TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN REKAYASA PENINGKATAN KINERJA SIMPANG APILL KADIPATEN MAJALENGKA

(EVALUATION AND PERFORMANCE IMPROVEMENT ENGINEERING OF SIGNALIZED INTERSECTION IN MAJALENGKA)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



Fahmi Aditya Muhamad

19511173

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN REKAYASA PENINGKATAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL KADIPATEN MAJALENGKA

(EVALUATION AND PERFORMANCE IMPROVEMENT ENGINEERING OF SIGNALIZED INTERSECTION IN MAJALENGKA)

Disusun Oleh

Fahmi Aditya Muhamad

19511173

Telah diterima sebagai salah satu syarat persyaratan

untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 14 Januari 2025

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I	Penguji I	Penguji II
Prayogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.	Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.	Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 205111303	NIK: 215111307	NIK: 955110103

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

30/1/2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.

NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sessungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas seusai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 06 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,



Fahmi Aditya Muhamad

19511173

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdullilah puji syukur kita panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, anugerah dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Kadipaten*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Muhamad Abdul Hadi S.T., M.T. selaku dewan penguji.
3. Ibu Ir Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Program Teknik Sipil.
4. Bapak Dadang Sutrisno dan Ibu Mumun Munengsih keluarga penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir.
5. Kakak Ari Sriwijaya, Anggie Suyudi dan Adik Audya Maryam Khoeriyah yang telah memberikan doa maupun dukungan yang telah diberikan dalam menyelesaikan studi tingkat starta satu.
6. Kakak Anggie Suyudi yang telah membantu melakukan survei dan peletakan kamera dan pengambilan data dilapangan.

7. Filda Fauziah Damayanti yang selalu menemani penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman surveyor yang telah membantu pengambilan data sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 06 Januari 2025
Penulis



Fahmi Aditya Muhamad
19511173

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR iii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI **Error! Bookmark not defined.**

KATA PENGANTAR v

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR LAMPIRAN xvi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii

ABSTRAK xix

ABSTRAK xx

BAB I PENDAHULUAN 21

1.1 Latar Belakang 21

1.2 Rumusan Masalah 23

1.3 Tujuan Penelitian 23

1.4 Batasan Penelitian 23

1.5 Manfaat Penelitian 24

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 25

2.1 Tinjauan Umum 25

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal 25

2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan *Software* VISSIM 27

2.4 Perbandingan Penelitian Saat ini Dengan Penelitian Terdahulu 29

2.5 Keaslian Penelitian 33

BAB III LANDASAN TEORI 34
3.1 Persimpangan 34
3.2 Simpang Bersinyal 35
3.3 Arus Lalu Lintas dan EMP 35
3.4 Arus Jenuh 36
3.4.1 Arus Jenuh Dasar 37
3.4.2 Faktor Koreksi Ukuran Kota 37
3.4.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping 38
3.4.4 Faktor Koreksi Kelandaian 40
3.4.5 Faktor Penyesuaian Parkir 40
3.4.6 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan 41
3.4.7 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri 41
3.5 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh 42
3.6 Penentuan Waktu Siklus 43
3.7 Derajat Jenuhan 44
3.8 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL 45
3.8.1 Panjang Antrian 45
3.8.2 Kendaraan Terhenti 46
3.8.3 Tundaan 47
3.9 Penilaian Kinerja 47
3.10 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* VISSIM 48
3.11 Tingkat Pelayanan Pada Persimpanagn 60
3.12 Kalibrasi dan Validasi Data 61
BAB IV METODE PENELITIAN 64
4.1 Jenis Penelitian 64

4.2 Lokasi Penelitian 64
4.3 Data Penelitian 67
4.4 Metode Pengambilan Data 67
4.4.1 Alat yang Digunakan 72
4.4.2 Waktu Pelaksanaan Survei 73
4.5 Metode Analisis Data 73
4.6 Bagan Alir Penelitian 74
BAB V ANALISIS DATA 77
5.1 Data Hasil Penelitian 77
5.1.1 Data Geometri Simpang 77
5.1.2 Data Fase dan Sinyal Lalu Lintas 78
5.1.3 Data Volume Lalu Lintas 80
5.1.4 Data Sekunder 84
5.1.5 Panjang Antrean 85
5.2 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan PKJI 2023 85
5.2.1 Analisis Kinerja Simpang Kadipaten Menggunakan PKJI 2023 86
5.2.2 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Jenuh 91
5.2.3 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas 93
5.3 Analisis Kinerja Simpang Kadipaten menggunakan PTV VISSIM 100
5.4 Kalibrasi dan Validasi Volume Hasil Evaluasi *VISSIM* 111
5.5 Alternatif Solusi 116
5.5.1 Alternatif Solusi I 116
5.5.2 Alternatif Solusi II 121
5.5.3 Alternatif Solusi III 125
5.6 Pembahasan 132

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 138
6.1 Kesimpulan 138
6.2 Saran 138
DAFTAR PUSTAKA 140
LAMPIRAN 143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 21
Gambar 3. 1 Konflik Primer dan Konflik Sekunder pada Simpang 4 Lengan 35
Gambar 3. 2 Faktor Koreksi untuk Kelandaian (F_G) 40
Gambar 3. 3 Nomogram N_{qmax} 46
Gambar 3. 4 Pengaturan *Units* pada *Network Setting* 48
Gambar 3. 5 *Input Background Image* 49
Gambar 3. 6 Jaringan Jalan 50
Gambar 3. 7 3D *Models* 51
Gambar 3. 8 Model *Distribution* 52
Gambar 3. 9 *Vehicle Type* 52
Gambar 3. 10 *Vehicle Classes* 53
Gambar 3. 11 *Desired Speed Distribution* 53
Gambar 3. 12 *Vehicle Routes* 54
Gambar 3. 13 *Vehicle Composition* 54
Gambar 3. 14 *Vehicle Input* 55
Gambar 3. 15 Menu *Signal Cntrol* 56
Gambar 3. 16 *Queue Counter* pada *Configuration* 56
Gambar 3. 17 Data *Collection Points* 57
Gambar 3. 18 *Nodes* 57
Gambar 3. 19 Data *Collection Measurements* 58
Gambar 3. 20 *Driving Behaviour* 58
Gambar 3. 21 *Evaluation Configuration* 59
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian 65
Gambar 4. 2 Lokasi Survei 66
Gambar 4. 3 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas 69
Gambar 4. 4 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan 71
Gambar 4. 5 Bagan Alir Penelitian 75

Gambar 5. 1 Geometri Simpang Kadipaten pada Kondisi Eksisting 78
Gambar 5. 2 Diagram Fase Simpang Kadipaten Kondisi Eksisting 79
Gambar 5. 3 Diagram Fase Simpang Kadipaten Kondisi Eksisting 80
Gambar 5. 4 Volume Lalu Lintas Periode Pagi 82
Gambar 5. 5 Volume Lalu Lintas Periode Siang 82
Gambar 5. 6 Volume Lalu Lintas Periode Sore 82
Gambar 5. 7 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak 84
Gambar 5. 8 Perubahan *Units* 100
Gambar 5. 9 *Input* Data Lokasi Penelitian 101
Gambar 5. 10 Pembuatan *Link* atau Lajur 101
Gambar 5. 11 Pembuatan *Connector* atau Penghubung 102
Gambar 5. 12 Pembuatan *Pavement Marking* pada Lajur 102
Gambar 5. 13 *Input* Volume Kendaraan Per Lengan 103
Gambar 5. 14 Pemilihan Komposisi Kendaraan Per Lajur 103
Gambar 5. 15 Pembuatan Komposisi Volume Kendaraan Per Arah 103
Gambar 5. 16 Analisis Area Konflik 104
Gambar 5. 17 Pemilian Konflik 105
Gambar 5. 18 Pembuatan *Priority Rules* 105
Gambar 5. 19 *Input* Waktu Siklus 106
Gambar 5. 20 *Input* Waktu Siklus 106
Gambar 5. 21 *Input* Waktu Siklus 107
Gambar 5. 22 *Input* Waktu Siklus 107
Gambar 5. 23 *Input Signal Head* 108
Gambar 5. 24 *Input Driving Behavior* 108
Gambar 5. 25 *Input Driving Behavior* 109
Gambar 5. 26 Contoh *Input Queue Counter/Delay* 109
Gambar 5. 27 Contoh Evaluasi Hasil *Delay* 110
Gambar 5. 28 Contoh *Input Evaluation Configuration* 110
Gambar 5. 29 Pemodelan Sebelum Kalibrasi 112
Gambar 5. 30 Pemodelan Setelah Kalibrasi 113
Gambar 5. 31 Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 118

Gambar 5. 32 Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Alternatif II 122
Gambar 5. 33 Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Alternatif III 128

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) 36
Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK}) 38
Tabel 3. 3 Faktor Hambatan Samping 38
Tabel 3. 4 Kelas Tipe Lingkungan Jalan 39
Tabel 3. 5 Waktu Siklus (s) yang Disarankan 44
Tabel 3. 6 Kriteria Tingkat Pelayanan Persimpangan Bersinyal 60
Tabel 4. 1 Kelas Tipe Lingkungan Jalan 67
Tabel 5. 1 Kondisi Geomtri Simpang Kadipaten 77
Tabel 5. 2 Kondisi Geometri Simpang Kadipaten 79
Tabel 5. 3 Data Volume Lalu Lintas (Smp/jam) 81
Tabel 5. 4 Tabel Volume Lalu Lintas Puncak Simpang Kadipaten 83
Tabel 5. 5 Panjang Antrean Jam Puncak 85
Tabel 5. 6 Faktor Penyesuaian Kelandian 89
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Arus Jenuh Simpang Kadipaten 90
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh 93
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perilaku Lalu Lintas 99
Tabel 5. 10 Hasil *Trial* and *Error* pada Kalibrasi 112
Tabel 5. 11 Uji GEH VISSIM dengan Kondisi Eksisting 114
Tabel 5. 12 Hasil Uji MAPE VISSIM dengan Kondisi Eksisting 114
Tabel 5. 13 Evaluasi Kinerja Simpang Berdasarkan Simulasi VISSIM 115
Tabel 5. 14 Perbandingan Panjang Antrean 115
Tabel 5. 15 Geometri Alternatif 1 117
Tabel 5. 16 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 118
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh Alternatif I 120
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Analisis Kinerja Alternatif I 120
Tabel 5. 19 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif II 122
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh Alternatif II 124

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Analisis Kinerja Alternatif II 124
Tabel 5. 22 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif III 128
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh Alternatif III 130
Tabel 5. 24 Panjang Antrean Alternatif III 131
Tabel 5. 25 Tundaan Alternatif III 131
Tabel 5. 26 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi III 132
Tabel 5. 27 Perbandingan Derajat Jenuh Setiap Alternatif 133
Tabel 5. 28 Perbandingan Panjang Antrean Setiap Alternatif 134
Tabel 5. 29 Perbandingan Tundaan Setiap Alternatif 135
Tabel 5. 30 Perbandingan Tingkat Pelayanan Setiap Alternatif 136

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei Volume Lalu Lintas Lengan Utara 144

Lampiran 2 Rekapitulasi Data Arus Lalu Lintas Kendaraan Per 1 Jam 156

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Senin 157

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL = alat pemberi isyarat lalu lintas

B_{KiJT} = belok kiri jalan terus

C = kapasitas

C_0 = kapasitas dasar

D_J = derajat jenuh

EMP = ekuivalensi mobil penumpang

F_{BKa} = faktor koreksi belok kanan

F_{BKi} = faktor koreksi belok kiri

F_{HS} = faktor hambatan samping

F_{SMP} = faktor satuan mobil penumpang

F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota

G = kelandaian

HS = hambatan samping

J = arus jenuh

J_O = arus jenuh dasar

KS = kendaraan sedang

L = lebar pendekat

L_E = lebar jalur efektif

L_K = lebar jalur keluar

L_m = lebar jalur masuk

LHR = volume lalu lintas harian rata-rata

MP = mobil penumpang

P_A = panjang antrian

P_a = peluang antrian

P_{BKa} = rasio belok kanan

P_{BKi} = rasio belok kiri

q = arus lalu lintas

q_{JP} = arus lalu lintas jam perencanaan

q_{BKa} = arus lalu lintas belok kanan

q_{BKi} = arus lalu lintas belok kiri

q_{TOT} = arus lalu lintas total

R_{AS} = rasio arus lalu lintas simpang

R_{BKa} = rasio arus belok kanan

R_{BKi} = rasio arus belok kiri

R_{BKiJT} = rasio arus belok kiri jalan terus

R_F = rasio fase

R_H = rasio waktu hijau

R_{KH} = rasio kendaraan terhenti

$R_{q/j}$ = rasio kejenuhan

s = waktu siklus

SM = sepeda motor

SMP = satuan mobil penumpang

T = tundaan

T_G = tundaan geomtri

T_{LL} = tundaan lalu lintas

UK = ukuran kota

Wa = waktu antara

W_{AH} = waktu antar hijau

W_E = lebar rata-rata

W_H = waktu hijau

W_{HH} = waktu hijau hilang total

W_W = waktu tempuh

ABSTRAK

Kabupaten Majalengka mengalami pertumbuhan yang pesat dalam hal jumlah penduduk. Hal tersebut mengakibatkan terjadi peningkatan pengguna jaringan jalan yang berupa kemacetan lalu lintas. Kemacetan pada persimpangan yang berpotensi menimbulkan hambatan jika tidak ditangani dengan baik. Salah satunya adalah Simpang Kadipaten. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis kinerja simpang kondisi eksisting pada simpang tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja Simpang Kadipaten pada kondisi eksisting serta mengusulkan alternatif pemecahan masalah yang tepat.

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan survei dan didapatkan dari beberapa referensi dari instansi terkait. Metode survei dilakukan dengan pengambilan langsung data di lapangan dan menggunakan kamera CCTV untuk mendapatkan volume lalu lintas. Pegambilan data lalu lintas penelitian dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja dan satu hari libur. Pengambilan data dilaksanakan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang, dan sore. Analisis simpang dilakukan untuk mendapatkan kinerja berupa tundaan dan tingkat pelayanan. Analisis kinerja Simpang Kadipaten dilakukan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia PKJI 2023 dan menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk memodelkan simpang dan kondisi lalu lintasnya serta memodelkan alternatif solusi. Alternatif solusi didapatkan dengan melakukan percobaan sehingga didapat beberapa alternatif solusi dan dipilih satu alternatif solusi terbaik.

Pada kondisi eksisting Simpang Kadipaten memiliki tingkat pelayanan F dengan tundaan simpang sebesar 60,10 detik/smp. Untuk meningkatkan kinerja Simpang Kadipaten dilakukan beberapa alternatif solusi berupa perubahan waktu siklus, perubahan fase, serta melakukan pelebaran geometrik. Alternatif solusi terbaik didapat dengan melakukan perubahan waktu siklus menjadi 61 detik. Tingkat pelayanan Simpang Kadipaten dengan menerapkan alternatif solusi terbaik meningkat menjadi C dengan tundaan simpang sebesar 18,002 detik/kendaraan.

Kata kunci : kinerja simpang, simpang bersinyal, PKJI 2023, VISSIM

ABSTRAK

Majalengka Regency is experiencing rapid growth in terms of population. This has resulted in an increase in road network users in the form of traffic jams. Congestion at intersections that have the potential to cause obstacles if not handled properly. One of them is the Kadipaten Junction. Therefore, an analysis of the performance of the intersection of existing conditions at the intersection is needed. The purpose of this study is to determine the performance of Simpang Kadipaten in existing conditions and to find out the right alternative problem solving.

Data collection was carried out by conducting a survey and obtained from several references from related agencies. The survey method is carried out by taking data directly in the field and using CCTV cameras to get traffic volume. The collection of research traffic data was carried out for two days with the provision of one working day and one day off. Data collection was carried out for 3 sessions, namely morning, afternoon, and afternoon sessions. Deviation analysis is carried out to obtain performance in the form of delays and service levels. The performance analysis of the Kadipaten Simpang was carried out using the 2023 PKJI Indonesian Road Capacity Guidelines and using VISSIM software to model the intersection and its traffic conditions as well as model alternative solutions. Alternative solutions are obtained by conducting experiments so that several alternative solutions are obtained and one of the best alternative solutions is selected.

In the existing condition, Simpang Kadipaten has a service level F with an intersection delay of 60.10 seconds/junior high school. To improve the performance of Simpang Kadipaten, several alternative solutions are carried out in the form of cycle time changes, phase changes, and geometric widening. The best alternative solution is to change the cycle time to 61 seconds. The service level of Simpang Kadipaten by implementing the best alternative solution increased to C with an interchange delay of 18.002 seconds/vehicle.

***Keywords**: intersection performance, signaled intersection, PKJI 2023, VISSIM.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Majalengka terletak di ujung sebelah barat pulau Jawa terdapat satu kota Kabupaten yaitu Kabupaten Majalengka. Dilihat dari letak geografisnya, posisi Kabupaten Majalengka ini berbatasan dengan Kabupaten Indramayu di sebelah utara, Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Kuningan di sebelah timur, Kabupaten Ciamis dan Kabupaten Tasikmalaya di sebelah selatan, serta Kabupaten Sumedang di sebelah barat.

Kabupaten Majalengka memiliki peningkatan volume lalu lintas yang cukup signifikan peningkatan volume lalu lintas ini menimbulkan permasalahan lalu lintas berupa kemacetan, tundaan, polusi udara serta suara yang sering di temui setiap hari. Kemacetan merupakan masalah utama yang dihadapi pengguna jalan. Selain itu, kemacetan dapat menimbulkan masalah-masalah lain yang timbul seperti meningkatnya polusi udara, meningkatnya biaya operasi kendaraan, hingga penurunan produktivitas masyarakat. Kemacetan yang terjadi di simpang ini berada dekat dengan pusat keramaian karena konflik yang terjadi antar kendaraan yang dari tiap kaki simpang. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah kemacetan adalah dengan adanya simpang bersinyal. Simpang bersinyal juga dapat mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang berlawanan.

Kemacetan terjadi di simpang yang berada dekat dengan pusat keramaian diakibatkan adanya konflik yang terjadi antar kendaraan yang datang dari tiap kaki simpang. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah kemacetan adalah dengan adanya Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Simpang APILL juga dapat mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang berlawanan. Akan tetapi, dibeberapa simpang bersinyal masih juga

terjadi kemacetan yang sangat parah. Salah satu simpang dengan tingkat kemacetan tinggi yang ada di Simpang Kadipaten. Simpang Kadipaten salah satu simpang APILL dengan empat lengan di Kabupaten Majalengka. Simpang tersebut menjadi titik pertemuan antara Jalan Majalengka, Jalan Kertajati, dan Jalan Cirebon-Bandung.

Setelah di bangun tugu pada area simpang menjadi faktor permasalahan lalu lintas, seperti tundaan dan panjang antrian kendaraan yang lebih kompleks karena kendaraan yang melewati simpang jika hendak berbelok ke arah kanan harus terlebih dahulu memutari bundaran sehingga akan memperlambat ruang gerak kendaraan pada area simpang ditambah volume kendaraan yang melewati simpang Kadipaten berupa kendaraan-kendaraan berat. Namun arus lalu lintas di simpang ini sangat tinggi dipengaruhi oleh aktivitas dari Pasar Tradisional Kadipaten selain dekat dengan pusat ekonomi, simpang kadipaten juga merupakan jalur utama lalu lintas dari Kota Cirebon ke Kota Bandung dan jalur utama masuk gerbang tol Cipali–Kertajati. Salah satu penyelesaian masalah kemacetan di simpang ini dengan cara menganalisis kinerja simpang dengan menggunakan jumlah volume lalu lintas eksisting.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan analisis kinerja lalu lintas pada Simpang Kadipaten Jalan Cirebon – Bandung Kota Majalengka dengan melakukan pemodelan menggunakan software PTV VISSIM (Planing Transportasi Verkher-Verkehr in Stadten Simulations Model). Berikut adalah gambar dimana kondisi eksisting simpang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian

(Sumber: Abdurahim, 2023)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas rumusan masalah yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja kelayakan Simpang Kadipaten dilihat dari aspek kapasitas, tundaan panjang antrean, dan derajat kejenuhan saat ini berdasarkan PJKI 2023?
2. Bagaimana solusi penanganan di Simpang Kadipaten agar lebih Optimal berdasarkan PTV VISSIM 2023?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka didaptkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja simpang bersinyal Kadipaten pada kondisi saat ini berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).
2. Mengevaluasi alternatif solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja Simpang Kadipaten berdasarkan simulasi VISSIM

1.4 Batasan Penelitian

Beberapa batasan penelitian yang diambil guna lebih focus dan sesuai dalam lingkup penyelesaian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengelompokan jenis kendaraan yang disurvei dan perhitungan analisis Simpang Kadipaten menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2023.
2. Survei lalu lintas dilakukan pada jam sibuk *(peak hour)*
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi serta melakukan perbaikan terhadap simpang menggunakan *software* PTV VISSIM 2023 *(Students Version)*.

4. Penentuan waktu survei berdasarkan survei yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kabupaten Majalengka.
5. Analisis data menggunakan data hasil survei pada jam puncak selama satu jam.
6. Pengaruh hambatan samping ditentukan secara frekuensi kuantitatif.
7. Pengaruh adanya Pasar Tradisional Kadipaten diabaikan.
8. Alternatif solusi yang diusulkan hanya berdasarkan APILL.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah seagai berikut:

1. Mengetahui kinerja Simpang bersinyal Kadipaten.
2. Hasil yang didapatkan diharapkan dapat menjadi informasi untuk instansi terkait yaitu Dishub Majalengka sebagai bahan pertimbangan untuk mempersiapkan langkah apa yang bisa mengurangi panjang antrian dan mengurangi kemacetan yang terjadi pada area persimpangan Kadipaten kedepanya.
3. Pedoman simulasi *Vissim* dapat dijadikan untuk referensi dalam mengoptimalkan kinerja simpang.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mengetahui keterkaitan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitan terdahulu. Penelitian yang sudah ada dapat menjadi referensi bagi penulis dalam menyusun penelitian ini. Peninjauan terhadap penelitian terdahulu juga berfungsi untuk membandingkan penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu sehingga tidak terjadi kesamaan penelitian dengan metode dan lokasi yang sama.

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang APILL

Ekiciputra (2022) melakukan penelitian di Simpang Saronde, Kota Gorontalo. Metode yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil dari hasil survei langsung seperti data volume lalu lintas, dan geometrik bundaran sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu data jumlah penduduk provinsi Kota Gorontalo, dan peta jaringan jalan. Analisis kinerja bundaran dilakukan dengan menggunakan metode (PKJI 2014). Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat ketertiban di kawasan Bundaran Saronde ini relatif rendah, akibat pelanggaran oleh pengendara yang mengambil jalan pintas melalui bundaran. Pelanggaran meningkat saat *off peak time*. Hasil analisis diperoleh jam puncak tertinggi yaitu jam 17.00-18.00 dengan volume lalu lintas 3.153 skr/jam, sehingga diambil patokan untuk menganalisis kinerja bundaran. Nilai derajat kejenuhan (DS) terbesar berada pada arah Barat-Utara sebesar 0,321. Berdasarkan syarat Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014) bahwa DS < 0,75, sehingga tingkat kejenuhan pada Bundaran Saronde masih terbilang ideal. Jika dilihat dari kondisi eksisting Bundaran Saronde dapat dikatakan

cukup padat dan menimbulkan konflik lalu lintas, disebabkan ketidak idealan posisi bundaran tersebut.

Sulistiani (2023) permasalahan disimpang Jalan K.H. Abdul Halim – Siti Armilah, Kabupaten Majalengka. Metode penelitian yang dipakai dalam pengambilan data adalah penelitian dan mengamati serta mencatat seara langsung di lapangan. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan langsung dilapangan. Sedangkan data sekunder digunakan rumusan yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MJKI) tahun 1997 untuk mengetahui tingkat pelayanan simpang. Adapun analisis menunjukkan bahwa dari hasil survei tingkat kelayakan simpang bundaran Taman Dirgantara Kabupaten ini masih cukup untuk melayani arus lalu lintas. Hal ini dapat ditunjukkan dari nilai Derajat Kejenuhan 0,44 - 0,75 untuk setiap bagian jalinannya pada arus lalu lintas jam puncak tundaan rata – rata sebesr 5.813 det/smp dengan peluang antrian sebesar 10 % maka berdasarkan acuan persyarakan bagian jalinan jalinan bundaran dapat disimpulakan bundaran belum jenuh.

