan yang lebih renggang dikarenakan pada parameter awal seperti data kecepatan, dan *driving behavior* belum disesuaikan untuk

mencerminkan kondisi lalu lintas yang sebenarnya. Kalibrasi diperlukan untuk mengatur dan menyesuaikan parameter-parameter tersebut agar model dapat merepresentasikan data lalu lintas di lapangan secara lebih akurat. Berdasarkan Gambar 4.27 yaitu kondisi lalu lintas setelah dilakukan kalibrasi, menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang lebih banyak dan jarak antar kendaraan yang lebih rapat, kondisi lalu lintas tersebut merepresentasikan lalu lintas yang ada di lapangan. Setelah dilakukannya proses kalibrasi selanjutnya adalah melakukan validasi.

Proses validasi dalam pemodelan VISSIM diperlukan untuk memastikan bahwa hasil kalibrasi dianggap valid sesuai dengan uji GEH dan MAPE. Uji GEH menggunakan parameter volume kendaraan sebagai data utama, sedangkan uji MAPE menggunakan parameter panjang antrean dan tundaan. Kalibrasi yang dilakukan menunjukkan bahwa perubahan beberapa parameter *driving behavior* membuat hasil kalibrasi menjadi valid. Nilai GEH setelah kalibrasi dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Volume

Lengan	Volume Eksisting (Kend/jam)	Volume PTV Vissim (Kend/Jam)	Nilai GEH	Hasil
Selatan	680	333	0.685094	Diterima
Timur	2577	1266	0.682279	Diterima
Utara	1746	885	0.654504	Diterima
Barat	1938	858	0.772532	Diterima

Sumber: Software PTV Vissim

Berdasarkan Tabel 4.8, nilai GEH untuk volume kendaraan setelah kalibrasi menunjukkan angka di bawah 5, yang menandakan bahwa pemodelan tersebut dapat diterima dan tidak terdapat *error* dalam pemodelan serta memenuhi persyaratan uji GEH. Adapun hasil pemodelan pada panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Hasil evaluasi yang dihasilkan oleh software PTV Vissim adalah berupa data panjang antrean dan tundaan. Adapun hasil evaluasi dengan menggunakan

software PTV Vissim dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Output Tundaan Eksisting Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

<i>Delay Measurement Evaluation Eksisting</i>								
<i>Sim Run</i>	<i>Time Int</i>	<i>Delay Measurement</i>	<i>Stop Delay (All)</i>	<i>Stop (all)</i>	<i>Veh Delay (All)</i>	<i>Veh (All)</i>	<i>Pers Delay (All)</i>	<i>Pers (All)</i>
Max	0-3600	1: Utara	7,8	1,27	12,59	127	12,59	127
Max	0-3600	2: Timur	0	0	0	0	0	0
Max	0-3600	3: Selatan	29,6	5,55	48,36	173	48,36	173
Max	0-3600	4: Barat	23,48	2,69	36,99	134	36,99	134

Sumber: Software PTV Vissim

Tabel diatas adalah nilai tundaan yang didapat dari hasil running simulasi. Berdasarkan tabel diatas pula dapat diketahui nilai tundaan terbesar terdapat pada lengan selatan sebesar 48,36 detik. Sedangkan pada pendekat timur sebesar nol detik, dikarenakan tundaan awal pada hasil perhitungan PKJI sebesar 6 detik.

Tabel 4.15 Hasil Output Panjang Antrean Eksisting Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

<i>Queue Counter Evaluation</i>					
<i>Sim Run</i>	<i>Time Int</i>	<i>Queue Counter</i>	<i>Qlen</i>	<i>Qlenmax</i>	<i>Qstops</i>
Max	0-3600	1: Utara	26,5	36	74
Max	0-3600	2: Timur	27,5	40.2	31
Max	0-3600	3: Selatan	84,9	113.2	275
Max	0-3600	4: Barat	90,2	121	715

Sumber: Software PTV Vissim

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nilai panjang antrean maksimum pada pendekat barat sebesar 90,2 m, hal ini dikarenakan lebar pendekat pada lengan tersebut kecil dan jumlah volume lalu lintas yang besar. Uji MAPE diperlukan dalam evaluasi hasil output pada nilai panjang antrean dengan mencari rata-rata dari perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Uji MAPE

Lengan	Panjang antrian Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV vissim (m)	Nilai MAPE (%)	Kesimpulan
Utara	27	26,5	1,8	Hasil prediksi sangat akurat
Selatan	33	27,5	16,6	Hasil prediksi baik
Timur	79	84,9	7,4	Hasil prediksi sangat akurat
Barat	76	90,2	18,8	Hasil prediksi baik

Sumber: Software PTV Vissim

Berdasarkan Tabel 4.16, nilai MAPE untuk parameter panjang antrean setelah kalibrasi menunjukkan angka di bawah 50%, yang menandakan bahwa pemodelan tersebut valid dan tidak terdapat *error* dalam pemodelan serta memenuhi persyaratan uji MAPE.