Ardy (2021) melakukan penelitian di Jl. Dr.Soetomo, Jl. RA. Kartini dan Jl. Pandegiling Kota Surabaya. Metode analisis data menggunkan metode analisis perhitungan yaitu dengan melakukan perhitungan analisis kinerja pada simpang koordinasi pada ruas Jl. Dr. Soetomo – Jl. RA. Kartini – Jl. Raya Pandegiling baik pada kondisi eksisting ataupun setelah dilakukan rekayasa lalu lintas. Semua perhitungan yang dilakukan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997. Hasil penelitian ini mengetahui rekayasa waktu siklus pada setiap lengan simpang dalam proses perencanaan simpang didapat nilai kinerja eksisting rata-rata ketiga simpang derajat kejenuhan (DS) dan panjang antrian (QL).

Nurcahyo (2021) melakukan penelitia di Jl, Laksda Adisucipto – JL, Yogyakarta. Metode yang digunakan mengacu pada MKJI 1997. Pengambilan data secara langsung dan bersamaan di lokasi. Koordinasi simpang dilakukan dengan mengganti waktu siklus baru yaitu 130 detik. Diperoleh nilai panjang antrian (QL) yang lebih baik dan terkoordinasi tundaan (D) yang lebih baik dan terkoordinasi. Untuk hasil koordinasi simpang UIN menuju Simpang Demangan dengan

menggunakan waktu o*ffset* sebesar 78,75 detik diperoleh nilai *bandwidth* sebesar 45 detik. Untuk arah Simpang Demangan menuju simpang UIN dengan *offset* sebesar 80,42 detik dan diperoleh nilai *bandwidth* sebesar 50 detik. Untuk efsiensi *bandwidth* diperoleh pada Simpang Demangan adalah 38,42% dan 34,61% untuk simpang UIN.

Pribadi (2020) untuk mengetahui koordinasi antar Simpang yang selama ini mengakibatkan tundaan yang panjang di Jalan Raya Darmo, Kota Banjarmasin. Semua perhitungan yang dilakukan mengacu pada MKJI 1997. Pada penelitian ini untuk menentukan kinerja terbaik pada setiap perencanaan menggunakan cara metode pembobotan yang sama. Ketiga simpang yang berada pada ruas jalan Raya Darmo yaitu simpang Dr. Soetomo, simpang RA. Kartini, dan simpang Pandegiling memperoleh derajat kejenuhan (DS) 1,104, panjang antrian (QL) 832 meter, dan tundaan (Delay) 325 detik. Setelah dilakukannya perencanaan ke empat maka nilai rata-rata simpang untuk DS turun menjadi 0,857, QL turun menjadi 353 m dan tundaan turun menjadi 75 detik. Nilai offset pada simpang 1 dan 2 adalah 24 detik, pada simpang 2 dan 3 adalah 27 detik, dan pada simpang 1 dan 3 adalah 51 detik. Untuk bandwidth didapat 170 detik hijau pada setiap simpang.

2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan *Software* VISSIM

Zaki (2020) melakukan penelitian di Simpang Seturan UPN, Yogyakarta, untuk mengetahui kinerja lalu lintas Simpang Seturan UPN, pada kondisi eksisting saat ini, dan mengetahui alternatif solusi penanganan di Simpang Seturan UPN. Untuk hasil koordinasi Simpang Seturan menggunakan software VISSIM 9. Untuk pengambilan data melakukan survei langsung dilokasi tersebut. Hasil dari penelitian di dapat tingkat pelayanan simpang pada kondisi eksisting adalah D dengan waktu tundaan sebesar 38,105 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 92,779 meter, tingkat pelayanan simpang pada kondisi eksisting alternatif 1 adalah E dengan nilai tundaan sebesar 40,414 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 167,349 meter, tingkat pelayanan simpang pada kondisi alternatif 2 adalah D dengan nilai tundaan sebesar 38,928 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar

94,306 meter, tingkat pelayanan simpang pada kondisi alternatif 3 adalah D dengan nilai tundaan sebesar 30,486 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 162,024 meter, tingkat pelayanan pada kondisi alternatif 4 adalah B dengan nilai tundaan sebesar 14,409 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 59,711 meter.

Ratnaningsih (2020) dalam penelitian ini koordinasi sinyal simpang jalan yang berdekatan dengan permodelan VISSIM.Study Kasus Simpang Pandanaran Dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman. Data diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan pada saat jam puncak kemudian dianalisis dengan menggunakan metode MKJI 1997 untuk mendapatkan derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan pada simpang Pandanaran, setelah kedua simpang menjadi simpang bersinyal kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk mendaptkan panjang antrian, tundaan, kecepatan, dan waktu tempuh. Setelah dilakukan analisis dengan metode MKJI 1997 pada simpang Pandanaran didapat hasil derajat kejenuhan pada lengan Utara sebesar 1,170 dan tingkat pelayanannya yaitu D, lengan Selatan sebesar 1,194 dan tingkat pelayanannya yaitu C, lengan Barat sebesar 1,132 dan tingkat pelayannya yaitu B.

Purnama (2022) dalam penelitian ini analisis Jalan Magelang yang terletak di Kabupaten Sleman. Proses analisis dilakukan berdasarkan MKJI 1997 dan Highway Capacity Manual (HCM) serta pemodelan dengan software VISSIM. 153 detik merupakan alternatif yang paling efektif. Tiap pendekat memiliki fase sendiri. Pada pendekat utara dan selatan ketika lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau bersamaan. Pada pendekat selatan memiliki LTOR. Derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,73, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69. Panjang antrean pada Jalan Magelang (utara) sebesar 53,32 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 48,12 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 69,61 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 51,09 m. Waktu tundaan simpang sebesar 58,83 detik dengan tingkat

Bambang (2023) dalam penelitian ini Analisis Simpang Jalan menggunakan PTV VISSIM Studi Kasus Simpang Bergota, Kota Semarang. Metode yang

digunakan penelitian ini adalah observasi dengan melakukan pengambilan data sebagai input pada PTV VISSIM seperti geometri Simpang, rute kendaraan, komposisi, volume kendaraan, kecepatan kendaraan dan siklus waktu lalu lintas dengan menggunakan metode *Traffic Counting* pada Simpang Bergota. Untuk pengambilan data menggunakan rekaman video Drone lalu melakukan pencacahan arus lalu lintas dengan menghitung kendaraan yang melewati titik survei.

2.4 Perbandingan Penelitian Saat ini Dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu di atas maka dapat disimpulkan bahwa terdapat kesamaan dan perbedaan antar penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi	Perbedaan	Persamaan
Ekiciputra, (2022)	Analisis Kinerja Bundaran (Roundabout)	1. Data primer 2. Data sekunder 3. Geometrik jalan 4. Survei langsung	Bundaran Saronde, Kota Gorontalo	1. Data Penduduk 2. PKJI 2023	1. Mengetahui tingkat ketertiban kendaraan 2. Mengetahui faktor yang mempengaruhi kinerja Simpang
Sulistiani, (2023)	Evaluasi Kinerja Bundaran Taman Dirgantara, Kabupaten Majalengka	1. Survei langsung 2. MKJI 1997	K.H. Abdul Halim – Siti Armilah, Majalengka	1. PKJI 2023 2. VISSIM 3. Lokasi penelitian berbeda	1. Mengetahui tingkat pelayanan simpang kondisi saat ini
A.Susanti (2021)	Studi Perencanaan Simpang Koordinasi Jl. Dr. Soetomo – Jl. RA. Kartini – Jl. Pandegiling Surabaya	1. MKJI 1997	Jl. Dr. Soetomo – Jl. RA. Kartini – Jl. Pandegiling di Kota Surabaya	1. Lokasi penelitian berbeda 2. PKJI 2023	1. Mengetahui faktor yang mepengaruhi kinerja simpang bersinyal.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Penulis	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi	Perbedaan	Persamaan
Nurcahyo, (2021)	Kinerja Koordinasi Simpang Bersinyal	MKJI 1997	Simpang Bersinyal UIN Sunan Kalijaga dengan Simpang Bersinyal Demangan	1. Lokasi penelitian berbeda 2. Menggunakan PKJI 2023	1. Disimulasikan menggunakan *software* VISSIM
Zaki, (2020)	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta	MKJI 1997	Simpang Seturan UPN, Yogyakarta	1. Lokasi penelitian berbeda 2. Menggunakan PKJI 2023	1. Mengetahui tingkat pelayanan pada kondisi eksisting dan disimulasikan menggunakan *software* VISSIM
Pribadi., (2020)	Koordinasi Empat Simpang Bersinyal Untuk Kelancaran Arus Lalu Lintas Di Kota Banjarmasin	PKJI 2014	Simpang Dewi, Simpang Duta Mall, Simpang Mak Haji, dan Simpang Terminal Antasari, Banjarmasin	1. Lokasi penelitian berbeda 2. Menggunakan PKJI 2023	1. Mengetahui koordinasi antar simpang
(Bachrul Andriansyah Purnama, 2022)	Evaluasi Dan Peningkatan Kinerja Simpan Bersinyal Denggung	PKJI 1997	Simpang Denggung, Sleman	1. Lokasi Penelitian 2. PKJI 2023 3. 2 fase	1. Evaluasi dan peningkatan simpang bersinyal

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Penulis	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi	Perbedaan	Persamaan
Ratnaningsih, (2020)	Koodinasi Sinyal Simpang Jalan yang Berdekatan Dengan Permodelan VISSIM: Study Kasus Simpang Pandanaran	1. Survei Langsung 2. MKJI 1997	Simpang Pandanaran, Kabupaten Sleman	1.Menggunakan MKJI 2023 2.Lokasi Penelitian berbeda	1. Mengetahui panjang antrian, derajat kejenuhan, tundaan. 2. Software VISSIM
Bambang, (2023)	Analisis dan Simulasi Kecepatan Lalu-Lintas Pada Simpang Jalan Menggunakan Perangkar PTV VISSIM Student Version	Traffic Counting	Simpang Bergota, Kota Semarang	1. Simpang bersinyal dengan bundaran 2. Lokasi Penelitian berbeda	1. Mengetahui kecepatan lalu-lintas dan disimulasikan menggunakan *software* VISSIM
(Harfat 2024)	Evaluasi dan Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Jokteng Wetan	1. Survei Langsung 2. MKJI 1997	Simpang Jokteng Wetan DIY	1. Menggunakan MKJI 2023 2. Lokasi Penelitian berbeda	1. Mengetahui kondisi eksisting saat ini. 2. Evaluasi dan peningkatan simpang

2.5 Keaslian Penelitian

Persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu dilakukan pemodelan atau simulasi dengan menggunakan *software* VISSIM. Namun demikian, terdapat perbedaan dengan penelitian sebelumnya dalam hal Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), lokasi penelitian yang terletak pada Simpang Kadipaten Majalengka.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

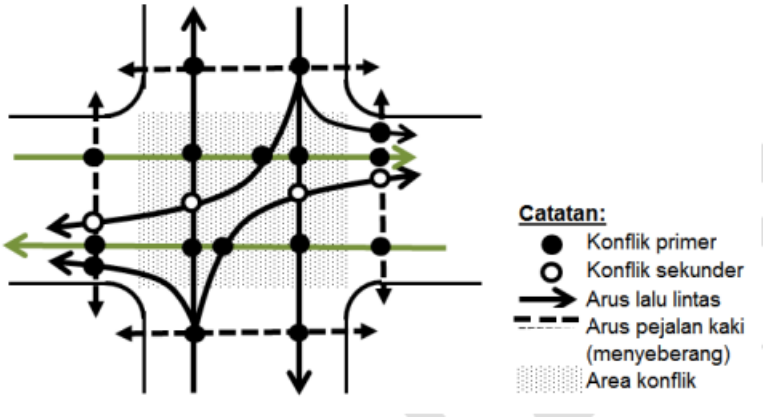
Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), pemilihan jenis persimpangan baru (simpang atau simpang APILL atau bundaran atau simpang tak sebidang) didasarkan atas analisis Biaya Siklus Hidup (BSH). Pada persimpangan, kinerja lalu lintas diukur pada kondisi arus yang dievaluasi selama 1 (satu) jam. Arus 1 (satu) jam tersebut merupakan arus lalu lintas yang representatif dari masa pelayanan dan dapat merupakan arus hasil pengukuran di lapangan atau arus lalu lintas rencana. Untuk menilai kinerja lalu lintas, kriteria desain yang umum digunakan adalah DJ dengan nilai yang umum DJ ≤0,85. Kriteria lain sebagai tambahan berbeda-beda untuk setiap jenis persimpangan.

faktor-faktor koreksi yang merepresentasikan deviasi geometri jalan dan lalu lintas terhadap kondisi idealnya. Perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan untuk setiap arah berdasarkan arus lalu lintas setiap arah dan dilakukan untuk periode satu jam, baik jam desain maupun jam arus puncak. Suatu segmen jalan harus dipisahkan menjadi 2 (dua) atau lebih segmen, jika terdapat hal-hal sebagai berikut:

1. karakteristik segmen jalan berubah secara signifikan, misalnya lebar jalur lalu lintas dan bahu, tipe jalan, jarak pandang;
2. tipe alinemen jalan berubah
3. jalan memasuki daerah perkotaan atau semi perkotaan (atau sebaliknya), meskipun karakteristik geometri atau yang lainnya tidak berubah;
4. jalan melalui pusat desa yang mempunyai karakteristik samping jalan yang sesuai dengan jalan perkotaan; dan
5. jalan melewati satu atau lebih Simpang atau Simpang APILL, baik di daerah perkotaan maupun bukan, yang menyebabkan waktu tempuhnya terpengaruh secara signifikan.

3.2 Simpang Bersinyal

APILL mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. Gambar 3.1 menjelaskan tipikal konflik-konflik pada suatu simpang empat.



Gambar 3. 1 Konflik Primer dan Konflik Sekunder pada Simpang 4 Lengan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 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.

3.3 Arus Lalu Lintas dan EMP

Arus lalu lintas jam perencanaan Q_{jp} harus dihitung menggunakan nilai K yang berlaku dan LHRT yang representatif. LHRT didasarkan atas perhitungan lalu

lintas menerus selama satu tahun, atau jika diprediksi, maka harus mengacu kepada ketentuan perkiraan yang berlaku.

$$Q_{jp} = LHRT \times K \quad (3.1)$$

Arus lalu lintas Q dinyatakan dalam SMP/jam untuk satu atau lebih periode, misalnya pada periode jam puncak pagi, siang, atau sore. Arus lalu lintas dalam kend/jam dikonversi menjadi satuan SMP/jam menggunakan nilai EMP yang sesuai dengan masing-masing pendekat terlindung atau terlawan. Dalam satu pendekat bisa terjadi dua tipe pendekat yang berbeda dengan fase yang berbeda. Jika hal ini ditemui, maka nilai EMP yang digunakan juga menjadi dua, sesuai tipe pendekat masing-masing fase tersebut. Nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan pada tipe pendekat terlindung dan terlawan ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Jenis Kendara	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1,00	1,00
Kendaraan Sedang (KS)	1,30	1,30
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,40

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023)

3.4 Arus Jenuh

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023) arus jenuh (J, SMP/jam) 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 menggunakan persamaan 3.2 berikut.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKI} \times F_{BKA} \quad (3.2)$$

dengan:

J = arus jenuh,

J_0 = arus jenuh dasar,

F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping,

F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota,

F_G = faktor koreksi kelandaian memanjang,

F_P = faktor koreksi jarak garis henti,

F_{BKI} = faktor koreksi rasio arus belok kiri, dan

F_{BKA} = faktor koreksi rasio arus belok kanan.

3.4.1 Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (J_0) adalah banyaknya keberangkatan antrian dalam suatu pendekat selama kondisi ideal. Adapun arus jenuh dasar berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$J_0 = (600 \times L_E) \quad (3.3)$$

dengan:

J_0 = arus jenuh dasar, SMP/jam, dan

LE = lebar efektif pendekat, meter.

3.4.2 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Merupakan faktor penyesuaian terhadap jumlah penduduk dalam kota yang diteliti, dihitung dengan satuan jutaan penduduk. Faktor penyesuaian ukuran kota didapatkan berdasarkan jumlah penduduk dalam suatu kota. Nilai faktor penyesuaian ukuran kota sudah diatur dalam PKJI 2023. Semakin besar kota semakin agresif pengemudi menjalankan mobilnya sehingga dianggap menaikkan kapasitas. F_{UK} dibedakan berdasarkan besarnya populasi penduduk. Nilai F_{UK} dapat dilihat dalam Tabel 3.2 berikut

Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Ukuran Kota	Populasi Penduduk, Juta Jiwa	F_{UK}
Sangat kecil	<0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat bear	>3,0	1,05

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023)

3.4.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor hambatan samping adalah faktor yang dipengaruhi oleh interaksi antar arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang mengakibatkan pengurangan arus jenuh di dalam pendekat. Penentuan faktor hambatan samping dipengaruhi oleh tipe lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, tipe fase dan rasio kendaraan tak bermotor. Adapun penentuan faktor penyesuaian hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Faktor Hambatan Samping

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	**0,05**	**0,10**	**0,15**	**0,20**	**≥0,25**
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (AT)	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	9,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023)

Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor Pengaruh kondisi lingkungan jalan, hambatan samping, dan besarnya arus KTB, akibat kegiatan di sekitar simpang terhadap kapasitas dasar digabungkan menjadi satu nilai faktor koreksi hambatan samping (FHS). Pengkategorian tipe lingkungan jalan ditetapkan menjadi tiga, yaitu komersil, permukiman, dan akses terbatas. Pengkategorian tersebut berdasarkan fungsi tata guna lahan dan aksesibilitas jalan dari aktivitas yang ada di sekitar simpang. Kategori tersebut ditetapkan berdasarkan penilaian teknis dengan kriteria sebagaimana diuraikan dalam Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Kelas Tipe Lingkungan Jalan

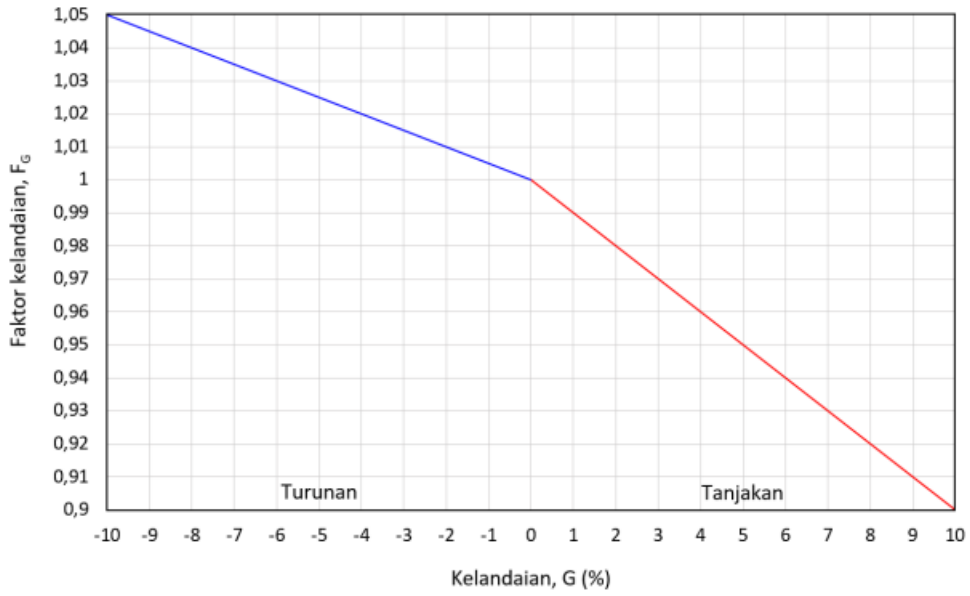
Tipe Lingkungan Jalan	Kriteria
Komersial	Lahan yang digunakan untuk kepentingan komersial, misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran, dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Pemukiman	Lahan digunakan untuk tempat tinggal dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Akses terbatas	Lahan tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena adanya penghalang fisik; akses harus melalui jalan samping.

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023)

Pengkategorian hambatan samping ditetapkan menjadi 5 (Lima) yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Masing-masing menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang terhadap arus lalu lintas yang berangkat dari pendekat, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bus berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur.

3.4.4 Faktor Koreksi Kelandaian

Faktor koreksi kelandaian atau faktor gradien (FG) adalah faktor koreksi untuk kelandaian pendekat. Nilai kelandaian dinyatakan dalam persen, jika suatu pendekat megalami tanjakan maka nilai persenya positif dan jika pendekat mengalami turunan maka nilai persenya negative. Penentunya nilai faktor kelandian dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 2 Faktor Koreksi untuk Kelandaian (F_G)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.5 Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir adalah faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak garis henti hingga kendaraan yang diparkir pertama dalam suatu pendekat. Hal yang berpengaruh dalam menentukan faktor penyesuain parkir yaitu jarak garis henti hingga kendaraan yang diparkir pertama, lebar pendekat, dan waktu hijau pada pendekat. Perhitungan faktor penyesuaian parkir dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$F_P = [L_P/3-(L-2) \text{ x } (L_P/3-W_H)/L/W_H] \quad (3.4)$$

dengan:

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

L = lebar pendekan (m), dan

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

3.4.6 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (F_{BKa}) dalam suatu pendekat. Faktor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, dan jalan dua arah. Hal tersebutdikarenakan jalan dua arah tanpa median dan kendaraan belok kanan pada pendekat tipe P memiliki kecenderungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti saat menyelesaikan belokannya. Sehingga mengakibatkan peningkatan rasio belok kanan pada arus jenuh, dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan perhitungan faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

$$F_{Bka} = 1{,}0 + R_{BKa} \text{ x } 0{,}26 \quad (3.5)$$

dengan:

F_{BKa} = faktor koreksi belok kanan, dan

R_{BKa} = rasio belok kanan.

3.4.7 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (R_{BKI}) dalam suatu pendekat. Faktor ini hanya untuk pendekat tipe P tanpa B_{KiJT}. Hal tersebut dikarenakan pada pendekat terlindung tanpa adanya belok kiri jalan terus, kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Pada arus berangkat pada pendekat terlawan (tipe 0) pada umumnya lebih lambat, sehingga tidak perlu adanya penyesuaian untuk pengaruh belok kiri, dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan

perhitungan faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$F_{Bki} = 1{,}0 - R_{BKi} \times 0{,}26 \quad (3.6)$$

dengan:

F_{BKi} = faktor koreksi belok kiri, dan

R_{BKi} = rasio belok kiri.

3.5 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh

Rasio arus adalah perbandingan arus terhadap arus jenuh dari suatu pendekat.Perhitungan rasio arus tiap pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$R_{q/J} = q/j \quad (3.7)$$

dengan:

q = arus lalu lintas, dan

j = arus jenuh.

Tetapkan arus lalu Iintas masing-masing pendekat (q) berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan. Hitung rasio arus (q) terhadap arus jenuh ($R_{q/J}$).Tandai rasio arus tertinggi dengan tanda kritis ($R_{q/J}$ kritis) dari masing-masing fase. Hitung rasio arus simpang APILL (R_{AS}) sebagai jumlah dari nilai-nilai $R_{q/J\ Kritis}$ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$R_{AS} = \sum_i (R_{q/J\ kritis})_i \quad (3.8)$$

dengan:

R_{AS} = rasio arus lalu lintas simpang,

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

i = bagian jalinan ke I dalam bundaran.