Berdasarkan Tabel 4.14, Simpang Empat Kota Tebing Tinggi memiliki nilai maksimum sebesar 48,36 detik dimana dalam hubungannya dengan nilai klasifikasi tundaan didapat nilai tingkat pelayanan E. Dapat dikatakan Simpang Empat Kota Tebing Tinggi terutama pada lengan selatan tidak dapat menampung arus lalu lintas yang melewati simpang tersebut.

4.6 Perbandingan Analisis antara PKJI 2023 dengan Software PTV VISSIM

Pada sub-bab ini akan diketahui perbandingan analisis antara PKJI 2023 dengan Software PTV Vissim yang disajikan dalam gambar grafik dibawah ini.

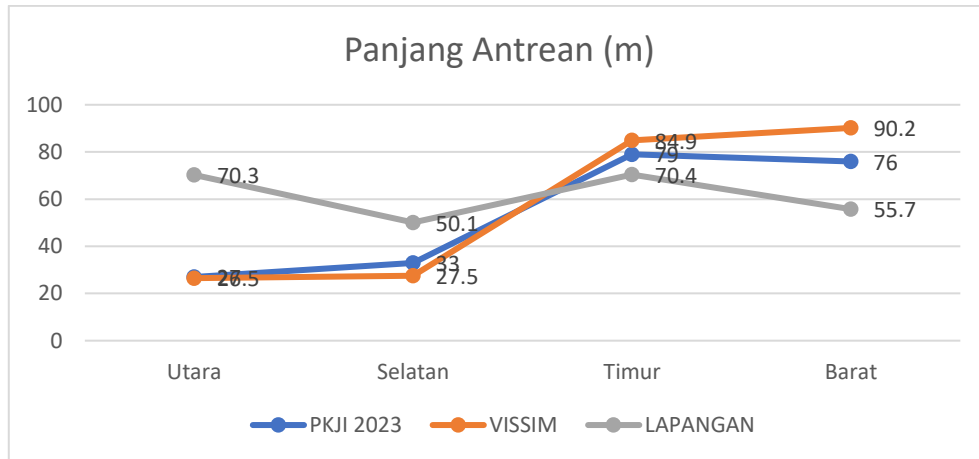
4.6.1 Perbandingan Panjang Antrean

Hasil perbandingan panjang antrean pada simpang empat Kota Tebing Tinggi diuraikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Panjang Antrean Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Kode Pendekat	Panjang Antrean (m)		
	PKJI 2023	VISSIM	LAPANGAN
Utara	27	26,5	70,3
Selatan	33	27,5	50,1
Timur	79	84,9	70,4
Barat	76	90,2	55,7

Sumber: Analisis, 2025



Gambar 4.28 Grafik perbandingan Output Panjang Antrean Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Sumber: Analisis, 2025

Berdasarkan Tabel 4.16 dan Gambar 4.28 dapat dilihat hasil perbedaan yang sangat signifikan pada VISSIM dengan kondisi pada lapangan, sedangkan pada PKJI nilai Panjang antrean terlihat lebih mendekati.