Hitung rasio fase (R_F) masing-masing fase sebagai rasio antara $R_{q/J\ Kritis}$ dan R_{AS} dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$R_f = R_{q/J\ kritis}/R_{AS} \quad (3.9)$$

dengan:

R_F = Rasio fase

3.6 Penentuan Waktu Siklus

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (s) dan waktu hijau (WH). Tahap pertama adalah penentuan waktu siklus untuk sistem kendali waktu tetap yang dapat dilakukan menggunakan rumus Webster (1966). Rumus ini bertujuan meminimumkan tundaan total. Tahap selanjutnya adalah menetapkan waktu hijau (WH) pada masing-masing fase (i). Nilai s ditetapkan menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$s = (1{,}5 \times W_{HH} + 5) / (1 - \Sigma R_{q/J\ kritis}) \quad (3.10)$$

dengan:

S = waktus siklus,

WHH = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik), dan

Rq/J = rasio arus.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023), waktu siklus suatu simpang terdiri dari waktu hijau, waktu merah, waktu kuning (amber), dan waktu merah semua (all red). Waktu hijau merupakan waktu untuk kendaraan bergerak keluar simpang, waktu merah merupakan waktu untuk kendaraan berhenti, waktu kuning dan waktu merah semua merupakan waktu transisi antara waktu hijau dengan waktu merah pada suatu pendekat simpang. Terdapat waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5 Waktu Siklus (s) yang Disarankan

Tipe Pengaturan	s yang disarankan (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 dugunakan untuk simpang dengan lebar <10 m dan nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang memiliki lebar >10 m. Waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan akan mengakibatkan kesulitas bagi pejalan kaki dalam menyebrang jalan. Waktu siklus yang lebih besar 130 detik harus dihindari kecuali pada simpang yang sangat besar karena akan mengakibatkan kerugian dalam hal kapasitas keseluruhan. Jika dari hasil perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari waktu yang disarankan, menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut tidak layak.

3.7 Derajat Jenuhan

Nilai D_J digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan kinerja lalu lintas suatu segmen. Nilai D_J menunjukkan apakah suatu segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan umum derajat kejenuhan pada Persamaan 3.11 berikut.

$$D_J = q/c \tag{3.11}$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

q = volume lalu lintas jam desain atau jam puncak SMP/jam, dan

c = kapasitas JBH, SMP/jam.

3.8 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

Pengukuran berbagai perilaku lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan derajat kejenuhan, arus lalu lintas, dan waktu sinyal. Perilaku lalu lintas merupakan salah satu karakteristik dalam menentukan kinerja simpang bersinyal. Perilaku lalu lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrian, rasio kendaraan henti, dan tundaan.

3.8.1 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian 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 antrian selama fase merah (N_{q2}), dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 dan Persamaan 3.13 berikut.

Jika $D_J \leq 0{,}5$ maka $N_{q1} = 0$

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \tag{3.12}$$

Jika $D_J > 0{,}5$ maka

$$N_{q1} = 0{,}25 \times s \times \left\{ \left(D_j - 1\right) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8\,x\,(DJ - 0{,}5)}{s}} \right\} \tag{3.13}$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-Rh)}{(1-Rh\,x\,Dj)} \times \frac{q}{3600}$$

Jumlah kendaraan tersisa dari fase hijau sebelumnya

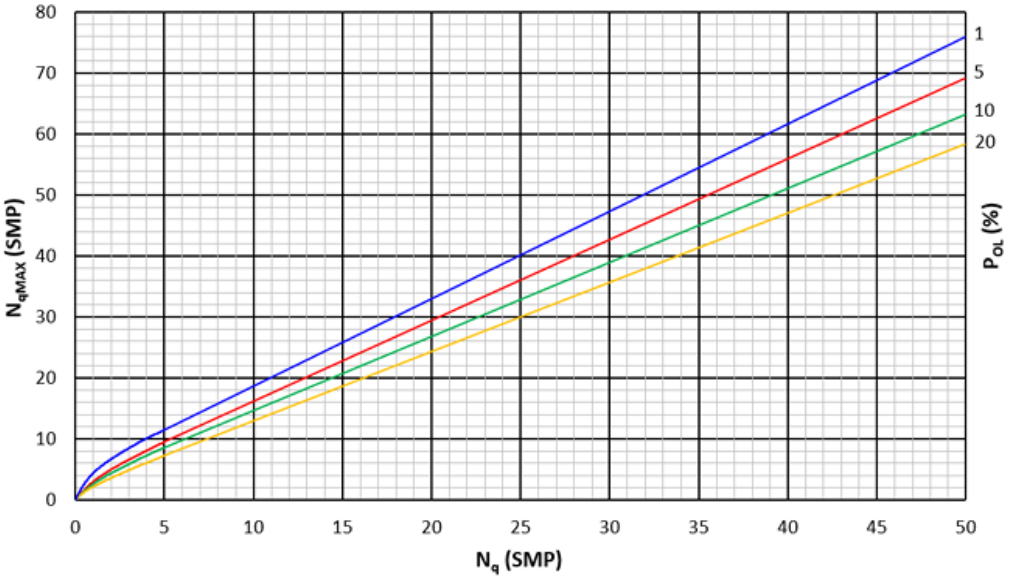
dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

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

N_{q2} = jumlah smp yang datang selama fase merah (smp).

Setelah didapatkan nilai Nq_1 N_{q2} untuk mendapatkan N_q kemudian mencari nilai N_{qmax} untuk menyesuaikan nilai N_q untuk peluang terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%), maka ditetapkan nilai N_{qmax} menggunakan Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Nomogram N_{qmax}
Sumber: (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Nq = jumlah rata-arta antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat hijau

3.8.2 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 3.14 berikut.

$$R_{KH} = 0{,}9 \times \frac{Nq}{q \times s} \times 3600 \quad (3.14)$$

dengan:

N_q = jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP),

q = waktu siklus (detik), dan

s = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (SMP/jam).

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti N_{KH}, adalah jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu Simpang APILL, dihitung menggunakan Persamaan 3.15 berikut.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (3.15)$$

dengan:

N_{KH} = jumlah berehenti rata-rata per kendaraan (det/kend)

3.8.3 Tundaan

Tundaan pada suatu Smpang APILL terjadi karena dua hal, yaitu 1 tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan 2 tundaan geometri (T_G). tundaan rata-rata untuk suatu pendekat I dihitung menggunakan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$T_{LL} = T_{LL} + T_{Gi} \quad (3.16)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$T_{LL} = s \times \frac{0{,}5\ x\ (1-R_H)^2}{(1-R_H\ x\ D_J)} + \frac{N_{Q1}\ x\ 3600}{C} \quad (3.17)$$

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat i dapat diperkirakan menggunakan Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.18)$$

3.9 Penilaian Kinerja

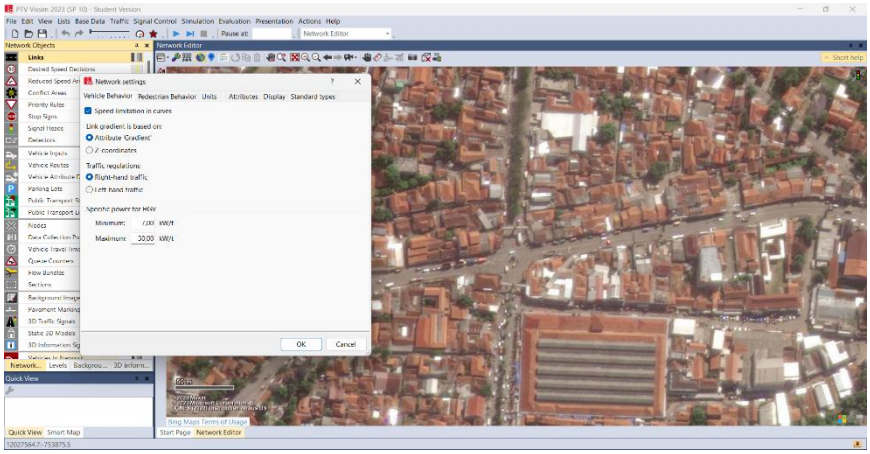
Tujuan analisis kapasitas adalah memperkirakan kapasitas dan kinerja lalu lintas pada kondisi tertentu terkait rencana atau geometri eksisting, pengaturan fase dan waktu isyarat, arus lalu lintas dan lingkungan simpang APILL. Dengan perkiraan nilai kapasitas dan kinerja, memungkinkan dilakukan perubahan rencana simpang APILL untuk memperoleh kinerja lalu lintas yang diinginkan berkaitan dengan kapasitas dan tundaannya. Cara yang paling cepat untuk menilai hasil adalah dengan melihat nilai D_J untuk kondisi yang diamati dan membandingkannya dengan kondisi lalu lintas pada masa pelayanan terkait dengan pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur pelayanan yang diinginkan dari Simpang APILL tersebut. Jika nilai D_J yang diperoleh terlalu tinggi (misal >0,85), maka perlu dilakukan perubahan rencana yang berkaitan dengan penetapan fase dan waktu isyarat, lebar pendekat dan membuat perhitungan baru.

3.10 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* VISSIM

Dalam melakukan pemodelan lalu lintas menggunakan *software* VISSIM, perlu diketahui data-data yang sudah diperoleh melalui survei lapangan dan sumber referensi lainnya. Prima J. Romadhona (2019) menjelaskan bahwa dalam proses running dilakukan sebanyak 5 kali. Adapun tahapan pemodelan lalu lintas dengan software VISSIM adalah sebagai berikut.

1. *Network Setting*

   Network setting merupakan pengaturan awal dalam pemodelan VISSIM. Tahapan ini mengatur perilaku lalu lintas yang disesuaikan dengan negara tempat penelitian berada. Indonesia merupakan negara yang menerapkan sistem berkendara menggunakan jalur kiri sehingga perlu dilakukan pengaturan pada *software* tersebut. Selain itu dilakukan perubahan satuan sesuai satuan yang berlaku di Indonesia. Dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Pengaturan *Units* pada *Network Setting*

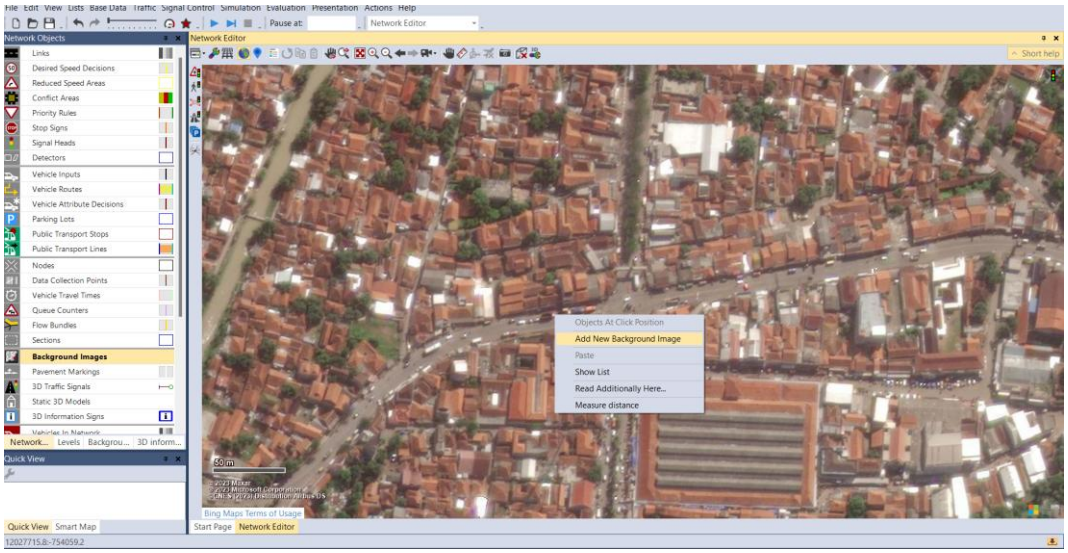
2. *Input Background Images*

   Background Images merupakan gambar peta jaringan jalan yang digunakan dalam melakukan pemodelan. Dalam pemodelan VISSIM, perlu dimasukkan *Background Images* sesuai dengan peta lokasi penelitian yang didapat dari

Google Earth atau *Google Maps*. Adapun tahapan dalam pengaturan *Background Images* adalah sebagai berikut.

a. Klik menu *Background Images* pada *Network Object.*
b. Klik kanan pada jendela *Network Editor.*
c. Pilih *Add New Background Images.*
d. Pilih gambar jaringan jalan yang ingin dimasukan.

Setelah dilakukan input *Background Image* kemudian dilakukan pengaturan skala antara gambar yang didapat dari *Google Earth* dengan kondisi asli di lapangan. Pada *software* VISSIM dipilih set scale pada gambar yang telah dimasukkan dengan cara menarik garis yang menjadi acuan pengukuran kemudian masukkan ukuran asli di lapangan. Dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 *Input Background Image*

3. Jaringan Jalan

Dalam *software* VISSIM, pengendalian jaringan jalan terdiri dari dua jenis sebagai berikut.

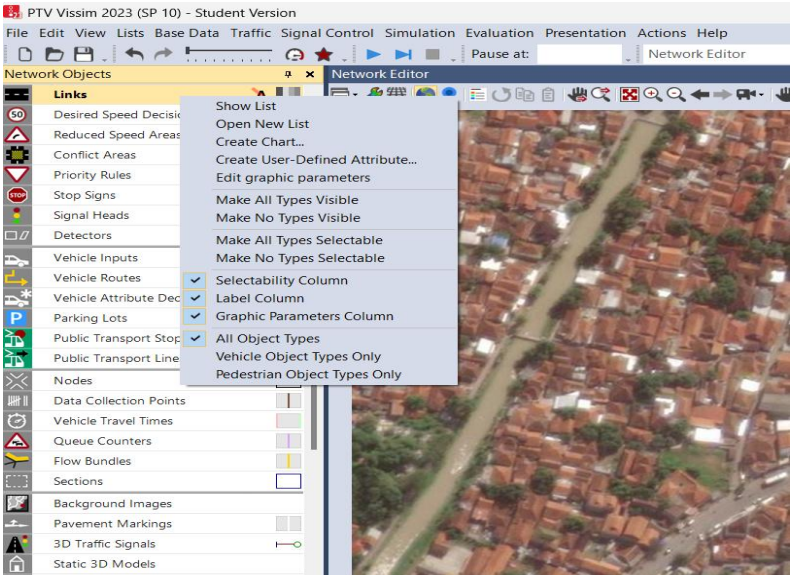
a. *Link*

Link merupakan jaringan jalan dalam pemodelan menggunakan VISSIM yang menggambarkan jalur lalu lintas. Dalam pemodelan VISSIM, link merupakan dasar dari suatu jaringan jalan. Pembuatan link dengan cara klik menu *Link* pada *Network Object*, pada bagian *Network Editor Area*

tekan tombol ctrl pada keyboard dan klik kanan mouse secara bersamaan. Tarik sesuai dengan panjang link yang diinginkan. Kemudian dimasukkan nama link, jumlah lajur, lebar lajur, dan tipe kendaraan yang dapat melewati link kemudian klik OK.

b. *Connector*

Connector merupakan penghubung jaringan jalan atau link yang telah dibuat sebelumnya. Pembuatan connector dilakukan dengan cara klik link yang akan diberi connector kemudian tekan tombol ctrl pada keyboard dan klik kanan pada mouse secara bersamaan. Kemudian tarik dan arahkan arahkan pada link yang diinginkan dapat dilihat pada Gambar 3.6.



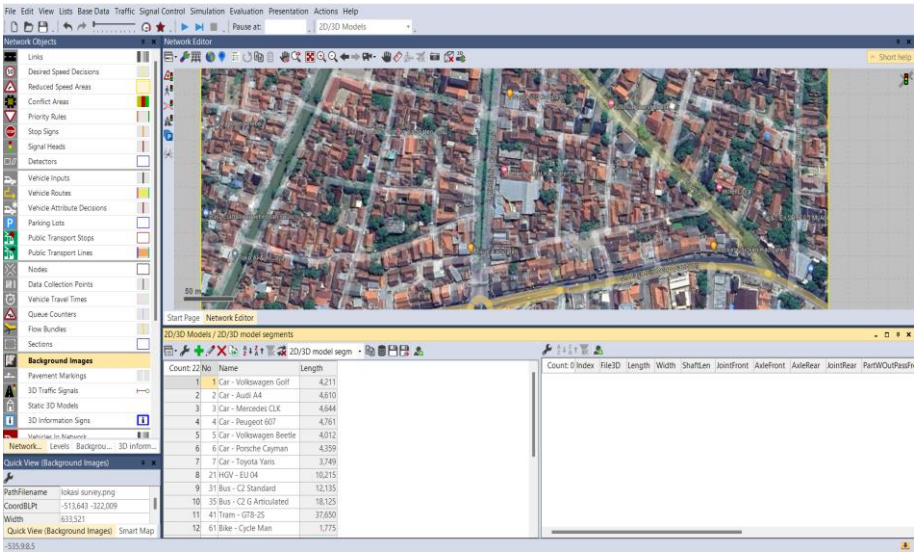
Gambar 3. 6 Jaringan Jalan

4. *2D/3D Models*

2D/3D Models merupakan fitur yang berfungsi untuk memasukkan jenis kendaraan yang diinginkan serta model animasi 3D. Jenis kendaraan yang dimasukkan ke dalam fitur tersebut disesuaikan dengan jenis kendaraan yang terdapat di lapangan. Dalam pengaturan tersebut, berbagai jenis kendaraan lain sudah tersedia secara default. Jenis kendaraan yang tidak sesuai dengan data di lapangan dapat dihapus dan dipilih jenis kendaraan yang sesuai.

Adapun tahapan dalam pengaturan 2D/3D Models dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.

a. Klik menu Base Data kemudian pilih 2D/3D Models
b. Pilh jenis kendaraan yang diinginkan dengan cara klik kanan kemudian pilih Add.
c. Pilih folder Vehicles, pilih kendaraan yang akan dimunculkan kemudian pilih OK



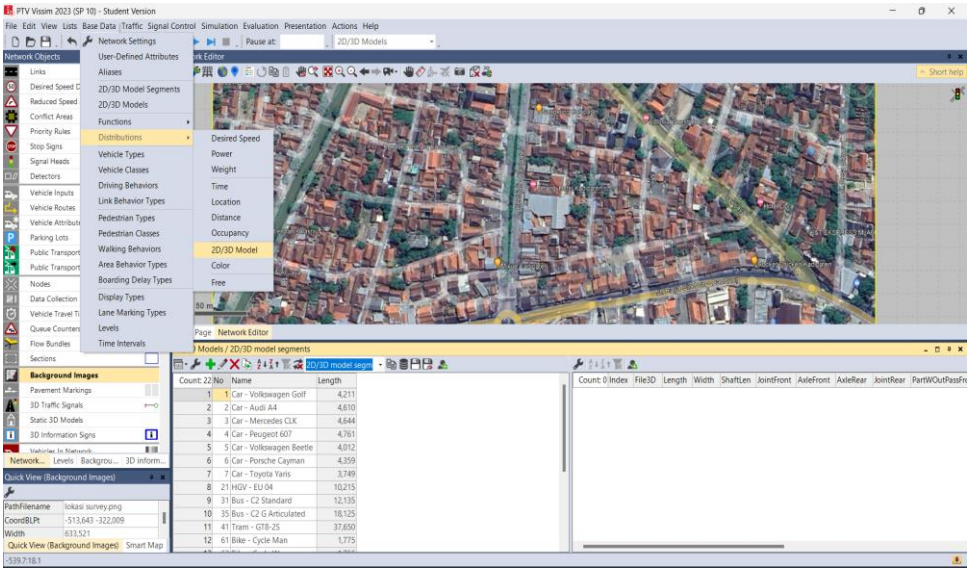
Gambar 3. 7 3D *Models*

5. *2D/3D Model Distributions*

2D/3D Model Distributions merupakan pengelompokan setiap jenis kendaraan yang terdapat dalam 2D/3D Model. Pengelompokan tersebut dimasukkan ke dalam satu kategori sehingga memudahkan dalam proses pengaturan selanjutnya. Berbagai jenis kendaraan yang terdapat dalam 2D/3D Model dapat dikategorikan sesuai dengan pengukuran di lapangan seperti motorcycle (MC), light vehicle (LV), dan heavy vehicle (HV). Adapun tahapan dalam pengaturan 2D/3D Model Distributions dapat dilihat pada Gambar 3.8.

a. Klik Base Data kemdian klik Distributions, lalu pilih 2D/3D Model
b. Klik kanan lalu pilih Add, kemudian atur kendaraan yang dimasukkan.

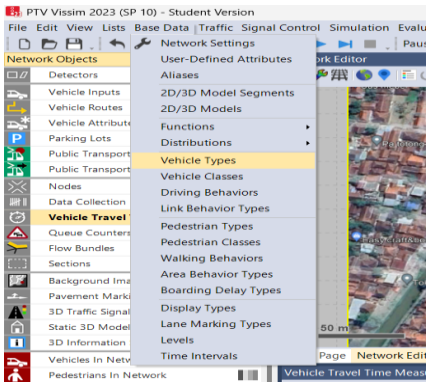
c. Arahkan kursor ke jendela sebelah kanan kemudian atur model 2D/3D sesuai dengan jenis kendaraan yang dimasukkan.



Gambar 3. 8 Model *Distribution*

6. *Vehicle Types*

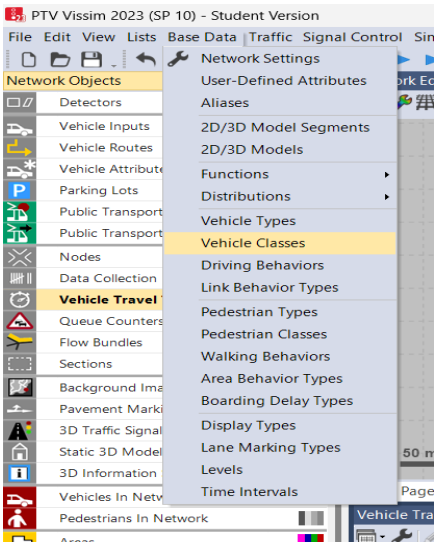
Vehicle Types berfungsi untuk menggabungkan karakteristik mengemudi teknis kendaraan yang termasuk ke dalam 2D/3D Model Distributions. Dalam pengaturan ini, data yang diatur harus disesuaikan dengan jenis kategori yang terdapat pada 2D/3D Model Distributions. Data yang diatur dalam pengaturan ini berupa akselrasi dan deselerasi kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 *Vehicle Type*

7. *Vehicle Classes*

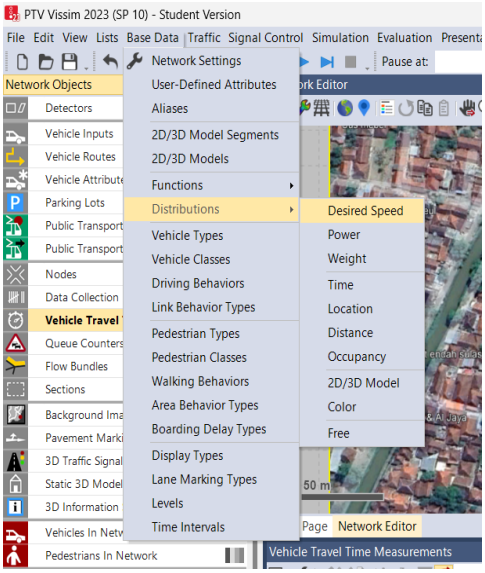
Vehicle Classes berfungsi untuk menggabungkan jenis kendaraan yang didasarkan atas Vehicle Types dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 *Vehicle Classes*

8. *Desired Speed Distributions*

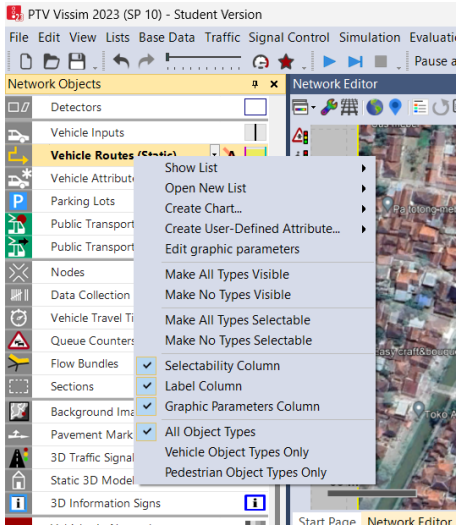
Desired Speed Distributions merupakan distribusi kecepatan setiap kendaraan yang diatur dengan frekuensi kumulatif kecepatan. Dalam melakukan pengaturan, variabel yang dimasukkan ke dalam pengaturan yaitu persentase frekuensi kumulatif dan nilai tengah dari interval kecepatan dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 *Desired Speed Distribution*

9. *Vehicle Routes*

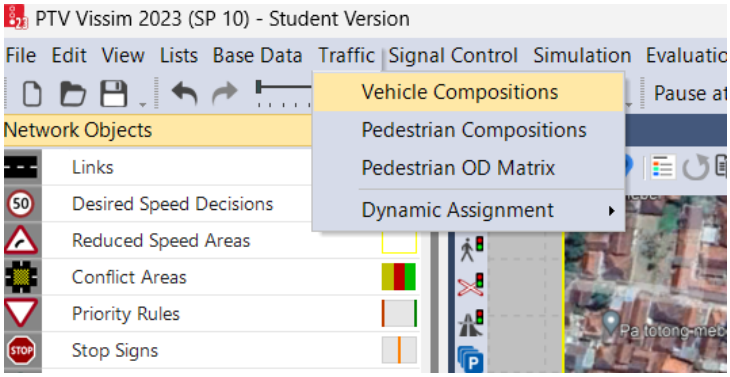
Vehicle Routes berfungsi untuk membuat pergerakan kendaraan menuju jalur lainnya. Dalam pengaturan ini digunakan tipe Static dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 *Vehicle Routes*

10. *Vehicle Composition*

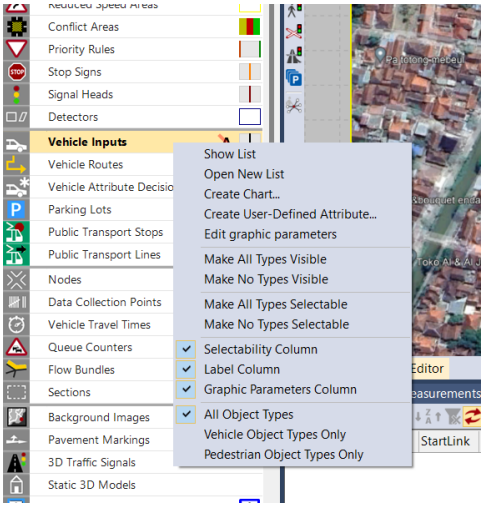
Vehicle composition merupakan pengaturan komposisi jenis kendaraan dan kecepatannya ketika jam puncak. Kecepatan kendaraan diperoleh dari hasil survei di lapangan. Pengaturan *Vehicle Composition* dilakukan dengan cara pilih *Traffic* pada *Menu Bar* kemudian pilih *Vehicle Composition*. Kemudian masukkan jenis komposisi kendaraan dan diatur kecepatan sesuai hasil survei di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 *Vehicle Composition*

11. *Vehicle Input*

Vehicle input digunakan untuk memasukkan volume lalu lintas. Data yang dibutuhkan yaitu data volume kendaraan ketika jam puncak. Pengaturan *vehicle input* dilakukan dengan cara klik menu *Vehicle Input* pada *Network Object*. Kemudian pilih link yang akan dimasukkan volumenya. Selanjutnya klik kanan dan dipilih *Add New Vehicle Input* untuk dimasukkan volume kendaraan jam puncak dapat dilihat pada Gambar 3.14.

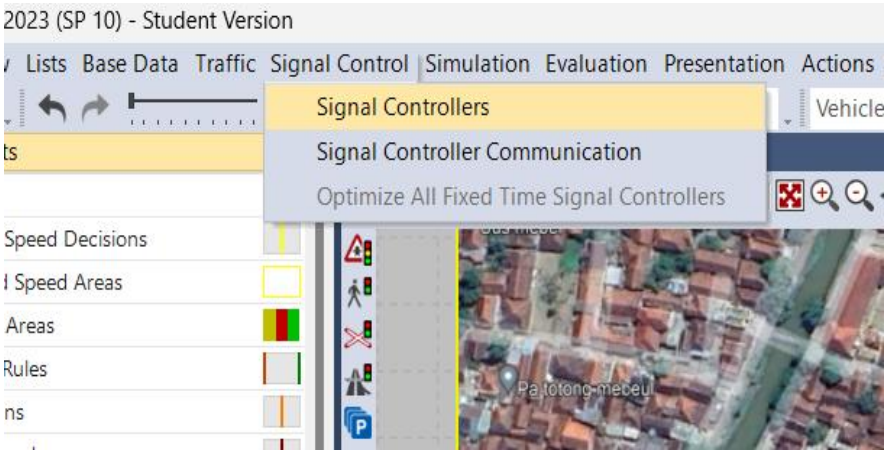


Gambar 3. 14 *Vehicle Input*

12. *Signal Controller*

Signal Controller berfungsi untuk mengatur lampu lalu lintas pada suatu persimpangan menggunakan *software* VISSIM. Pengaturan *Signal Controller* dilakukan dengan cara pilih *Signal Control* pada Menu Bar kemudian dipilih *Signal Controllers*. Kemudian dipilih Add pada Signal Group kemudian dimasukkan nama *Signal Controller* yang diinginkan. Selanjutnya pada *Signal Groups* diilih *New* kemudian diedit untuk diberi nama sinyal lalu dipilih urutan sinyal yang diinginkan dan dimasukkan waktu durasi lampu merah, all red, hijau, dan kuning. Pembuatan *Signal Group* dilakukan untuk tiap fase simpang. Setelah dipilih *Signal Program* untuk memunculkan waktu siklus dalam bentuk diagram fase. Untuk memasukkan *Signal Controllers* yang sudah dibuat ke jaringan jalan, dapat dilakukan dengan pilih *Signal*

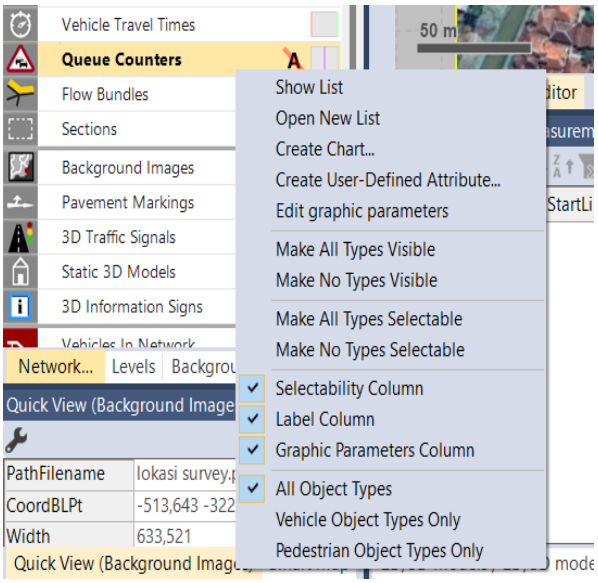
Head. Kemudian dipilih lengan jalan yang akan dibuat *Signal Controllers* sesuai dengan lokasi yang ada di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Menu *Signal Cntrol*

13. *Queue Counters*

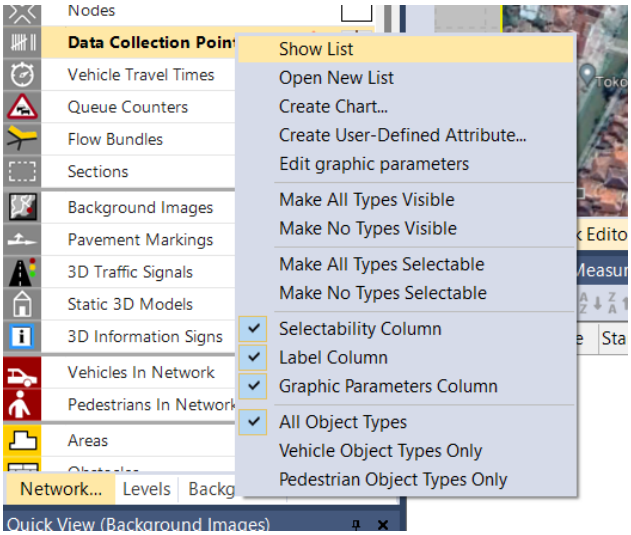
Queue Counter berfungsi untuk membaca data antrean dan volume lalu lintas yang digunakan dalam pembacaan data panjang antrean. Dalam pembacaan data, queue counters ditempatkan pada tiap jalur yang mendekati simpang dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 *Queue Counter* pada *Configuration*

14. *Data Collection Point*

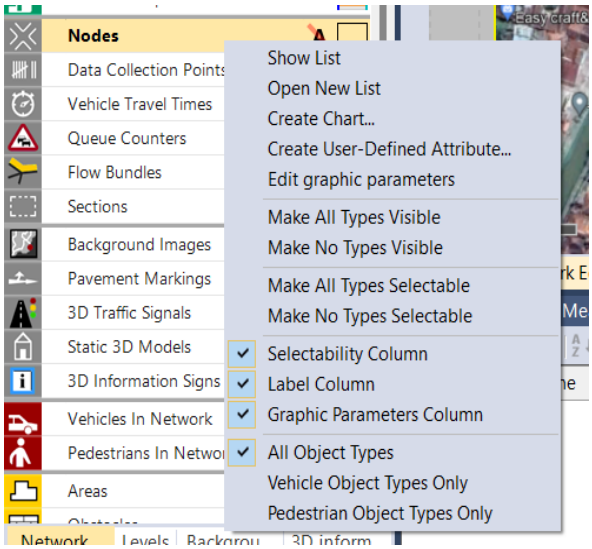
Data Collection Point berfungsi untuk membaca volume kendaraan yang melewati link atau jalur pada titik yang telah ditentukan dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Data *Collection Points*

15. *Nodes*

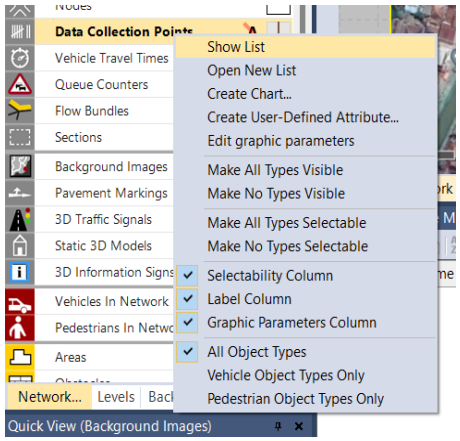
Nodes berfungsi sebagai tempat pembacaan data yang terletak di simpang dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 *Nodes*

16. *Data Collection Mesurements*

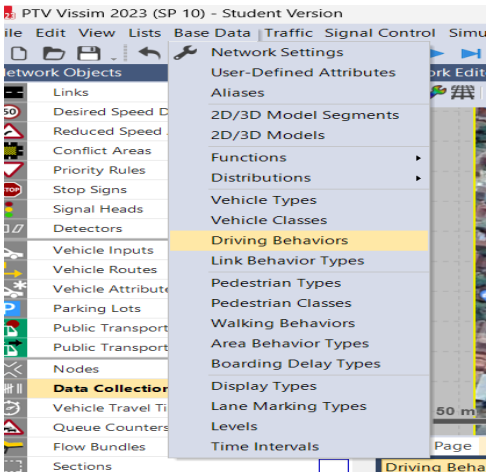
Data Collection Measurements merupakan jumlah yang diinginkan untuk hasil analisis kelompokkan atau gabungkan point sehingga menyatu untuk mendapatkan hasil running yang diinginkan dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Data *Collection Measurements*

17. *Driving Behavior*

Driving Behavior atau perilaku pengemudi merupakan parameter yang mempengaruhi kondisi antar kendaraan. *Driving behavior* harus disesuaikan dengan kondisi asli di lapangan agar simulasi yang dibuat pada *software* VISSIM dapat mewakilinya. Apabila hasil pemodelan berbeda dengan kondisi di lapangan maka perlu dilakukan kalibrasi agar sesuai dengan hasil data yang ada di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3. 20 *Driving Behaviour*

18. *Evaluation*

Evaluation merupakan tahap akhir dalam pemodelan menggunakan VISSIM. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap pemodelan yang telah dibuat. Adapun hasil pemodelan terdiri dari tahapan dan dapat dilihat pada Gambar 3.21.

a. *Data Collection Points*

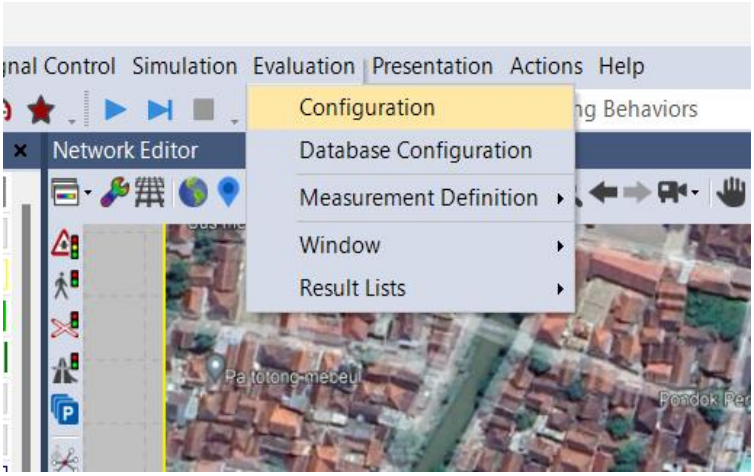
Data Collection Points berfungsi untuk mengetahui hasil volume kendaraan yang melewati jalan pada titik yang telah ditentukan. Hasil tersebut dapat digunakan untuk validasi hasil pemodelan VISSIM. Pengaturan Data Collection Points dapat diatur pada bagian *Network Object.*

b. *Vehicle Time Travel*

Vehicle Time Travel berfungsi untuk menghitung kecepatan perjalanan kendaraan dengan jarak yang telah ditentukan. Hasil tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui tundaan (*delay*) kendaraan. Pengaturan *Vehicle Time Travel* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

c. *Queue Counters*

Queue Counters berfungsi untuk menghitung panjang antrean kendaraan pada suatu jalur. Pengaturan *Queue Counters* dapat diatur pada bagian *Network Object*.



Gambar 3. 21 *Evaluation Configuration*

3.11 Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan

Menurut Kementrian Perhubungan (2015) Tujuan penyusunan pedoman pelaksanaan kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah untuk mewujudkan optimasi penggunaan jaringan jalan dan gerakan lalu lintas dalam rangka menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan agkutan jalan dapat dilihat pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3. 6 Kriteria Tingkat Pelayanan Persimpangan Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan per Kendaraan (detik/kend)
A	≤ 5
B	≥ 5-15
C	≥ 15-25
D	≥ 25-40
E	≥ 40-60
F	≥ 60

(Sumber: Kementrian Perhubungan, 2015)

1. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan.
2. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan.
3. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan.
4. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan.
5. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan.
6. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan.

3.12 Kalibrasi dan Validasi Data

Menurut Bimantoro (2016) Kalibrasi adalah proses dimana komponen model simulasi disesuaikan kembali sehingga model simulasi secara akurat mewakili atau mendekati dengan yang diamati. Sedangkan validasi adalah perbandingan parameter yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan VISSIM. Uji *chi-square* disebut juga dengan Kai Kuadrat. Uji *chi-square* adalah salah satu uji statistik non-parametrik (distibusi dimana besaran – besaran populasi tidak diketahui) yang cukup sering digunakan dalam penelitian yang menggunakan dua variable, yang mana skala data kedua variable adalah nominal atau untuk menguji perbedaan dua atau lebih proporsi sampel. Uji *chi-square* diterapkan pada kasus frekuensi yang diamati (data observasi) diuji untuk membuktikan atau ada perbedaan secara nyata atau tidak dengan frekuensi yang diharapkan. Uji *chi-square* adalah teknik analisis yang digunakan untuk menentukan perbedaan frekuensi observasi (Oi) dengan frekuensi ekspektasi atau frekuensi harapan (Ei) suatu kategori tertentu yang dihasilkan.

Namun karena yang diuji pada penelitian ini adalah perilaku lalulintas, maka uji statistik tidak dapat digunakan untuk menguji perilaku pengendara yang berbeda beda. Oleh karena itulah kalibrasi dan validasi dilakukan dengan mencocokan hasil input data volume dan output data volume yang keluar, input dan output volume kendaraan tersebut harus mendekati sama dengan batas toleransi kurang lebih 20%. Setelah hasil yang mendekati sama maka dilakukan *trail and eror* pada *driving behavior* untuk mendapatkan perilaku lalulintas yang mendekati sama, dengan acuan antara panjang antrian atau tundaan yang terjadi dilapangan sebenarnya.

Pada penelitian ini saat melakukan evaluasi rekayasa transportasi menggunakan *software* VISSIM, Saat melakukan evaluasi rekayasa transportasi menggunakan software VISSIM, terdapat kalibrasi dan validasi yang harus dilakukan agar hasil simulasi kondisi eksisting pada *software* VISSIM sesuai dengan kondisi hasil survei di lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan menambahkan parameter *driving behavior* pada saat melakukan pemodelan, *driving behavior* merupakan parameter yang mempengaruhi kondisi antar kendaraan baik saat

berhenti maupun saat berjalan. Validasi adalah perbandingan hasil simulasi menggunakan software VISSIM dengan hasil survei di lapangan. Validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan berdasarkan volume kendaraan yang keluar dengan volume kendaraan yang diinput ke dalam VISSIM. Salah satu cara untuk melakukan validasi pada *software* VISSIM adalah dengan merubah nilai *random seed*. Hasil dari kalibrasi dan validasi kemudian di uji statistik dengan menggunakan metode GEH (*Geoffrey E. Havers*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan alat uji statistic untuk mengukur keakuratan dari hasil simulasi. Pengujian MAPE membandingkan hasil simulasi dengan hasil survei lapangan untuk mengetahui keakurat dari hasil simulasi. Semakin kecil nilai MAPE maka semakin akurat model simulasi yang dilakukan terhadap kondisi eksisting. Berikut rentang nilai MAPE untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil pengujian.

1. Nilai MAPE dibawah 10% (Hasil simulasi sangat akurat).
2. Nilai MAPE antara 10% - 20% (Hasil simulasi baik).
3. Nilai MAPE antara 20% - 50% (Hasil simulasi layak cukup baik).
4. Nilai MAPE lebih dari 50% (Hasil simulasi tidak akurat).

Metode MAPE digunakan untuk memvalidasi panjang antrean hasil simulasi dengan panjang antrean di lapangan. Nilai MAPE didapatkan dari selisih data actual dengan data simulasi yang dibagi dengan data aktual. Perhitungan untuk mendapatkan nilai MAPE dapat dilihat pada persamaan 3.19 sebagai berikut.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\, A \sum_{i=1}^{n} \left|\frac{Ai-Fi}{Ai}\right| x\ 100\% \qquad (3.19)$$

dengan:

n = jumlah data,

A_i = data lapangan, dan

F_i = data hasil simulasi.

Pengujian dengan metode GEH (*Geoffrey E. Havers*) merupakan pendekat standar untuk membandingkan dua set volume lalu lintas antara data sebenarnya dengan data model. Berikut merupakan rentang nilai hasil uji statistik GEH untuk mengukur tingkat pengujianya.

1. Nilai GEH dibawah 5 (kondisi terpenuhi, tidak ada masalah).
2. Nilai GEH antara 5 dan 10 (perhatian, kemungkinan model error atau data buruk.
3. Nilai GEH diatas 10 (kondisi tidak memenuhi persyaratan GEH).

GEH merupakan modifikasi dari rumus dasar *Chi-Squared* yang menggabungkan antara nilai relatif dan nilai mutlak. Metode GEH digunakan untuk memvalidasi volume arus lalu lintas pada kondisi eksisting dengan hasil simulasi melalui *software* VISSIM. Nilai GEH dapat dihitung dengan Persamaan 3.20 sebagai berikut.

$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{(\text{Qsimulasi} - \text{Qeksisting})^2}{0{,}5 \text{ x } (\text{Qsimulasi} + \text{Qeksisting})}} \qquad (3.20)$$

dengan:

$q_{eksisting}$ = data volume arus lalu lintas pada kondisi eksisting (smp/jam).

$Q_{simulasi}$ = data volume arus lalu lintas hasil simulasi (smp/jam).

A_i = data lapangan, dan

F_i = data hasil simulasi.

Setelah proses kalibrasi dan validasi berhasil dilakukan, maka dapat dilanjutkan untuk melakukan simulasi alternatif solusi terhadap rekayasa transportasi yang direncanakan.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, komparatif. Penelitian deskriptif adalah jenis penelitian yang tujuannya untuk menyajikan gambaran lengkap mengenai setting sosial atau dimaksudkan untuk eksplorasi dan klarifikasi mengenai suatu fenomena atau kenyataan sosial, dengan jalan mendeskripsikan sejumlah variabel yang berkenaan dengan masalah dan unit yang diteliti antara fenomena yang diuji sedangkan Jenis penelitian komparatif adalah jenis penelitian yang sifatnya membandingkan, yang dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan 2 atau lebih sifat-sifat dan fakta-fakta objek yang diteliti berdasarkan suatu kerangka pemikiran tertentu. (Fajar, 2018)

Penggunaan metode deskriptif komparatif, perlu adanya perencanaan agar uraian data yang diperoleh benar-benar mencakup seluruh persoalan dalam penelitian yang akan dilakukan. Perencanaan yang tepat akan menunjukan informasi apasaja yang sebenarnya dilakukan. Dalam penelitian ini, penyusun membandingkan analisis kinerja simpang bersinyal Simpang Kadipaten.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian analisis dan evaluas dilaksanakan pada Simpang Kadipaten dengan empat bersinyal dengan sebelah Utara adalah Jalan Kertajati, sebelah Selatan Jalan Majalengka, sebelah Timur dan Barat Jalan Cirebon – Bandung. Simpang tersebut dipilih karena panjangnya antrean yang terjadi setelah lampu merah. Lokasi Simpang Kadipaten dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.

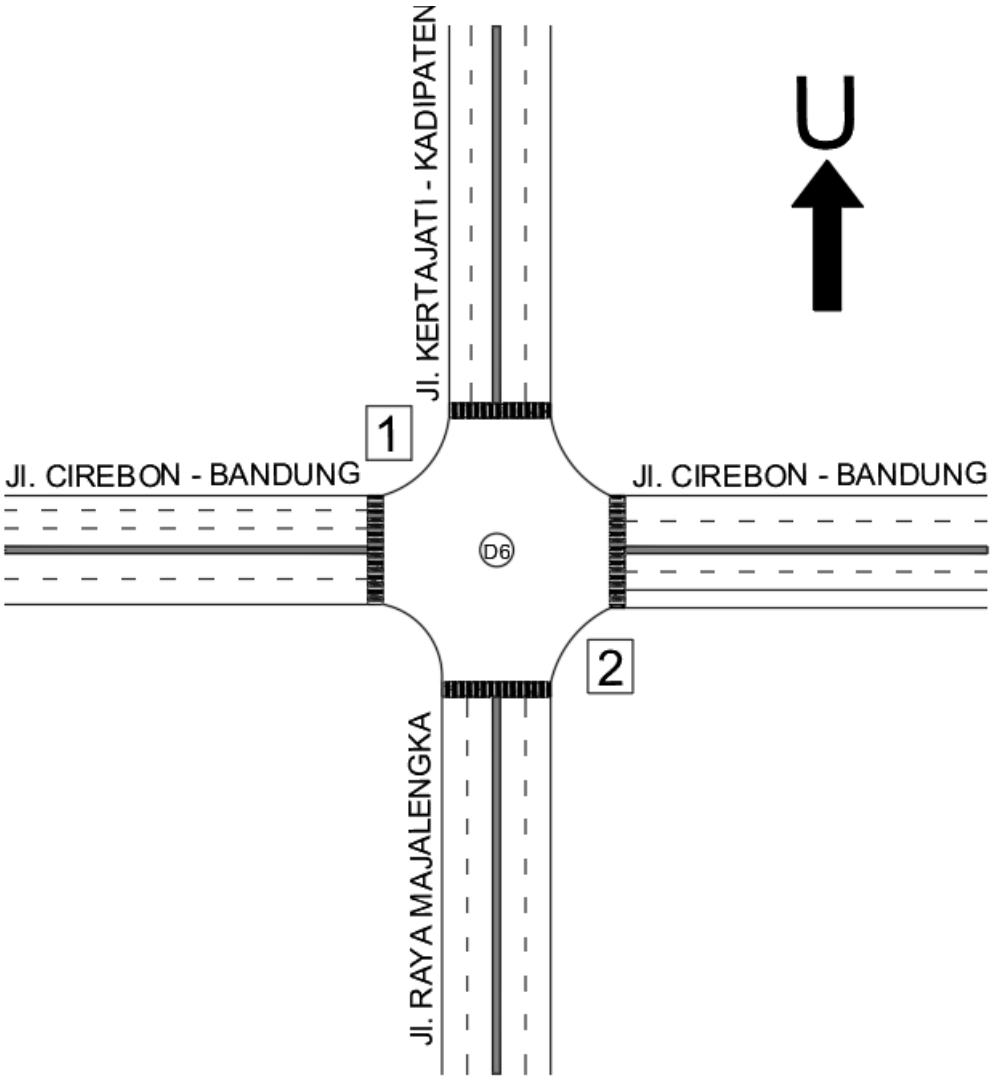


Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber: *Google Earth*)

Setelah dilakukan penentuan lokasi penelitian dilakukan lokasi survei volume kendaraan untuk mendapatkan data volume lalu lintas dengan cara menghitung volume kendaraan pada setiap arah pergerakan pada masing-masing pendekat. Metode survei yang digunakan untuk menghitung volume kendaraan dengan menggunakan kamera dan survei manual. Survei menggunakan kamera dilakukan agar semua kendaraan dari semua pendekat dapat terekam arah pergerakannya, sehingga dapat mempermudah menghitung jumlah kendaraan keseluruhan secara akurat. kamera diletakkan di ketinggian agar terlihat lalu lintas dari pergerakan seluruh pendekat pada bundaran. survei secara manual dilakukan dengan menghitung kendaraan di setiap arah pergerakan pada bundaran dengan menggunakan rekaman video yang didapat dari survei menggunakan kamera. survei dilakukan di Simpang Kadipaten, dengan merekam kendaraan dari 4 arah

pendekat dengan masing-masing pergerakannya. Kamera yang digunakan berjumlah dua buah diletakkan pada dua titik seperti pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Lokasi Survei

Kamera berfungsi untuk merekam pergerakan dari arah Jl. Raya Cirebon-Bandung, Jl. Kadipaten-Kertajati dan Jl. Raya Majalengka-Kadipaten kamera mulai merekam dalam waktu jam puncak.