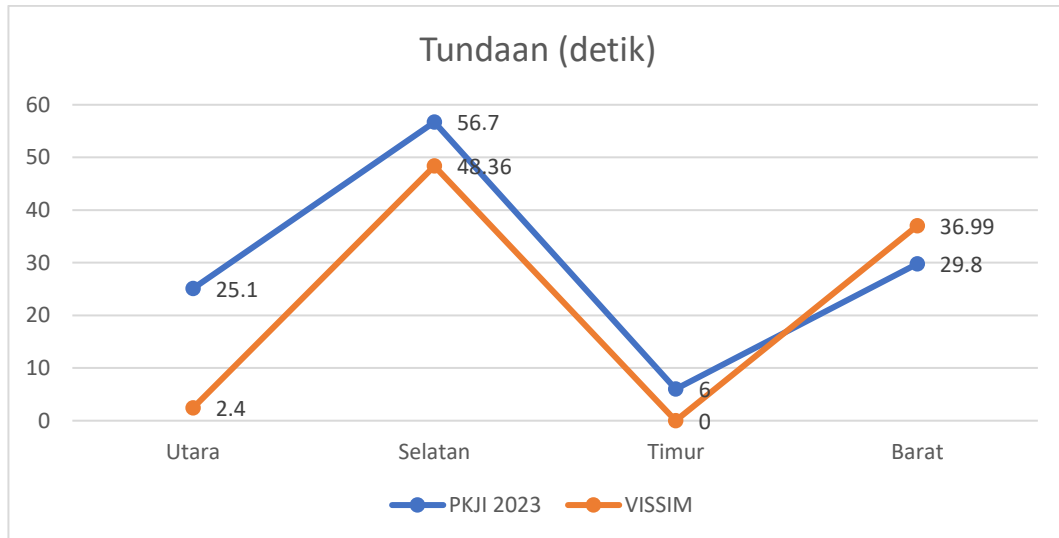
4.6.2 Perbandingan Tundaan

Tundaan juga termasuk sebagai salah satu ukuran kinerja simpang bersinyal. Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan situasi tanpa simpang. Hasil perbandingan tundaan pada simpang empat Kota Tebing Tinggi diuraikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.18 Tundaan Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Kode Pendekat	Tundaan (detik)	
	PKJI 2023	VISSIM
Utara	25,1	12,59
Selatan	56,7	48,36
Timur	6	0
Barat	29,8	36,99

Sumber: Analisis, 2025



Gambar 4.29 Grafik perbandingan Output Tundaan Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Sumber: Analisis, 2025

Berdasarkan Tabel 4.17 dan Gambar 4.29 dapat dilihat hasil tundaan antara kedua perangkat lunak tersebut terdapat perbedaan yang bervariasi, perangkat lunak VISSIM lebih kecil dalam hal tundaan dibandingkan dengan metode PKJI 2023. Jika dengan metode PKJI, yang dimaksud dengan tundaan rata-rata adalah jumlah dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometri ($T = TG + TLL$), sedangkan tundaan rata-rata dengan VISSIM adalah jumlah total keterlambatan untuk semua jalur yang digunakan didasarkan pada satu atau lebih bagian perjalanan waktu. Dalam hal ini tidak dilakukan survei lapangan mengenai parameter tundaan karena penyesuaian atau kalibrasi dan validasi pemodelan VISSIM menggunakan parameter panjang antrian dan volume. Jadi dilakukan *trail and error* terhadap pemodelan yang berpatokan dengan panjang antrian serta volume lalu lintas di lapangan.

4.6.3 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang Empat Kota Tebing Tinggi

Hasil akhir dari analisis simpang Adalah menentukan Tingkat pelayanan atau level of service (LOS). Dalam PKJI indikator penentu dalam menentukan nilai LOS adalah melalui nilai tundaan. Hasil tingkat pelayanan simpang Empat Kota Tebing Tinggi dengan metode PKJI 2023 dan VISSIM diuraikan dalam Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.19 Hasil Rekapitulasi Hasil Analisis Simbang Empat Kota Tebing Tinggi

Kode Pendekat	Panjang Antrean			Tundaan		Tingkat Pelayanan	
	PKJI 2023	VISSIM	LAPANGAN	PKJI 2023	VISSIM	VISSIM	PKJI 2023
Utara	27	26,5	70,3	25,1	12,59	C	D
Selatan	33	27,5	50,1	56,7	48,36	E	E
Timur	79	84,9	70,4	6	0	A	B
Barat	76	90,2	55,7	29,8	36,99	D	D

Sumber: Analisis, 2025

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat diketahui bahwa tingkat pelayanan dengan menggunakan software PTV Vissim lebih baik dari pada dengan metode PKJI 2023. Hal ini karena parameter yang dapat diubah dalam proses kalibrasi agar hasil pemodelan VISSIM sesuai atau mendekati kondisi nyata.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dengan PKJI 2023 dan dengan *Software* PTV. VISSIM, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting dengan menggunakan PKJI 2023 diperoleh Derajat Kejenuhan (D_j) untuk Jalan Jend. Sudirman (Utara) sebesar 0,74, untuk Jalan Jend. Ahmad Yani (selatan) sebesar 0,74, untuk Jalan Jend. Suprpto (timur) sebesar 0,74 dan pada Jalan Kapt. Tandean sebesar 0,74 yang mana angka ini memenuhi kriteria desain dengan nilai umum $D_j < 0,85$. Panjang antrean di Simpang Empat Kota Tebing Tinggi pada kondisi eksisting pada Jalan Jend. Sudirman adalah 79 m, pada Jalan Jend. Ahmad Yani adalah 27 m, pada Jalan Jend. Suprpto adalah 33 m, dan pada Jalan Kapt. Tandean adalah 76 m. Nilai tundaan simpang rata-rata pada kondisi eksisting di Simpang Empat Kota Tebing Tinggi sebesar 23,1 det/smp dengan tingkat pelayanan C.
2. Berdasarkan hasil pemodelan *Software* PTV Vissim dapat diketahui hasil kinerja terhadap parameter volume pada Jl. Jend. Sudirman sebesar 1746 kend/jam, Jl. Jend. Ahmad Yani sebesar 680 kend/jam, pada Jl. Jend. Suprpto sebesar 2577 kend/jam, dan pada Jl. Kapt. Tandean sebesar 1938 kend/jam.. Dan untuk parameter panjang antrian pada Jl. Jend. Sudirman sebesar 26,53 m, Jl. Jend. Ahmad Yani 27,56 m, Jl. Jend. Suprpto sebesar 90,28 m, dan Jl. Kapt. Tandean sebesar 84,95 m.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terdapat saran yang dapat dijadikan evaluasi dan referensi pada penelitian selanjutnya.

1. Perlu adanya penelitian selanjutnya untuk pembenahan terhadap sistem manajemen lalu lintas, baik manajemen di simpang maupun ruas jalan sekitar simpang, dan penelitian lebih lanjut mengenai perilaku pengemudi di Kota Tebing Tinggi secara lebih detail, mengenai jarak *car following*, *lane change*,

car lateral, ataupun perilaku pengemudi pada simpang bersinyal.

2. Untuk meningkatkan kinerja Simpang Empat Kota Tebing Tinggi, kedepannya dapat memprioritaskan penggunaan angkutan massal dengan cara membatasi penggunaan kendaraan bermotor dan memperbanyak layanan angkutan massal guna meningkatkan kinerja simpang sehingga lalu lintas dapat berjalan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimukti, P. (2022). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software Ptv Vissim 22 (Studi Kasus: Simpang Empat Paal 10 Kota Jambi)* (Vol. 22).
- Alvian Ariesta, M., Sugiarto Waloejo, B., & Widyawati Agustin, I. (2020). Evaluasi Kinerja Persimpangan Bersinyal Jl. Jend. Ahmad Yani Kota Bekasi. *Planning for Urban Region and Environment*, 9(2).
- Andika. (2022). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Meningkatkan Keselamatan Dengan Pengaturan Ulang Waktu Siklus Apill Di Simpang Empat Maya Kota Tegal. *Jurnal Universal Technic*, 1(2), 84–95. <https://doi.org/10.58192/unitech.v1i2.413>
- Badan Pusat Statistik Kota Tebing Tinggi. (2024). *Jumlah Penduduk menurut Jenis Kelamin dan Kecamatan di Kota Tebing Tinggi (Jiwa), 2023* Kota Tebing Tinggi.
- Bintang, M. K. (2021). Kinerja Ruas Jalan Bhayangkara, Jalan Pajeksan, Jalan Ahmad Yani, Dan Jalan Kh. Ahmad Dahlan Setelah Penerapan Sistem Satu Arah Di Kawasan Malioboro Kota Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia
- Budiman, A. (2016). *Analisis Kapasitas Dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Pada Simpang Panglima Sultan Agung*. (Jurnal Fondasi Volume 5, No. 1)
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Jakarta.
- Fazlurrahman, M. I., & Susilo, B. H. (2019). *ANALISIS KEMACETAN LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus : Simpang Ir . H . Juanda – Raya Bogor) ANALYSIS OF TRAFFIC JAM IN SIGNALIZED INTERSECTIONS (Case Study : Intersection Ir . H . Juanda – Raya Bogor)*. April, 284–289.
- Felly Misdalena. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Jakabaring Menggunakan Program Microsimulator Vissim 8.00. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7, 35–41.
- Gustavsson, F. 2007. *New Transportation Research Progress*. New York: Nova Science Publishers.
- Morlok. 1998. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi (terjemahan*

Johan K. Hainim), Penerbit Erlangga, Jakarta.

Novita, R., Yani, I., & Ali, G. (2022). Sistem Prediksi untuk Penentuan Jumlah Pemesanan Obat Menggunakan Regresi Linier. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 2(1), 62–70. <https://doi.org/10.57152/malcom.v2i1.198>

Ramzy, M., Rahardjo, B., & Supriyanto, B. (2024). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Malang Menggunakan Pkji 2023 (Studi Kasus: Simpang Dieng Malang). *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik*, 4(7), 4. <https://doi.org/10.17977/um068.v4.i7.2024.4>

VISSIM.pdf. (n.d.).

Wisesa, S. P., Prayogi, A. S., & Fahrudin, T. M. (2018). Pemodelan Dan Evaluasi Trend Forecasting Pada Kondisi Korban Kecelakaan Lalu Lintas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 01(02), 56–66.

LAMPIRAN