4.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data penelitian yang diperoleh secara langsung melalui hasil observasi atau survei di lapangan. Data sekunder merupakan data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung dan dapat diperoleh melalui buku atau perangkat lainnya. Data penelitian dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Kelas Tipe Lingkungan Jalan

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume lalu lintas 2. Waktu siklus simpang 3. Data geometri simpang 4. Kecepatan kendaraan 5. Data *driving behaviour* 6. Data panjang antrean 7. Data hambatan samping	1. Denah lokasi Simpang Kadipaten Kabupaten Majalengka 2. Jumlah Penduduk Kabupaten Majalengka

4.4 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data bertujuan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat dilakukan analisis data. Dalam penelitian ini, data-data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh secara langsung melalui survei dan pengamatan di lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui *software Google Earth* dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Majalengka. Data-data yang diperoleh di lapangan (Purnama, 2022).

1. Survei Volume Lalu Lintas

   Survei volume lalu lintas menggunakan kamera yang diletakkan di tiap pendekat. Kamera berfungsi untuk merekam kendaraan yang melintas dari

suatu pendekat menuju arah tujuannya. Penggunaan kamera ketika survei dapat meminimalisir keakuratan ketika pengambilan data sehingga data yang dihasilkan dari survei volume lalu lintas dapat sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan volume kendaraan dibedakan berdasarkan tipe kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut.

a. Sepeda motor (SM)

   Kendaraan bermotor dengan 2 roda dan 3 roda yang panjangnya tidak lebih dari 2,5 m.

b. Mobil penumpang (MP)

   Kendaraan bermotor dengan 2 sumbu beroda 4, panjang kendaraan tidak lebih dari 5,5 m dengan lebar tidak lebih dari 2,1 m, meliputi sedan, minibus (termasuk angkutan umum), microbus (termasuk mikrolet, oplet, metromini), pick-up, dan truk kecil.

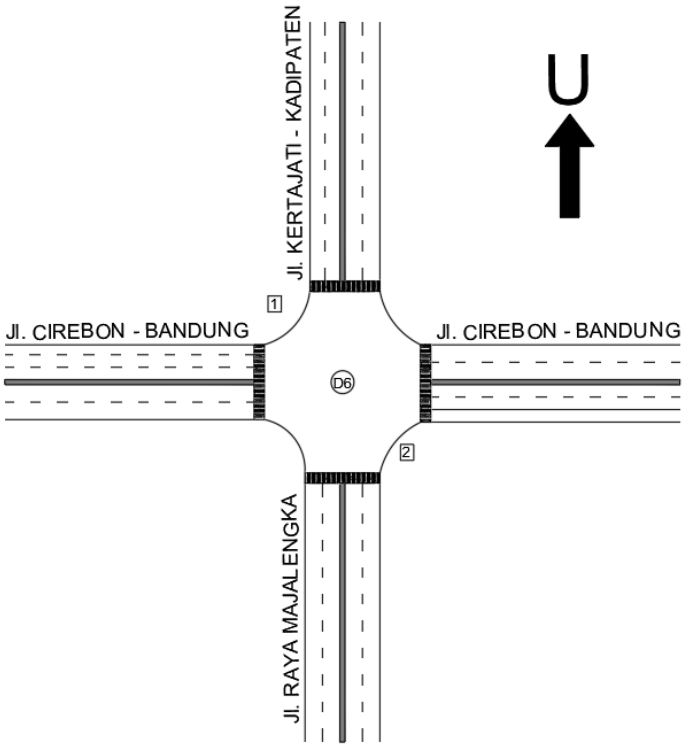
c. Kendaraan sedang (KS)

   Kendaraan bermotor dengan 2 sumbu beroda 4 atau 6, dengan panjang kendaraan >5,5 m dan ≤9,0 m, meliputi bus sedang dan truk sedang.

Dalam survei lalu lintas perlu membagi kendaraan berdasarkan arus yang dituju dengan pembagian sebagai berikut.

a. Rasio arus belok kiri R_{BKi} atau rasio arus belok kiri jalan terus R_{BKiJT}
b. Rasio arus belok kanan R_{BKa}

Hasil dari rekaman kamera kemudian direkapitulasi berdasarkan jenis kendaraan dan arah yang dituju tiap pendekat untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas pada persimpangan. Dalam perhitungannya, dibagi menjadi interval waktu tiap 15 menit karena dianggap masih memiliki ketelitian dan karakteristik yang sama sesuai kondisi di lapangan. Adapun penempatan lokasi kamera pada survei volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas

Keterangan:

1 = Lokasi kamera 1

2 = Lokasi Kamera 2

2. Waktu Siklus Simpang

   Waktu siklus simpang diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan. Surveyor yang bertugas pada tiap pendekat mencatat waktu APILL baik lampu merah, kuning, hijau. dan merah semua. Data waktu sinyal dari tiap pendekat nantinya digabung sehingga diketahui waktu siklus pada simpang bersinyal. Data waktu siklus simpang digunakan untuk menentukan kapasitas simpang bersinyal. Pengambilan data waktu siklus simpang dilakukan tiap sesi yaitu pagi, siang, dan sore.

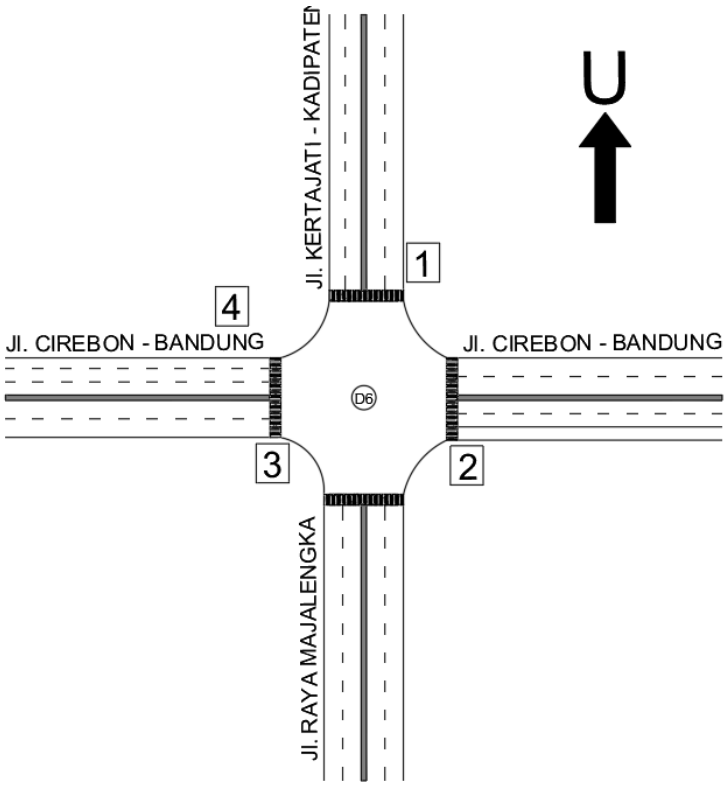
3. Geometri Simpang

   Survei geometri simpang bertujuan untuk mengetahui kondisi geometrik pada suatu simpang. Survei tersebut dilakukan menggunakan alat ukur yaitu

walking measure dan pengamatan secara visual di lapangan. Hasil pengukuran di lapangan yaitu data lebar jalur. Sedangkan berdasarkan pengamatan visual, data yang diperoleh yaitu tipe simpang, tipe pendekat, jumlah jalur dan lajur, dan ada atau tidaknya median.

4. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan diperoleh melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilaksanakan pada tiap pendekat dengan jarak yang sudah ditentukan. Survei kecepatan kendaraan bertujuan untuk memodelkan simpang menggunakan software VISSIM. Pada software VISSIM, survei kecepatan digunakan untuk memodelkan kecepatan kendaraan ketika menuju simpang. Lokasi survei berada pada tiap pendekat dengan jarak 50 m dari panjang antrean terakhir. Hal tersebut dikarenakan kecepatan kendaraan tidak terganggu oleh panjang antrean. Prosedur pelaksanaan survei kecepatan kendaraan yaitu dengan cara menghitung waktu kendaraan dengan jarak yang sudah ditentukan yaitu 20 m. Setelah itu dihitung kecepatan kendaraan dengan cara jarak dibagi waktu tempuh kendaraan. Dalam pengambilan data kecepatan kendaraan, jumlah sampel data yang digunakan sebanyak 30 kendaraan untuk tiap jenis kendaraan pada tiap pendekat. Purnama (2022) menyatakan bahwa teorema limit sentral dapat diterapkan untuk ukuran sampel minimal 30. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengambilan sampel data dalam survei yang dilakukan. Pengambilan data kecepatan kendaraan dilakukan tiap sesi yaitu pagi, siang, dan sore. Adapun lokasi surveyor pada survei kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan

Keterangan:

1 = lokasi surveyor

2 = lokasi surveyor

3 = lokasi surveyor

4 = Lokasi surveyor

5. Data *Driving Behaviour*

Data *driving behavior* merupakakan salah satu parameter yang digunakan untuk memodelkan simpang pada software VISSIM. Driving behavior atau perilaku pengemudi yang disurvei yaitu ketika kendaraan berhenti dan berjalan. Survei dilakukan dengan mengukur jarak antar kendaraan berupa jarak depan ke belakang dan jarak samping antar kendaraan. Pada kendaraan yang berhenti, ketika lampu sinyal berwarna merah, dilakukan survei dengan cara mengukur jarak antar kendaraan yaitu jarak depan belakang dan samping

kanan kiri. Pada kendaraan ketika berjalan, survei dilakukan dengan cara mengukur jarak dengan bantuan garis bantu sehingga jarak kendaraan ketika berjalan dapat diketahui.Pemberian garis bantu atau penanda diletakkan tiap jarak 50 cm sehingga dapat diketahui jarak kendaraan ketika berjalan. Jumlah data yang diperoleh dalam survei ini yaitu 30 sampel untuk survei jarak depan belakang ketika kendaraan berhenti, 30 sampel untuk survei jarak kanan kiri ketika kendaraan berhenti, 30 sampel untuk survei jarak depan belakang ketika kendaraan berjalan, dan 30 sampel untuk survei jarak depan belakang ketika kendaraan berjalan pada tiap pendekat. Pengambilan data driving behavior dilakukan hanya 1 sesi dikarenakan data yang diperoleh dapat mewakili perilaku kendaraan tiap waktu (Purnama, 2022).

6. Data Panjang Antrean

   Data panjang antrean digunakan untuk memvalidasi hasil analisis berdasarkan PKJI 2023 dan Pemodelan VISSIM. Pengukuran panjang antrean dilakukan menggunakan meteran roll langsung didasarkan pada panjang antrean terakhir sebelum APILL pada pendekat berwarna hijau. Pengambilan data panjang antrean dilakukan selama survei volume lalu lintas berlangsung.

7. Data Hambatan Samping

   Data hambatan samping digunakan untuk penentuan tipe hambatan samping dalam PKJI 2023. Penentuan hambatan samping ditentukan dari terganggu atau tidaknya pergerakan arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang APILL, apakah terganggu atau berkurang akibat adanya aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat (missal aktivitas menaikturunkan penumpang ataupun kegiatan mengetem angkutan umum, pejalan kaki, pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, dan kendaraan yang keluar/masuk samping pendekat).

4.4.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan adalah sebagai berikut.

1. Alat tulis
2. Formular survei
3. Meteran
4. Handphone
5. Kamera
6. *Power bank*
7. Data Geometrik Lalu Lintas

4.4.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Penentuan hari pelaksanaan survei berdasarkan pada penelitian (Purnama, 2022) survei pengambilan data lalu lintas penelitian ini dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja (*weekday*) dan satu hari libur (*weekend*). Pengambilan data dilaksanakan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang dan sore dengan rincian sebagai berikut.

1. Waktu pagi : 06.00 – 09.00 WIB
2. Waktu siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Waktu sore : 15.00 – 18.00 WIB

4.5 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode PKJI 2023 dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan VISSIM. Data pada peneliti ini diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan dan melalui data dari beberapa sumber. Data yang sudah diperoleh kemudian dilakukan analisis berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) menggunakan *software Microsoft Excel.* Hasil dari analisis menggunakan PKJI 2023 berupa kinerja pelayanan simpang pada kondisi eksisting.

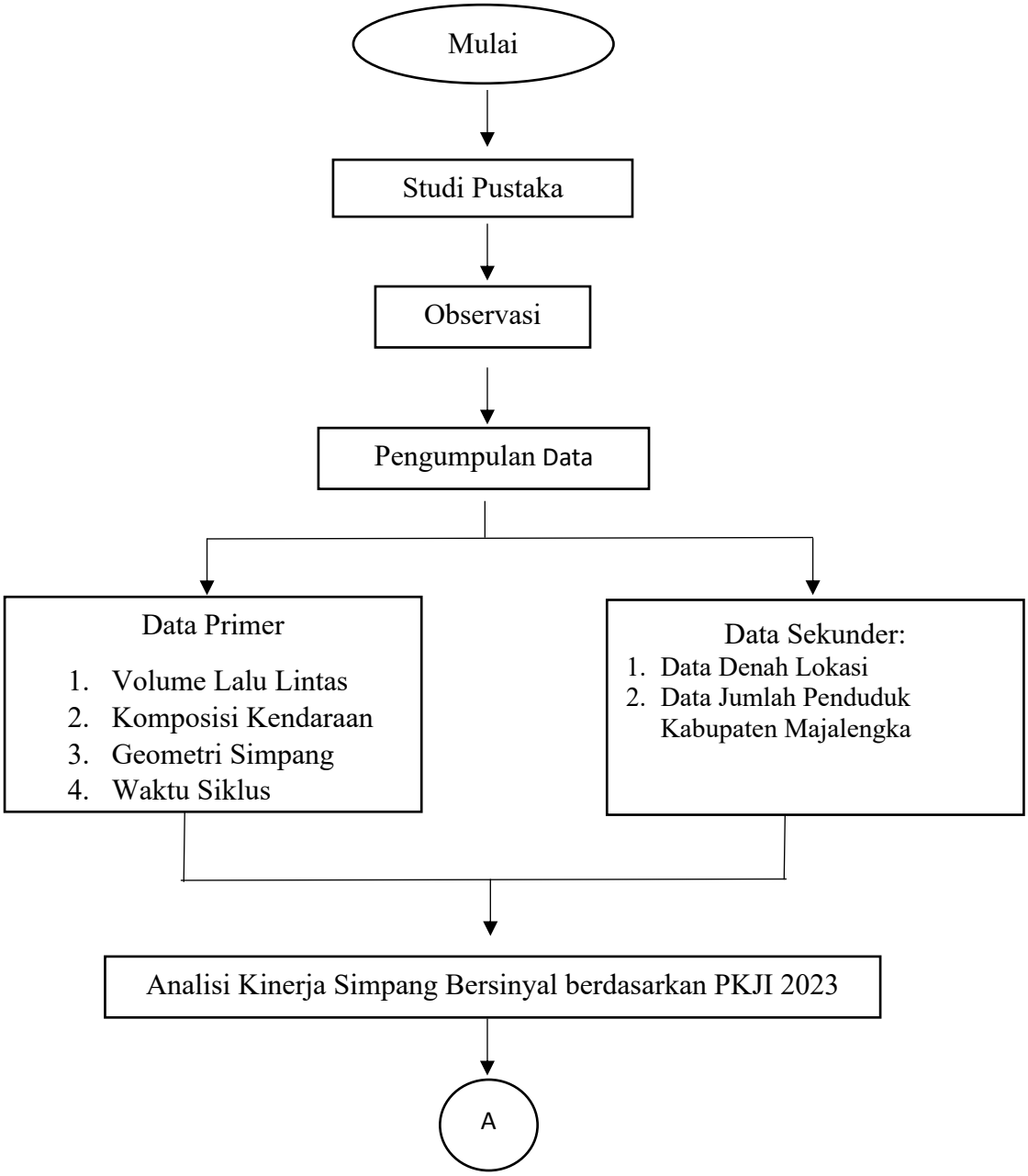
Setelah diketahui kinerja simpang pada kondisi eksisting, kemudian dicari beberapa alternatif solusi penanganan agar kinerja simpang dapat lebih optimal. Alternatif solusi yang dilakukan berupa perubahan pewaktuan sinyal. Dalam menentukan alternatif solusi, digunakan software VISSIM dalam pemodelannya

untuk mengetahui kinerja pelayanan simpang. Hasil alternatif solusi dibandingkan dengan kondisi eksisting sehingga diketahui alternatif yang paling efektif pada Simpang Kadipaten.

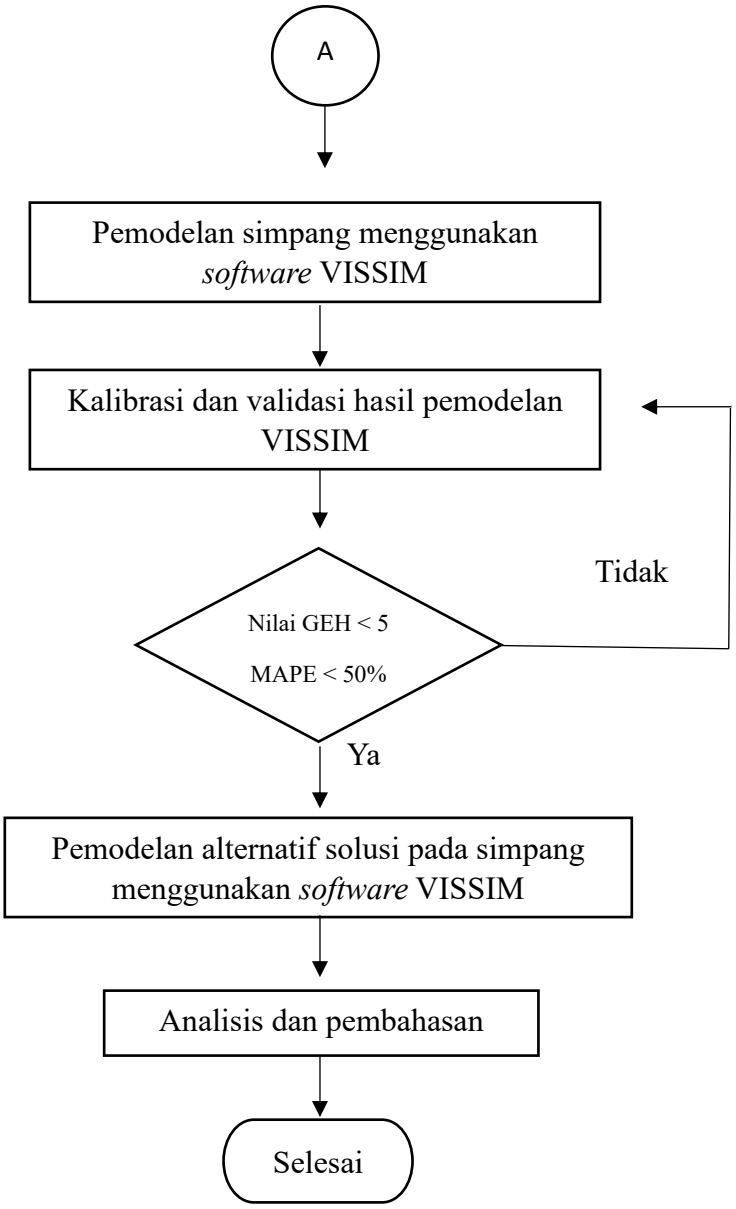
4.6 Bagan Alir Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang berisi suatu rangkaian Langkah-langkah yang diambil oleh peneliti untuk merumuskan masalah. Menganalisa, dan menyimpulkan hasil dari penelitian yang dikerjakan dapat dilihat dalam bentuk bagan alir pada Gambar 4.5 sebagai berikut.

Gambar 4. 5 Bagan Penelitian



Lanjutan Gambar 4.5 Bagan Penelitian



BAB V
ANALISIS DATA

5.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil pengamatan digunakan dalam melakukan analisis data. Data tersebut diperoleh secara langsung melalui survei di lapangan. Data dari hasil pengamatan yang diperoleh yaitu data volume lalu lintas, waktu siklus simpang, geometri simpang, kecepatan kendaraan, *driving behavior*, dan panjang antrian. Data yang diperoleh digunakan untuk perhitungan analisis berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan dengan menggunakan *software VISSIM*.

5.1.1 Data Geometri Simpang

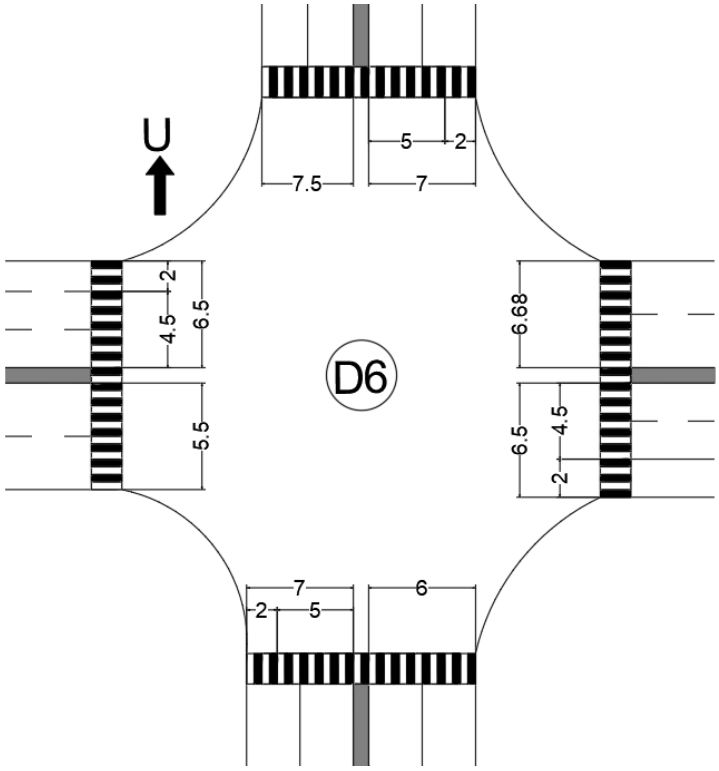
Data geometri simpang merupakan data yang memuat kondisi geometri pada simpang yang sedang diamati. Data ini diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, yang diperoleh antara lain kode pendekat yang mendefinisikan masing - masing pendekat berdasarkan arah mata angin, tipe lingkungan jalan, median, hambatan samping, belok kiri langsung (B_{BKIJT}), dan lebar pendekat yang meliputi lebar pendekat per lajur (Wa), lebar pendekat masuk per lajur (We), lebar pendekat LTOR per lajur (WLtor) serta lebar pendekat keluar per lajur (Wex). Data dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Kondisi Geomtri Simpang Kadipaten

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Median	Hambatan Samping	B_{BKIJT}	Lebar Pendekat (m)			
					L m	L_m m	L_{BKIJT} m	L_K m
U	KOM	Y	T	Y	7	5	2	6
S	KOM	Y	T	Y	7	5	2	7,5
T	KOM	Y	T	Y	6,5	4,5	2	5,5
B	KOM	Y	R	Y	6,5	4,5	2	6,68

Tipe lingkungan jalan:

1. KOM (komersial) adalah lahan yang digunakan untuk kepentingan komersial, misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran, dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
2. KIM (permukiman) adalah lahan yang digunakan untuk tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
3. AT (akses terbatas) adalah lahan tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena adanya penghalang fisik, akses harus melalui jalan samping. Dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



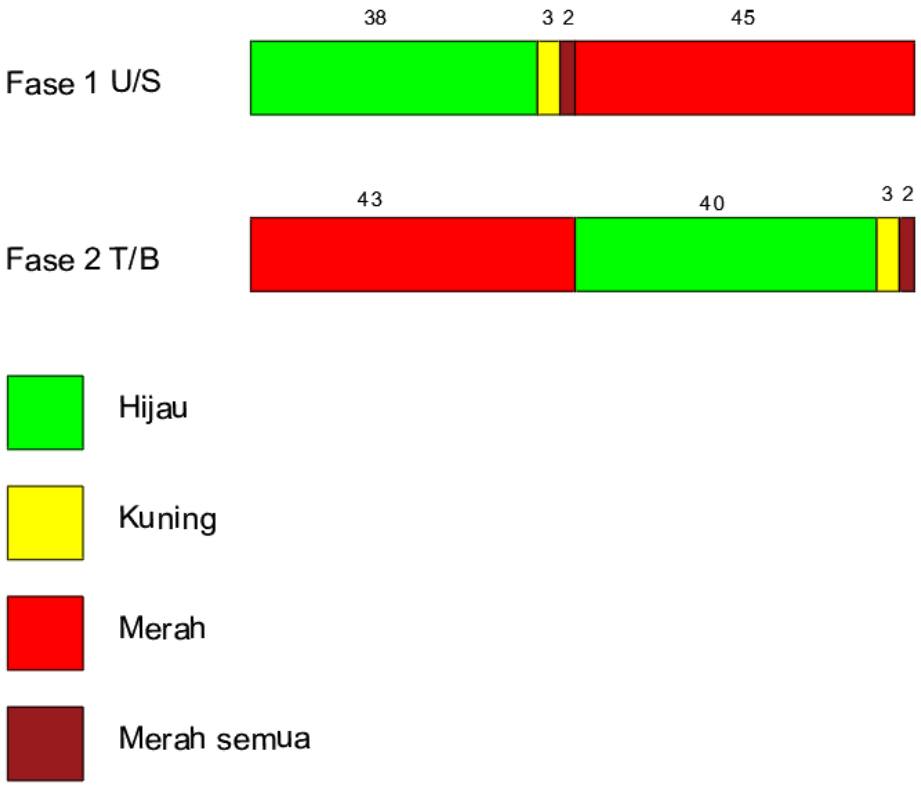
Gambar 5. 1 Geometri Simpang Kadipaten pada Kondisi Eksisting

5.1.2 Data Fase dan Sinyal Lalu Lintas

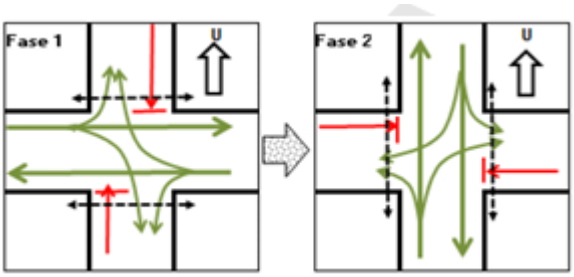
Data fase dan sinyal lalu lintas diperoleh dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan menggunakan stopwatch untuk mendapatkan Waktu hijau, kuning, dan merah semua. Data dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Kondisi Geometri Simpang Kadipaten

Kode Pendekat	Fase	Waktu Menyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
		Hijau	Kuning	*Allred*	Merah	
U	1	38	3	2	52	88
S		38	3	2	52	88
T	2	40	3	2	50	88
B		40	3	2	50	88



Gambar 5. 2 Diagram Fase Simpang Kadipaten Kondisi Eksisting



Gambar 5. 3 Diagram Fase Simpang Kadipaten Kondisi Eksisting
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

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. Tipe pendekat untuk Simpang Kadipaten termasuk kedalam fase terlawan yang dibagai menjadi 2 fase lalu lintas, dimulai dari fase pertama pada pendekat Utara dan Selatan, kedua pada pendekat Timur dan Barat.

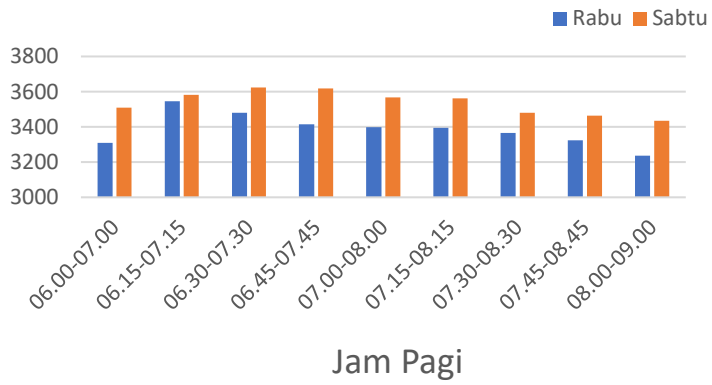
5.1.3 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh dari hasil survei volume lalu lintas yang dilakukan di lapangan. Data volume lalu lintas untuk perencanaan dan analisis operasional terdiri dari arus dan komposisi jenis kendaraan,Survei dilakukan selama 8 jam per hari yang dilakukan pada 1 hari kerja dan 1 hari libur. Data diambil pada jam puncak, perkiraan jam puncak awal didapat dari survei yang telah dilakukan sebelumnya. Periode pelaksanaan survei dibagi menjadi 3 periode, yaitu periode pagi pada jam 06.00-09.00 WIB, periode siang pada jam 11.00-13.00 WIB, dan periode sore pada jam 15.00-18.00 WIB. Data yang diperoleh memiliki kendaraan per jam sehingga di perlu dikonversi menjadi satuan smp/jam. Di bawah ini merupakan data volume lalu lintas Simpang Kadipaten yang dapat dilihat pada tabel Tabel 5.3 berikut.

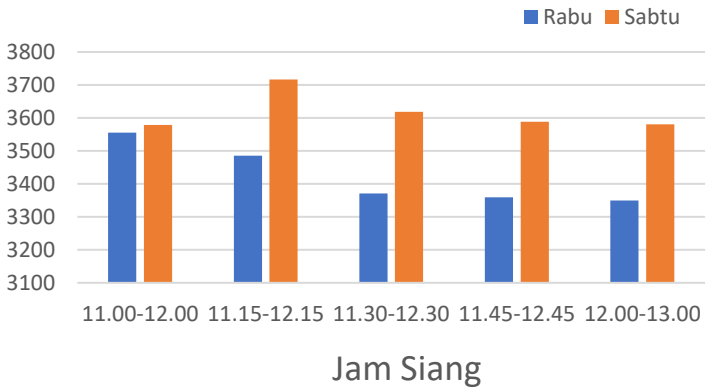
Tabel 5. 3 Data Volume Lalu Lintas (Smp/jam)

NO	Waktu	Jumlah Volume Llau Lintas (smp/jam)	
		Senin	Sabtu
PAGI		05/02/2024	10/02/2024
1	06.00-07.00	3309	3508
2	06.15-07.15	3544	3582
3	06.30-07.30	3479	3623
4	06.45-07.45	3414	3618
5	07.00-08.00	3398	3568
6	07.15-08.15	3394	3562
7	07.30-08.30	3366	3479
8	07.45-08.45	3324	3463
9	08.00-09.00	3236	3434
SIANG		05/02/2024	10/02/2024
1	11.00-12.00	3555	3578
2	11.15-12.15	3485	3716
3	11.30-12.30	3370	3618
4	11.45-12.45	3359	3588
5	12.00-13.00	3349	3580
SORE		05/02/2024	10/02/2024
1	15.00-16.00	3312	4332
2	15.15-16.15	3386	4254
3	15.30-16.30	3359	4123
4	15.45-16.45	3412	4089
5	16.00-17.00	3400	4056
6	16.15-17.15	3402	4062
7	16.30-17.30	3397	4089
8	16.45-17.45	2970	4034
9	17.00-18.00	2869	3926

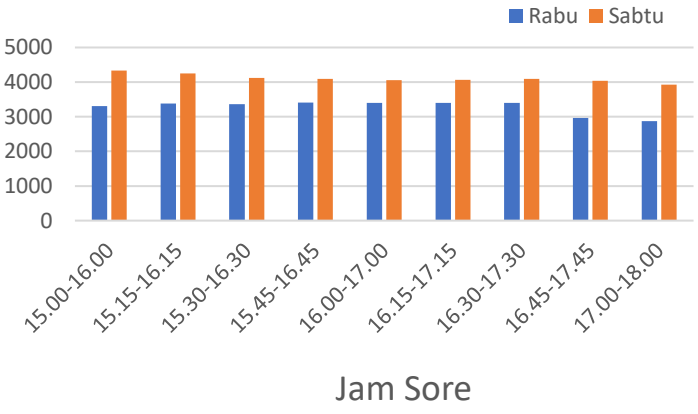
Dari Tabel 5.3 diatas, didapatkan volume lalu lintas Simpang Kadipaten pada periode jam puncak terjadi pada hari Sabtu jam 15.00 – 16.00 WIB dengan jumlah 4332,8 smp/jam. Untuk memudahkan pembacaan volume lalu lintas jam puncak, berikut disajikan histogram mengenai yang dibagi setiap periode pagi, siang, dan sore. Histogram volume lalu lintas periode pagi pada hari Rabu dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5. 4 Volume Lalu Lintas Periode Pagi



Gambar 5. 5 Volume Lalu Lintas Periode Siang



Gambar 5. 6 Volume Lalu Lintas Periode Sore

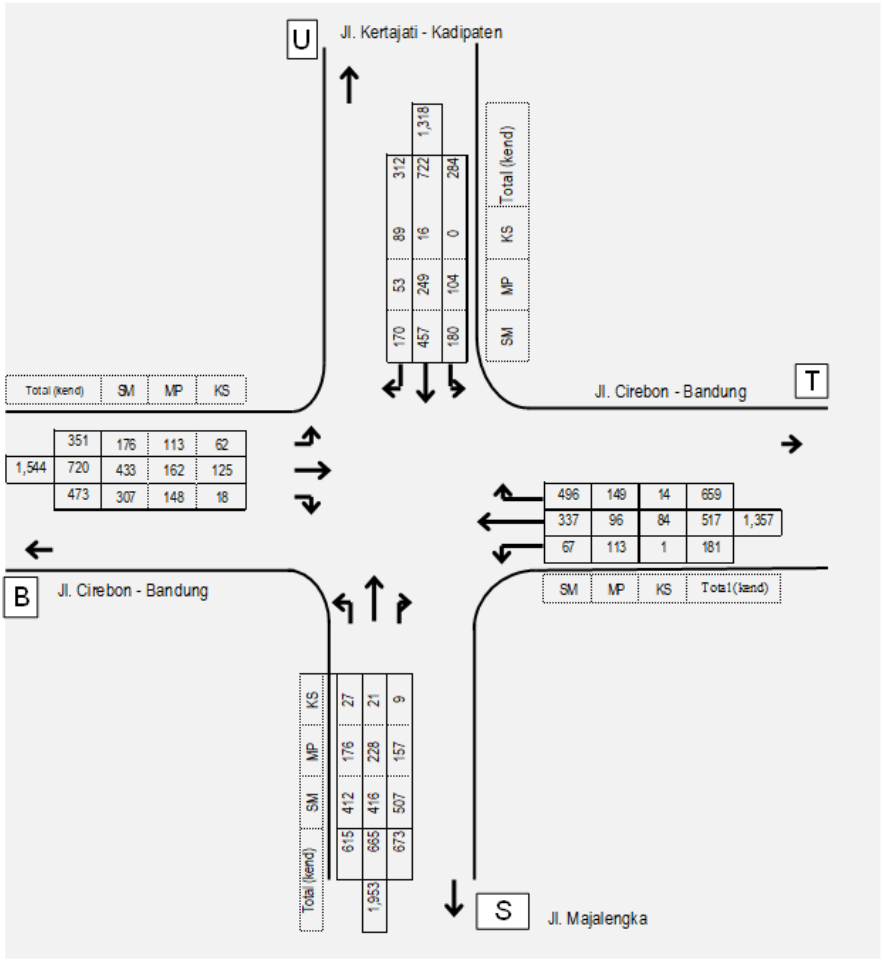
Berdasarkan gambar-gambar diatas diperoleh volume puncak periode sore pada hari sabtu pukul 15.00 – 16.00 sebesar WIB. Data volume lalu lintas jam puncak tipe fase terlawan pada Simpang Kadipaten dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5. 4 Tabel Volume Lalu Lintas Puncak Simpang Kadipaten

Pendekat	Arah	MP		KS		SM		Total		Rasio Belok	UM
		emp 1,0		emp 1,3		emp 0,4					
		(kend /jam)	(smp/ jam)	(kend / jam)	(smp/ jam)	(kend /jam)	(smp/ jam)	(kend / jam)	(smp/ jam)		(kend / jam)
U	B_{KIJT}	104	104	0	0	180	72	284	176	0,20	13
	Lurus	249	249	16	21	457	183	722	453		0
	B_{KA}	53	53	89	116	170	68	312	237	0,27	10
	Total	406	406	105	137	807	323	1318	865		23
S	B_{KIJT}	176	176	27	35	412	165	615	376	0,32	15
	Lurus	228	228	21	27	416	166	665	422		0
	B_{KA}	157	157	9	12	507	203	673	372	0,32	7
	Total	561	561	57	74	1335	534	1953	1169		22
T	B_{KIJT}	149	149	1	1	67	27	397	177	0,21	12
	Lurus	96	96	84	109	337	135	1086	340		0
	B_{KA}	113	113	14	18	469	188	320	319	0,38	0
	Total	358	358	99	129	873	349	1803	836		12
B	B_{KIJT}	113	113	62	81	176	70	225	264	0,21	0
	Lurus	162	162	125	163	720	288	1081	613		11
	B_{KA}	148	148	18	23	473	189	318	361	0,29	7
	Total	423	423	205	267	1369	548	1624	1237		18

Distribusi volume lalu lintas dan tingkat pelayanan jalan pada kondisi eksisting di Simpang Kadipaten bagian, serta mengetahui perubahannya. Distribusi persebaran volume lalu lintas pada Simpang Kadipaten dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagai berikut.

Lokasi : Simpang Kadipaten



Gambar 5. 7 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak

Data kendaraan yang terdapat pada gambar 5.7 masih dalam satuan kendaraan. Oleh sebab itu perlu dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp), Emp yang digunakan untuk sepeda motor 0,4, mobil penumpang 1, dan kendaraan sedang 1,3

5.1.4 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder dipergunakan sebagai pendukung atau pelengkap dalam sebuah penelitian. Data sekunder yang digunakan sebagai berikut.

1. Denah Lokasi Penelitian

   Denah Lokasi penelitian seperi pada Gambar 1.1 yang bertempat di Simpang Kadipaten diambil dari situs *Google Earth Pro.*

2. Data Jumlah Penduduk

   Data jumlah penduduk didapatkan dari instansi yang terkait yaitu Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat pada Tahun 2023. Data penduduk Kabupaten Majalengka berjumlah 1.340.617 jiwa (Majalengka.bps.go.id, 2023).

5.1.5 Panjang Antrean

Data panjang antrean digunakan untuk validasi hasil perhitungan berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, diperoleh data panjang antrean rata-rata pada jam puncak yang terdapat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Panjang Antrean Jam Puncak

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Jalan Kertajati (Utara)	57
Jalan Cirebon – Bandung (Timur)	76
Jalan Majalengka (Selatan)	63
Jalan Bandung Cirebon (Barat)	109

Berdasarkan Tabel 5.5 panjang antrean rata rata ketika jam puncak pada Jalan Kertajati (utara) sebesar 57 m, Jalan Cirebon-Bandung (timur) sebesar 76 m, Jalan Majalengka (selatan) sebesar 63 m, dan Jalan Bandung-Cirebon sebesar 109 m.

5.2 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan PKJI 2023

Pada penelitian ini, kinerja simpang Kadipaten pada kondisi eksisting di analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 yang di bantu dengan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan sebagai pembanding digunakan perangkat lunak *PTV VISSIM 2023.*

5.2.1 Analisis Kinerja Simpang Kadipaten dengan Menggunakan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023 bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan perilaku lalu lintas pada Simpang Kadipaten. Dalam pembahasan ini, digunakan bantuan *Microsoft Excel* sebagai pengganti perangkat lunak. Berikut adalah contoh hasil perhitungan pada pendekat Utara.

1. Geometri, Pengaturan Lalu Lintas dan Lingkungan
   a. Hari/Tanggal : Sabtu, 10 February 2024
   b. Kota : Majalengka
   c. Simpang : Kadipaten
   d. Ukuran Kota : 1,3 Juta Jiwa
   e. Jumlah Fase Lalu Lintas : 2 Fase
   f. Kode Pendekat : Utara
   g. Tipe Lingkungan Jalan : Kom (Komersial)
   h. Hambatan Samping : Tinggi
   i. Median : Ya
   j. Belok Kiri Langsung : Ya
   k. Waktu Hijau : 88 detik
   l. Waktu Antar Hijau (IG) : 5 detik
   m. Lebar Pendekat (L) : 7 m
   n. Lebar Jalur Masuk (Lm) : 5 m
   o. Lebar Belok Kiri Langsung : 2 m
   p. Lebar Keluar : 6
2. Arus Lalu Lintas

   Data masukan lalu lintas dibedakan untuk 2 (dua) hal, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas, berupa arus lalu lintas per jam eksisting yang dihitung pada jam-jam tertentu, misalnya arus lalu lintas pada jam sibuk pagi atau arus lalu lintas pada jam sibuk sore.

   Arus lalu lintas pada analisis di Simpang Kadipaten menggunakan PKJI 2023, tidak memasukan arus kendaraan belok kiri dikarenakan setiap lengan pada

Simpang Kadipaten memiliki lajur belok kiri langsung. Arus lalu lintas tanpa arus belok kiri langsung menjadi sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$Q = Q_{Lurus} + BK_A$

$= 453 + 203$

$= 689$ smp/jam

b. Lengan Timur

$Q = Q_{Lurus} + BK_A$

$= 340 + 319$

$= 659$ smp/jam

c. Lengan Selatan

$Q = Q_{Lurus} + BK_A$

$= 422 + 372$

$= 793$ smp/jam

d. Lengan Barat

$Q = Q_{Lurus} + BK_A$

$= 613 + 361$

$= 973$ smp/jam

3. Arus jenuh dasar (J_O)

a. Lengan Utara

$J_O = 600 \times Le$

$= 600 \times 5$

$= 3000$ smp/jam

b. Lengan Timur

$J_O = 600 \times Le$

$= 600 \times 4{,}5$

$= 2700$ smp/jam

c. Lengan Selatan

$J_O = 600 \times Le$

$= 600 \times 5$

$= 3000$ smp/jam

d. Lengan Barat

J_O = 600 x Le

= 600 x 4,5

= 2700 smp/jam

4. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})

Semakin besar kota semakin agresif pengemudi menjalankan mobilnya sehingga dianggap menaikkan kapasitas. F_{UK} dibedakan berdasarkan besarnya populasi penduduk. Jumlah penduduk Kabupaten Majalengka tahun 2023 berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Majalengka tercatat sebanyak 1,305,476 jiwa penduduk. Nilai faktor penyesuaian ukuran kota pada Simpang Kadipaten adalah 1.

5. Faktor penyesuaian hambatan samping

Tingkat hambatan samping dapat ditentukan dari pengaruh aktivitas di samping jalan pendekat terhadap besarnya arus berangkat pada pendekat simpang. Tingkat hambatan samping pada Simpang Kadipaten ditunjukan dengan banyaknya bangunan panunjang aktivitas Masyarakat seperti pertokoan dan pasar tradisional yang menyebabkan banyak kendaraan keluar masuk jalan pendekat simpang serta terdapat beberapa pejalan kaki yang berjalan di sepanjang jalan maupun melintas pendekat simpang maupun beberapa pengendara yang melakukan putar balik pada pendekat simpang. Berdasarkan hal tersebut Simpang Kadipaten memiliki tingkat hambatan samping pada jalan setiap lengannya yaitu tinggi yang diambil berdasarkan pengamatan secara kualitatif, selain itu berdasarkan PKJI 2023 hambatan samping dapat dianggap tinggi apabila tidak diketahui agar tidak menilai kapasitas terlalu besar. Lingkungan sekitar Simpang Kadipaten merupakan lingkungan (KOM). Simpang Kadipaten memiliki tipe fase terlawan dengan nilai rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,005. Berdasarkan Tabel 3.4 nilai faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) pada Simpang Kadipaten adalah 0,93.

6. Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

   Kemiringan gradien pada penelitian kali ini dianggap sebesar 0%, maka dari itu berdasarkan Gambar 3.8 faktor penyesuian kelandaian pada Simpang Kadipaten adalah 1,0. Dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Faktor Penyesuaian Kelandian

Pendekat	Faktor Penyesuaian
Jalan Kertajati (U)	1
Jalan Majalengka (S)	1
Jalan Cirebon-Bandung (T)	1
Jalan Cirebon Bandung (B)	1

7. Faktor penyesuian parkir (F_P)

   Pada Simpang Kadipaten kendaraan terparkir memiliki jarak lebih dari 80 m dari garis henti simpang. Maka faktor penyesuian parkir (F_P) pada Simpang Kadipaten adalah 1,0.

8. Faktor penyesuian belok kanan (F_{BKA})

   a. Pendekat lengan Utara pada Simpang Kadipaten memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada pendekat lengan Utara sebesar 1,0.

   b. Pendekat lengan Timur pada Simpang Kadipaten memiliki median sehingga faktor penyesuian belok kanan pada pendekat lengan Timur sebesar 1,0.

   c. Pendekat lengan Selatan pada Simpang Kadipaten memiliki median sehingga faktor penyesuian belok kanan pada pendekat lengan Selatan sebesar 1,0.

   d. Pendekat lengan Barat pada Simpang Kadipaten memiliki median sehingga faktor penyesuian belok kanan pada pendekat lengan Barat sebesar 1,0.

9. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKI})

   Pada semua lengan di Simpang Kadipaten memiliki belok kiri langsung maka faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKI}) pada setiap lengan adalah 1,0.

10. Arus jenuh (J)

a. Lengan Utara

J = J_O x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_P x F_{BKI} x F_{BKA}

= 3000 x 1 x 0,93 x 1 x 1 x 1 x 1

= 2790 smp/jam

b. Lengan Timur

J = J_O x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_P x F_{BKI} x F_{BKA}

= 2700 x 1 x 0,93 x 1 x 1 x 1 x 1

= 2511 smp/jam

c. Lengan Selatan

J = J_O x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_P x F_{BKI} x F_{BKA}

= 3000 x 1 x 0,93 x 1 x 1 x 1 x 1

= 2790 smp/jam

d. Lengan Barat

J = J_O x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_P x F_{BKI} x F_{BKA}

= 2700 x 1 x 0,93 x 1 x 1 x 1 x 1

= 2511 smp/jam

Rekap hasil perhitungan derajat kejenuhan (D_J) dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Arus Jenuh Simpang Kadipaten

Parameter	Satuan	Jalan Kertajati (Utara)	Jalan Cirebon – Bandung (Timur)	Jalan Majalengka (Selatan)	Jalan Cirebon – Bandung (Barat)
Arus lalu lintas (q)	smp/jam	689	659	793	973
Lebar efektif (L_E)	m	5	4	5	4
Arus jenuh dasar (J_O)	Smp/jam hijau	3000	2700	3000	2700
Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})	-	1	1	1	1

Lanjutan Tabel 5.7 Rekapitulasi Arus Jenuh Simpang Kadipaten

Parameter	Satuan	Jalan Kertajati (Utara)	Jalan Cirebon – Bandung (Timur)	Jalan Majalengka (Selatan)	Jalan Cirebon – Bandung (Barat)
Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS})	-	0,93	0,93	0,93	0,93
Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)	-	1	1	1	1
Faktor penyesuaian parkir (F_P)	-	1	1	1	1
Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKA})	-	1	1	1	1
Faktor penyesuaian faktor belok kiri (F_{BKI})	-	1	1	1	1
Arus jenuh (J)	Smp/jam hijau	2790	2511	2790	2511

5.2.2 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Jenuh

1. Kapasitas (C)

   a. Lengan Utara

   C $= J\ x\ \frac{WH}{S}$

   $= 2790 \text{ x } \frac{31}{88}$

   = 983 smp/jam

   b. Lengan Timur

   C $= J\ x\ \frac{WH}{S}$

   $= 2511 \text{ x } \frac{33}{88}$

   = 942 smp/jam

2. Derajat Jenuh (D_J)

   a. Lengan Utara

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

   $= \frac{689}{983}$

   = 0,701

b. Lengan Timur

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

$= \frac{659}{942}$

$= 0{,}700$

c. Lengan Selatan

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

$= \frac{793}{983}$

$= 0{,}907$

d. Lengan Barat

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

$= \frac{973}{942}$

$= 1{,}033$

3. Rasio Arus

a. Lengan Utara

$= R_q/j$

$= 689 / 2790$

$= 0{,}247$

b. Lengan Timur

$= R_q/j$

$= 659 / 2511$

$= 0{,}262$

c. Lengan Selatan

$= R_q/j$

$= 793 / 2790$

$= 0{,}284$

d. Lengan Barat

$= R_q/j$

$= 973 / 2511$

$= 0{,}388$

Rekap hasil perhitungan kapasitas simpang (C), rasio arus dan derajat jenuh (D_J) dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Rasio Arus	Derajat Jenuh (D_J)
Jalan Kertajati (Utara)	983	0,247	0,701
Jalan Majalengka (Selatan)	983	0,284	0,807
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	942	0,262	0,700
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	942	0,388	1.033

5.2.3 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Perhitungan perilaku lalu lintas berdasarkan PKJI 2023 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Panjang Antrean (P_A)

   Perhitungan panjang antrean untuk setiap lengan pada kondisi eksisting Simpang Kadipaten dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

   a. Lengan Utara

$R_H = \frac{Whi}{S}$

$= \frac{31}{88}$

$= 0{,}35$

$N_{q1} = 0{,}25 \text{ x s x } \left[(Dj - 1) + \sqrt{(Dj-1)^2 + \frac{8\,x\,(Dj-0{,}5)}{s}}\right]$

$= 0{,}25 \text{ x } 983 \text{ x } \left[(0{,}701 - 1) + \sqrt{(0{,}701-1)^2 + \frac{8\,x\,(0{,}701-0{,}5)}{983}}\right]$

$= 0{,}671$ smp

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

$= 983 \text{ x } \frac{(1-0{,}35)}{(1-0{,}35x\ 0{,}701)}\ x\ \frac{689}{3600}$

$= 14{,}495$ smp

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

$= 0{,}671 + 14{,}459$

$= 15{,}166$ smp

$P_A = N_{qmax} \times \frac{20}{LM}$

$= 29 \times \frac{20}{5}$

$= 116$ m

b. Lengan Timur

$R_H = \frac{Whi}{S}$

$= \frac{33}{88}$

$= 0{,}38$

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

$= 0{,}25 \times 942 \times \left[(0{,}700 - 1) + \sqrt{(0{,}787-1)^2 + \frac{8\,x\,(0{,}700-0{,}5)}{942}}\right]$

$= 2{,}646$ smp

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

$= 942 \times \frac{(1-0{,}38)}{(1-0{,}38x\ 0{,}700)}\ x\ \frac{659}{3600}$

$= 13{,}641$ smp

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

$= 2{,}646 + 13{,}645$

$= 16{,}291$ smp

$P_A = N_{qmax} \times \frac{20}{LM}$

$= 28 \times \frac{20}{4}$

$= 140$ m

c. Lengan Selatan

$R_H = \frac{Whi}{S}$

$= \frac{31}{88}$

$= 0{,}35$

N_{q1} $= 0{,}25 \text{ x } s \text{ x } \left[(Dj\ -1) + \sqrt{(Dj-1)^2 + \frac{8\,x\,(Dj-0{,}5)}{s}}\right]$

$= 0{,}25 \text{ x } 983 \text{ x } \left[(0{,}807\ -1) + \sqrt{(0{,}807-1)^2 + \frac{8\,x\,(0{,}807-0{,}5)}{983}}\right]$

$= 1{,}565$ smp

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

$= 983 \text{ x } \frac{(1-0{,}35)}{(1-0{,}35x\ 0{,}807)}\ x\ \frac{793}{3600}$

$= 17{,}548$ smp

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

$= 1{,}565 + 17{,}548$

$= 19{,}113$ smp

P_A $= N_{qmax} \text{ x } \frac{20}{LM}$

$= 33 \text{ x } \frac{20}{5}$

$= 132$ m

d. Lengan Barat

R_H $= \frac{Whi}{S}$

$= \frac{33}{88}$

$= 0{,}38$

N_{q1} $= 0{,}25 \text{ x } s \text{ x } \left[(Dj\ -1) + \sqrt{(Dj-1)^2 + \frac{8\,x\,(Dj-0{,}5)}{s}}\right]$

$= 0{,}25 \text{ x } 942 \text{ x } \left[(1{,}033\ -1) + \sqrt{(1{,}033-1)^2 + \frac{8\,x\,(1{,}033-0{,}5)}{942}}\right]$

$= 102{,}249$ smp

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

$= 942 \text{ x } \frac{(1-0{,}38)}{(1-0{,}38x\ 1{,}033)}\ x\ \frac{659}{3600}$

$= 24,\ 274$ smp

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

$= 102{,}249 + 24{,}274$

= 126,523 smp

P_A = N_q x $\frac{20}{LM}$

= 126,523 x $\frac{20}{4}$

= 632,6 m

Pada perhitungan nilai N_q untuk lengan Barat digunakan jumlah total N_{q1} + N_{q2} tidak menggunakan N_{qmax} dikarenakan pada Gambar 3.9 nilai Nq yang dapat digunakan hanya mencapai 80 smp sedangkan pada perhitungan lengan Barat nilai Nq melebihi 80 smp, sehingga tidak dapat menggunakan N_{qmax} dalam perhitungan di lengan Barat.

2. Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan henti yaitu kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang. Perhitungan rasio kendaraan henti untuk setiap lengan pada kondisi eksisting Simpang Kadipaten dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

a. Lengan Utara

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

= 0,9 x $\frac{15,166}{689\ x\ 88}\ x\ 3600$

= 0,810 smp/jam

b. Lengan Timur

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

= 0,9 x $\frac{16,291}{659\ x\ 88}\ x\ 3600$

= 0,708 smp/jam

c. Lengan Selatan

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

= 0,9 x $\frac{19,113}{793\ x\ 88}\ x\ 3600$

= 0,887 smp/jam

d. Lengan Barat

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

= 0,9 x $\frac{126,532}{973\ x\ 88}\ x\ 3600$

= 4,787 smp/jam

Nilai angkat henti seluruh simpang didapatkan dengan membagi total jumlah kendaraan terhenti pada seluruh lengan dengan total arus lalu lintas jam puncak pada Simpang Kadipaten. Perhitungan angkat henti seluruh simpang pada kondisi eksisting Simpang Kadipaten dapat dilihat pada perhitungan berikut.

N_{KH} = $\frac{\sum R_{KH}}{q_{TOT}}$

= $\frac{6387}{3114}$

= 2,05

3. Tundaan

Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata pada setiap lengan pada kondisi eksisting Simpang Kadipaten dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

a. Lengan Utara

T_{LL} = s x $\frac{0,5\ x\ (1-Rh)^2}{(1-Rh\ x\ Dj)} + \frac{N_{q1} x\ 3600}{C}$

= 88 x $\frac{0,5\ x\ (1-0,35)^2}{(1-0,35\ x\ 0,701)} + \frac{0,671x\ 3600}{983}$

= 27 det/smp

T_G = (1 – R_{KH}) x P_B x 6 + (R_{KH} x 4)

= (1 – 0,810) x 0,27 x 6 + (0,810 x 4)

= 3,6 det/smp

T = T_{LL} + T_G

= 27 + 3,6

= 30,5 det/smp

b. Lengan Timur

T_{LL} = s x $\frac{0,5\ x\ (1-Rh)^2}{(1-Rh\ x\ Dj)} + \frac{N_{q1} x\ 3600}{C}$

$= 88 \text{ x } \frac{0{,}5\ x\ (1-0{,}38)^2}{(1-0{,}38\ x\ 0{,}700)} + \frac{2{,}646\ x\ 3600}{942}$

$= 33{,}4$ det/smp

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

$= (1 - 0{,}708) \text{ x } 0{,}21 \text{ x } 6 + (0{,}708 \text{ x } 4)$

$= 3{,}5$ det/smp

$T = T_{LL} + T_G$

$= 33{,}4 + 3{,}5$

$= 36{,}9$ det/smp

c. Lengan Selatan

$T_{LL} = \text{s x } \frac{0{,}5\ x\ (1-Rh)^2}{(1-Rh\ x\ Dj)} + \frac{N_{q1} x\ 3600}{C}$

$= 88 \text{ x } \frac{0{,}5\ x\ (1-0{,}35)^2}{(1-0{,}35\ x\ 0{,}807)} + \frac{1{,}565\ x\ 3600}{983}$

$= 31{,}5$ det/smp

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

$= (1 - 0{,}887) \text{ x } 0{,}32 \text{ x } 6 + (0{,}887 \text{ x } 4)$

$= 3{,}8$ det/smp

$T = T_{LL} + T_G$

$= 31{,}5 + 3{,}8$

$= 35{,}3$ det/smp

d. Lengan Barat

$T_{LL} = \text{s x } \frac{0{,}5\ x\ (1-Rh)^2}{(1-Rh\ x\ Dj)} + \frac{N_{q1} x\ 3600}{C}$

$= 88 \text{ x } \frac{0{,}5\ x\ (1-0{,}38)^2}{(1-0{,}38\ x\ 1{,}033)} + \frac{102{,}249\ x\ 3600}{942}$

$= 419$ det/smp

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

$= (1 - 4{,}787 \text{ x } 0{,}21 \text{ x } 6 + (4{,}787 \text{ x } 4)$

$= 12{,}5$ det/smp

$T = T_{LL} + T_G$

$= 419 + 12{,}5$

$= 431{,}5$ det/smp

Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang pada kondisi eksisting Simpang Kadipaten dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$T_i = \frac{Q\ x\ T}{Qtotal}$$

$$= \frac{(30{,}5\ x\ 689) + (35{,}3\ x\ 793) + (51\ x\ 659) + (431{,}5\ x\ 973)}{3114}$$

$$= 158{,}38 \text{ det/smp}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan perilaku lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perilaku Lalu Lintas

Parameter	Satuan	Jalan Kertajati (Utara)	Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	Jalan Majalengka (Selatan)	Jalan Cirebon-Bandung (Barat)
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})	smp	0,671	2,646	1,565	102,274
Jumlah smp yang datang selama fase merah (N_{q2})	smp	14,495	13,645	17,548	24,274
Jumlah antrean (N_q)	smp	15,166	16,291	19,113	126,532
Peluang antrean (P_A)	m	116	140	132	632,6
Rasio kendaraan henti (R_{KH})	stop/smp	0,810	0,708	0,887	4,787
Angka henti seluruh simpang (N_{KH})	stop/smp	2,05			
Tundaan lalu lintas (T_{LL})	det/smp	27	33,4	31,5	419
Tundaan geomtri (T_G)	det/smp	3,6	3,5	3,8	12,5
Tundaan rata-rata (T)	det/smp	30,5	36,9	35,3	431,5
Tingkat pelayanan tiap lengan	-	D	D	D	F
Tundaan rata-rata (T_i)	det/smp	158,38			
Tingkat pelayanan simpang	-	F			

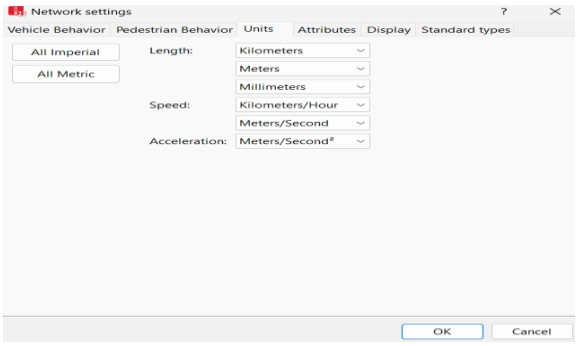
Berdasarkan hasil analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 di atas didapat pada kondisi eksisting nilai tundaan rata-rata untuk lengan Utara sebesar 30,5 det/smp, lengan Timur 36,9 det/smp, lengan Selatan 35,3

det/smp, lengan Barar 431,5 det/smp dengan tundaan rata-rata seluruh simpang sebesar 158,38 det/smp. Sesuai dengan Peraturan Mentri Perhubungan no.96 Tahun 2015 simpang dengan nilai tundaan ≥ 25 detik maka tingkat pelayanan pada lengan Utara , lengan Timur dan lengan Selatan dengan tingkat pelayanan D, apabila nilai tundaan lebih ≥ 60 detik maka tingkat pelayanan untuk lengan Barat F. sesuai dengan fungsi jalan yang dihubungan oleh Simpang Kadipaten yaitu jalan dengan fungsi arteri primer dan arteri sekunder, maka berdasarkan Peraturan Mentri no.96 tahun 2015 tingkat pelayanan untuk Simpang Kadipaten sekurang kurangnya berada pada tingkat pelayanan B.

5.3 Analisis Kinerja Simpang Kadipaten menggunakan PTV VISSIM

VISSIM adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan selain PKJI 2023 dalam penelitian ini. Pada Simpang Kadipaten ini di dapat data waktu siklus yang dapar dilihat pada Tabel 5.2 di atas. Setelah semua data yang diperlukan telah diperoleh, maka data tersebut langsung dianalisis oleh perangkat lunak VISSIM. Adapaun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menginput data perangkat lunak VISSIM untuk mengetahui nilai kinerja eksisting Simpang Kadipaten dari semua pendekat adalah sebagai berikut.

1. *Input Network Development*

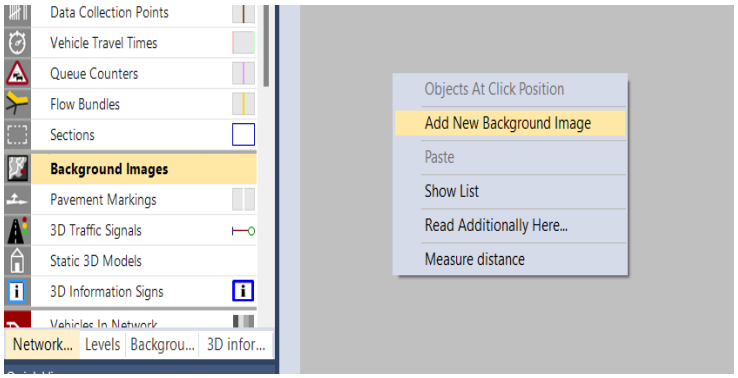


Gambar 5. 8 Perubahan *Units*

Gambar 5.8 di atas menunjukan proses awal dalam penentuan perilaku kendaraan dan satuan yang digunakan. Dalam penelitian ini, dihunakan

satuan meter untuk jarak. Untuk melakukan perubahan perilaku kendaraan dan satuan, dapat dilakukan di bagian *Menu Bar* yaitu *Base Data*, *Network Setting*, *Units* (diubah ke *All Metric*)

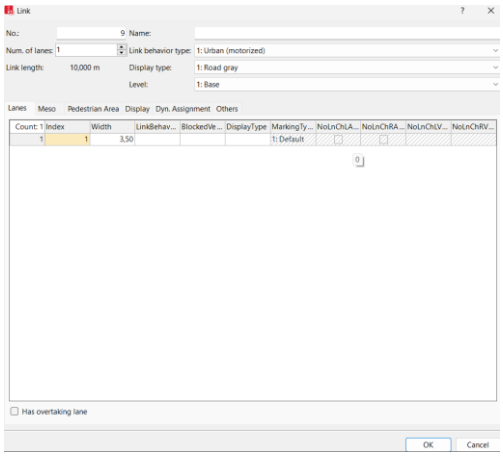
2. *Input parameter* Lokasi *Google Earth.*



Gambar 5. 9 *Input* Data Lokasi Penelitian

Gambar 5.9 di atas menunjukkan proses awal input data geometri simpang. Sesuai dengan ketentuan yang diterapkan dalam pemodelan VISSIM dilakukan *input* lokasi penelitian yang akan dianalisis. Gambar yang dimasukkan diambil menggunakan *Google Earth*, dan dibuat skala dengan menggunakan perbandingan lebar jalan asli dengan peta *Google Earth*.

3. *Input* parameter pembuatan *link*, *connectors* dan *pavement marking*.



Gambar 5. 10 Pembuatan *Link* atau Lajur



Gambar 5. 11 Pembuatan *Connector* atau Penghubung



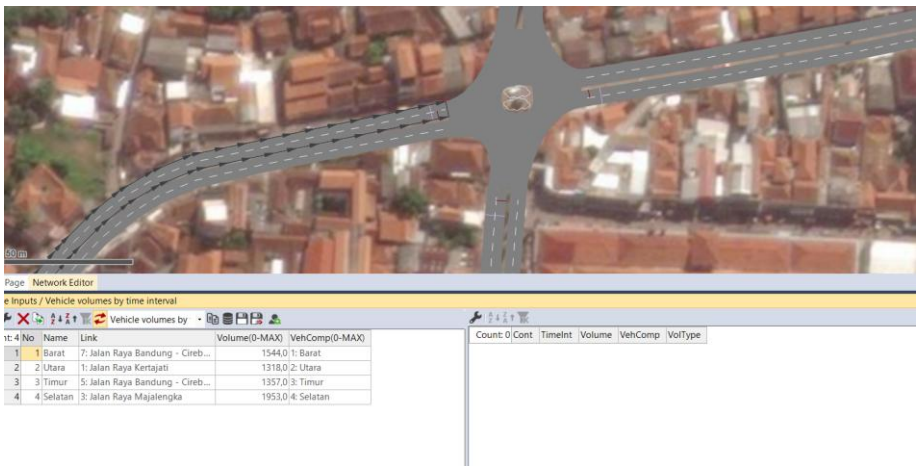
Gambar 5. 12 Pembuatan *Pavement Marking* pada Lajur

Setelah gambar lokasi dibuat dan disesuaikan skala dengan kenyataan, kemudian proses selanjutnya adalah pembuatan link atau lajur jalan pada simpang. Seperti pada Gambar 5.10 di atas, pembuatan lajur sesuai dengan kenyataan beserta lebar masing-masing lajur. Proses pembuatan lajurdapat dilakukan di bagian Network Object, Links, dan tentukan lajur yang pertama kali akan dibuat dengan menekan tombol shift dan klik kanan mouse. Setelah link dibuat, maka langkah selanjutnya yaitu pembuatan connector atau penghubung antar link, dalam penelitian ini connector berfungsi menghubungkan lajur antar lajur kendaraan keluar sesuai arah. Pembuatan connector dapat dilihat pada Gambar 5.11 di atas, pembuatan connector ketika di tikungan berdasarkan jari-jari yang sesuai dengan gambar background. Proses pembuatan connector sama dengan link, dengan cara menekan klik kanan mouse dari link ke link yang diinginkan. Setelah link dan

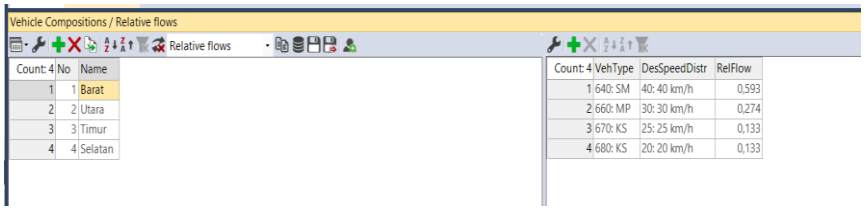
connector selesai dibuat, maka dilanjutkan dengan Pavement Marking. Pavement Marking adalah suatu tanda tambahan yang diberikan di lajur agar dapat memberikan keterangan terhadap arah kendaraan, arah bundaran, zebra cross dsb. Proses pembuatan Pavement Marking yaitu di bagian Network Object, Pavement Marking, dan tentukan bagian yang akan diberi objek.

4. *Input* parameter volume lalu lintas dan rute lalu lintas

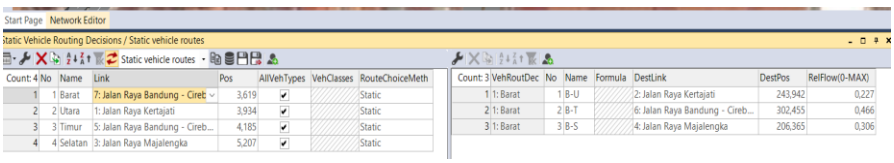
Setelah melakukan analisis menggunakan PKJI 2023 didapatkan data volume kendaraan. Kemudian dimasukan kedalam *input* parameter PTV VISSIM dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5. 13 *Input* Volume Kendaraan Per Lengan



Gambar 5. 14 Pemilihan Komposisi Kendaraan Per Lajur



Gambar 5. 15 Pembuatan Komposisi Volume Kendaraan Per Arah

Gambar 5.13 di atas menunjukan bagian dari *input* data volume ke dalam program. Dalam proses pemasukan data, dibutuhkan data volume kendaraan selama jam puncak, volume kendaraan yang terbagi menjadi 3 tipe kendaraan menurut PKJI (kendaraan ringan, sedang dan berat), dan volume kendaraan per masing arah. Untuk membuat seperti Gambar 5.13, dapat dilakukan di bagian *Network Objects, Vehicle Input*, dan klik lengan yang memiliki volume. Volume yang dimasukkan berupa volume jam puncak yang sama dengan volume yang dimasukkan ke dalam perhitungan menggunakan metode PKJI. Dalam Gambar 5.14, proses input dapat dilakukan di bagian *Menu Bar, Traffic, Vehicle Composition*, dan tambahkan seberapa banyak volume per lengan. Dalam penelitian ini dibuat 5 buah input kendaraan per lengan, per masing lengan diisi dengan jumlah kendaraan pada saat jam puncak dan diambil kecepatan kendaraan kecil (MP) sebesar 50 km/jam, kendaraan berat (KS) 30 km/jam dan sepeda motor (SM) 60 km/jam. Dalam Gambar 5.15, proses *input volume* kendaraan per masing pergerakan arah. Volume tersebut berisi 3 jenis tipe kendaraan (kendaraan ringan, berat dan sepeda motor). Untuk memasukkan data dapat dilakukan di bagian *Network Objects, Vehicle Routes,* klik bagian lajur yang telah diisi volume.

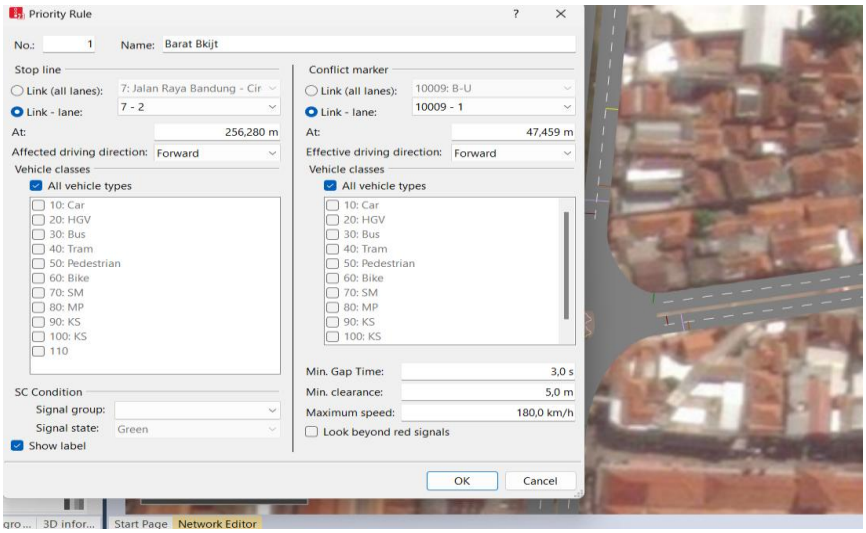
5. *Input* parameter area konflik



Gambar 5. 16 Analisis Area Konflik



Gambar 5. 17 Pemilian Konflik

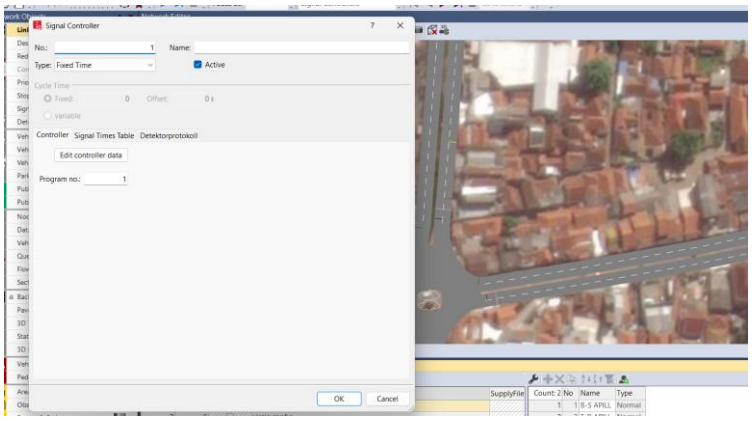


Gambar 5. 18 Pembuatan *Priority Rules*

Pada Gambar 5.16 berisi tentang konflik area pada suatu persimpangan. Area yang berwarna kuning merupakan area terjadinya konflik yang dianalisis melalui perangkat lunak VISSIM. Untuk memunculkan konflik area tadi, dapat di jalankan di bagian Network Object, Conflict Area. Sedangkan pada Gambar 5.17 menjelaskan titik konflik yang terjadi di kenyataan, untuk memunculkan konflik yang terjadi di klik di bagian yang terjadi di kenyataan dan di Gambar 5.18 merupakan Priority Rules. Konflik yang terjadi dapat diprioritaskan kendaraan yang akan maju terlebih dahulu dibanding kendaraan yang lewat sehingga tidak terjadinya tabrakan antar kendaraan. Khusus pada simpang bersinyal, secara teori, pengendara pada jalan mayor

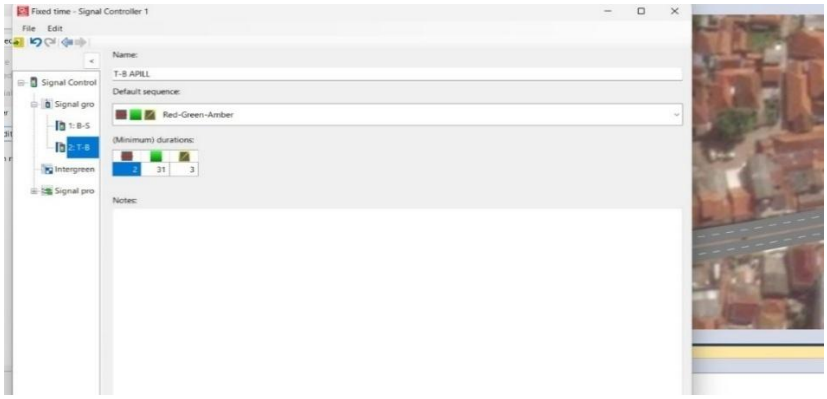
lebih diprioritaskan ketimbang kendaraan jalan minor atau belok kiri langsung. Oleh karena itu, pada VISSIM dibuat lah kendaraan belok kiri langsung akan mendahulukan kendaraan yang masuk ke lengan di simpang. Warna hijau pada gambar menyatakan kendaraan yang didahulukan dan merah untuk kendaraan yang menunggu.

6. *Input* parameter lampu sinyal



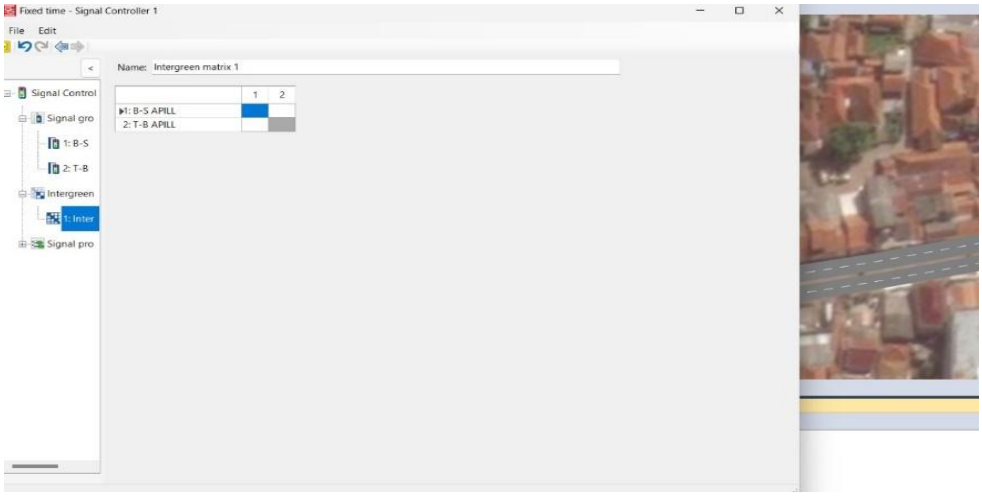
Gambar 5. 19 *Input* Waktu Siklus

Menu yang digunakan untuk memodelkan suatu siklus sinyal aktual di lapangan. Pada Gambar 5.19 sampai dengan Gambar 5.19, disajikan tampilan menu pada Signal Control, berurutan sesuai dengan langkah-langkah memodelkan suatu fase sinyal di lapangan di dalam VISSIM. Gambar 5.19 adalah tampilan awal, dimana kita memilih fixed time signal control, lalu edit signal control untuk masuk ke tampilan selanjutnya.



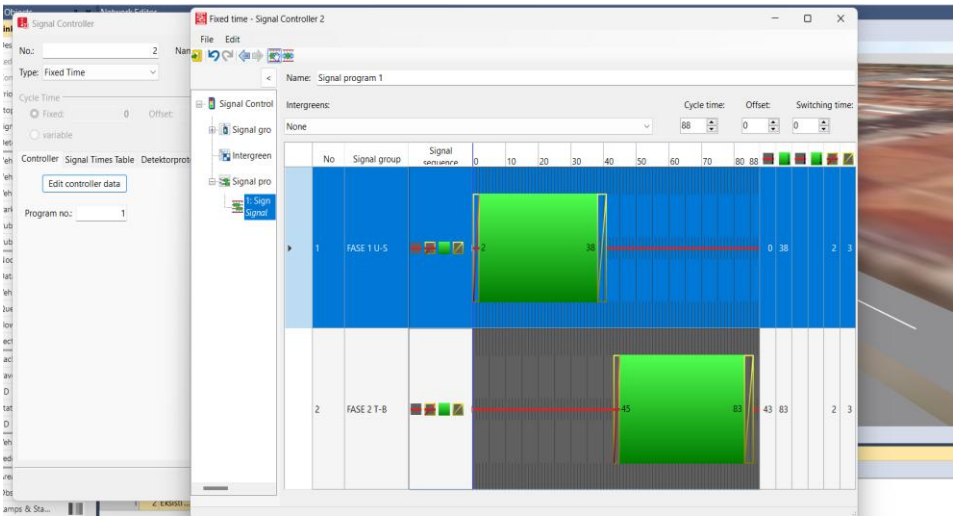
Gambar 5. 20 *Input* Waktu Siklus

Pada Gambar 5.20 di atas, ditentukan jumlah siklus dalam satu fase beserta urutan nyala lampu dan lama nyala masing-masing lampu.



Gambar 5. 21 *Input* Waktu Siklus

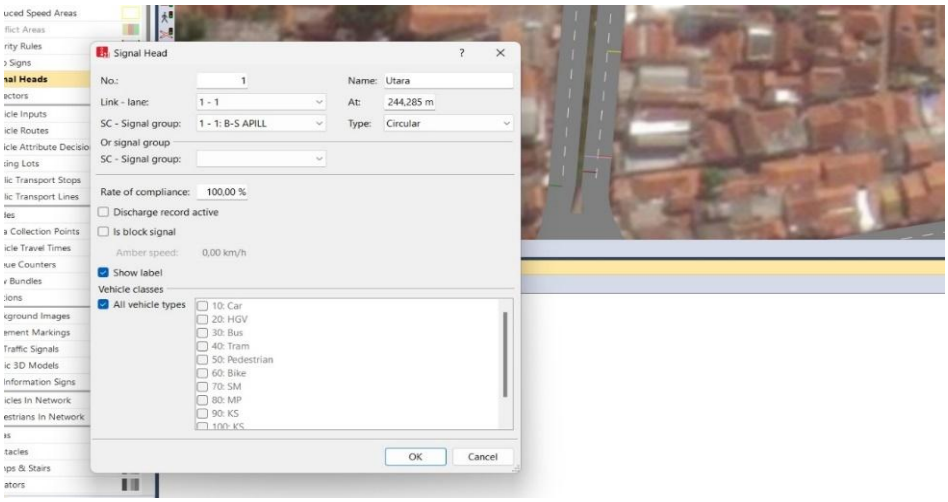
Pada Gambar 5.21 di atas, terlihat bahwa fase sinyal yang telah terbentuk sesuai uruta nyala lampunya, disertai dengan urutan urutan nyala lampu pada setiap siklusnya.



Gambar 5. 22 *Input* Waktu Siklus

Langkah terakhir adalah menentukan lama nyala lampu tiap siklus berdasarkan urutan nyala lampunya, dengan cara mengisi waktu hijau, semua

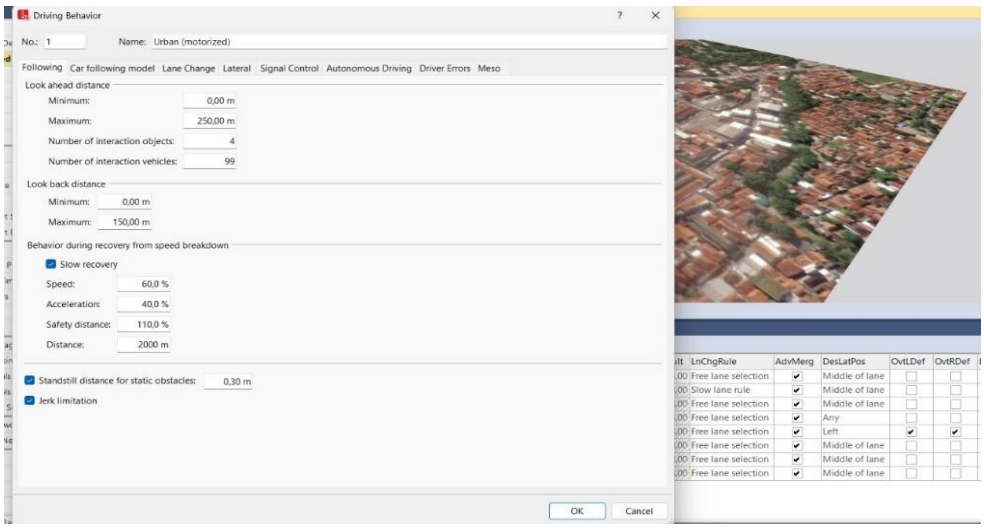
merah dan kuning, dan setiap akhir suatu siklus berlanjut untuk permulaan suatu siklus berikutnya, hingga ke siklus terakhir, seperti disajikan pada Gambar 5.22 di atas.



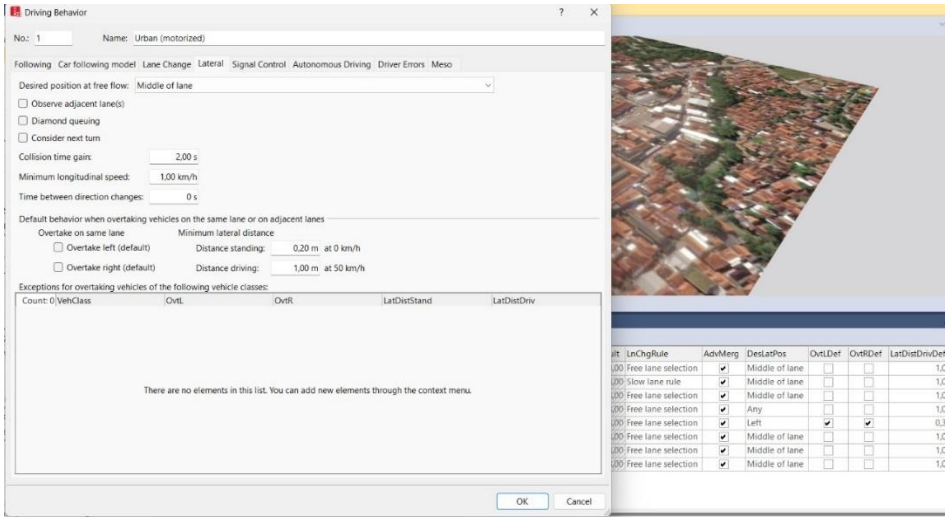
Gambar 5. 23 *Input Signal Head*

Pada Gambar 5.23 dijelaskan peletakan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas). Peletakan disesuaikan dengan Lokasi di kenyataan, dimana letaknya didepan lengan atau di depan *Zebra Cross.*

7. *Input* parameter *Driving Behavior*



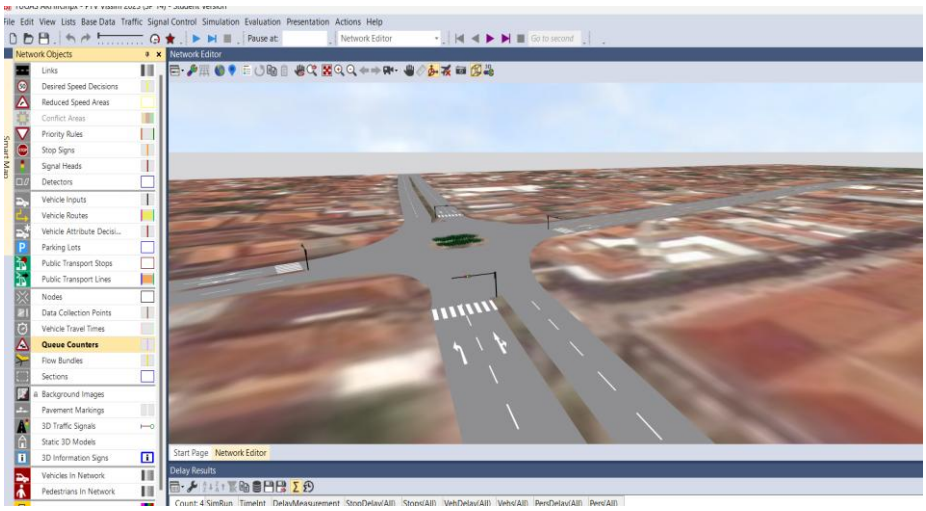
Gambar 5. 24 *Input Driving Behavior*



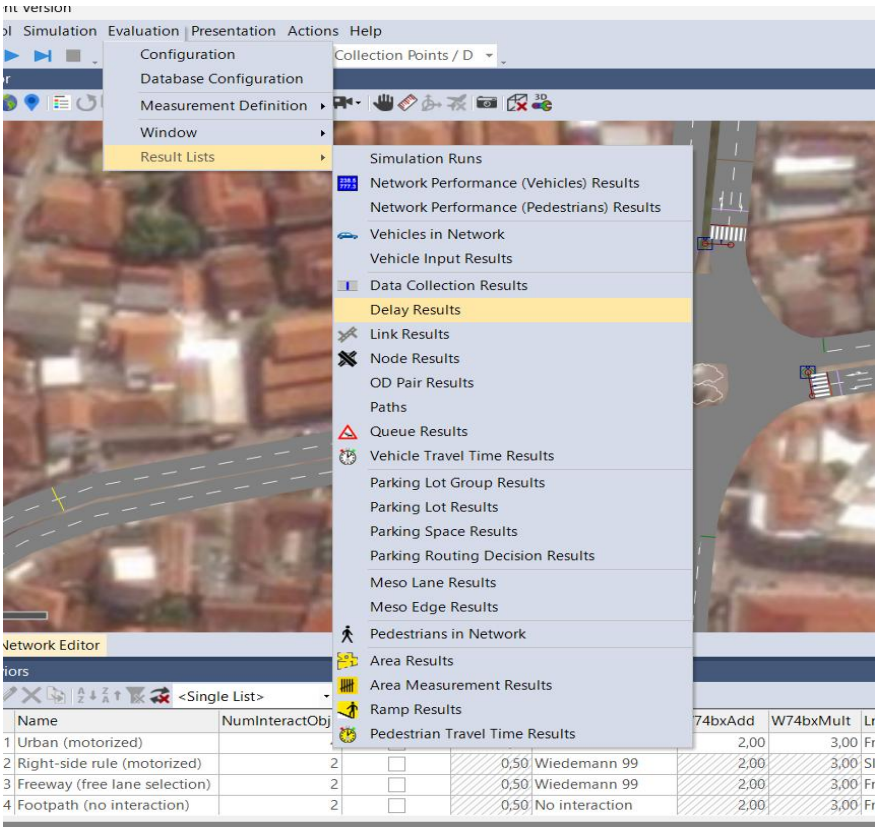
Gambar 5. 25 *Input Driving Behavior*

Driving Behavior, adalah parameter yang secara langsung mempengaruhi interaksi antar kendaraan sehingga bisa menyebabkan perbedaan yang substansial pada hasil simulasi lalu lintas. *Driving Behavior* dihubungkan pada tiap lajur oleh jenis perilakunya. Untuk setiap kelas kendaraan, *Driving Behavior* yang berbeda dapat diterapkan bahkan dalam lajur yang sama. penentuan *Driving Behavior* untuk tiap *link* (lajur), bisa dilihat pada Gakmbar 5.24 dan 5.25 di atas, beserta parameter-parameter yang dapat disesuaikan.

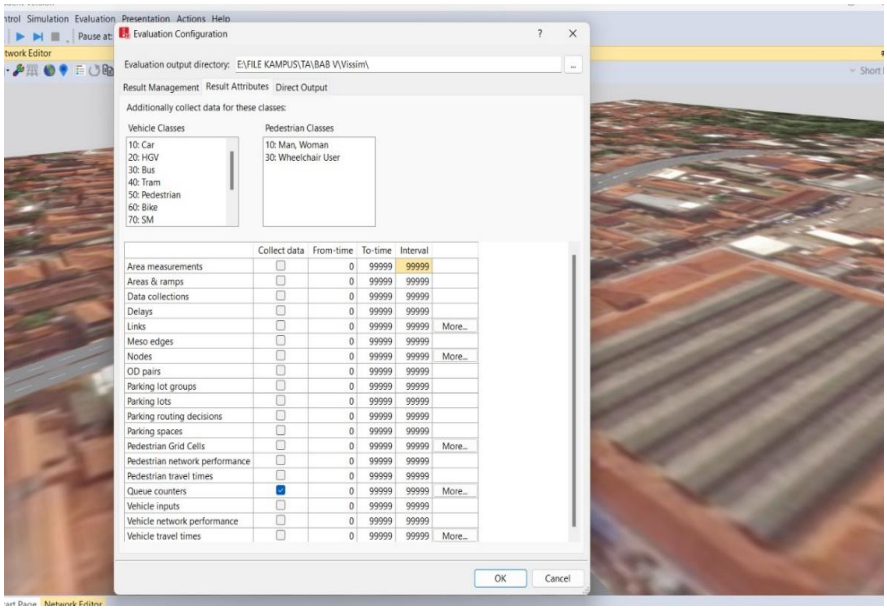
8. *Evaluation*



Gambar 5. 26 Contoh *Input Queue Counter/Delay*



Gambar 5. 27 Contoh Evaluasi Hasil *Delay*



Gambar 5. 28 Contoh *Input Evaluation Configuration*

Parameter evaluasi merupakan ukuran validasi serta hasil akhir dari pemodelan simulasi VISSIM ini. Pada tahap ini kita tempatkan *tools* seperti data *collection point*, serta *queue counters* pada *link* yang kita inginkan, sehingga akan memunculkan nilai akhir seperti tundaan *(delay)* dan panjang antrian *(queue length).* Pada Gambar 5.26 sampai Gambar 5.28 merupakan salah satu contoh validasi untuk *collection point*.

5.4 Kalibrasi dan Validasi Volume Hasil Evaluasi *VISSIM*

Kalibrasi dilakukan dengan metode *trial and error* hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi. Nilai parameter perilaku pengemudi diubah sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan yang berlaku. Parameter yang dipilih dalam proses kalibrasi dan proses *trial and error* adalah sebagai berikut.

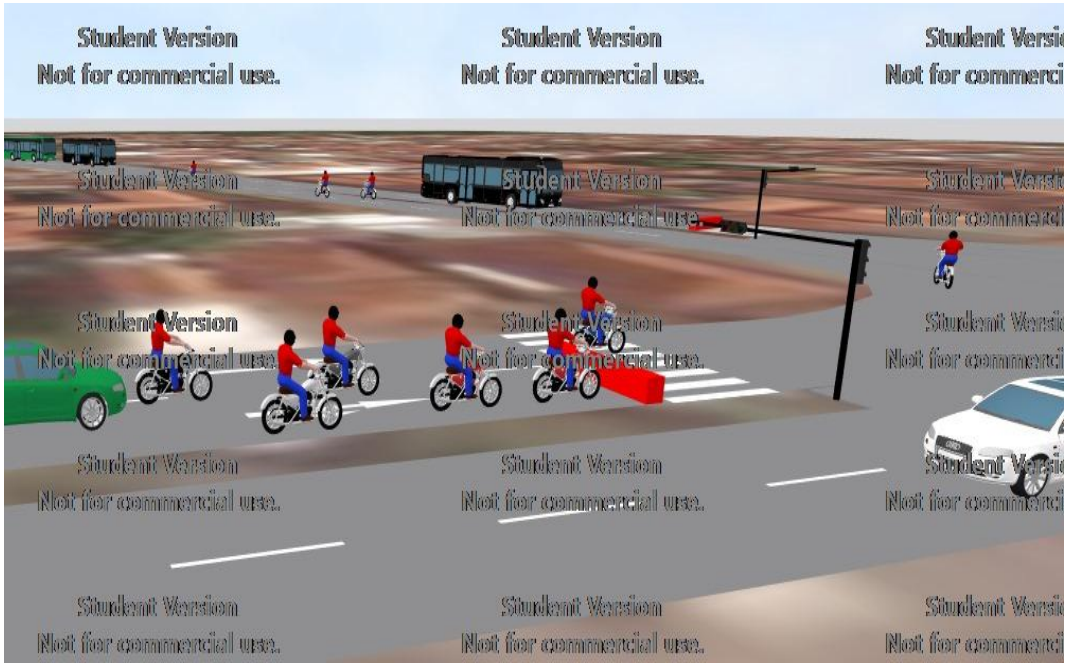
1. *Desired position at free flow*, yaitu keberadaan/posisi kendaraan pada lajur.
2. *Overtake on same lane*, yaitu perilaku dalam menyiap.
3. *Distance standing*, yaitu jarak antar pengemudi secara bersampingan saat berhenti.
4. *Distance driving*, yaitu jarak antar pengemudi secara berdampingan saat 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.

Parameter yang dipilih dalam proses kalibrasi dan *proses trial* dan *error* dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5. 10 Hasil *Trial* and *Error* pada Kalibrasi

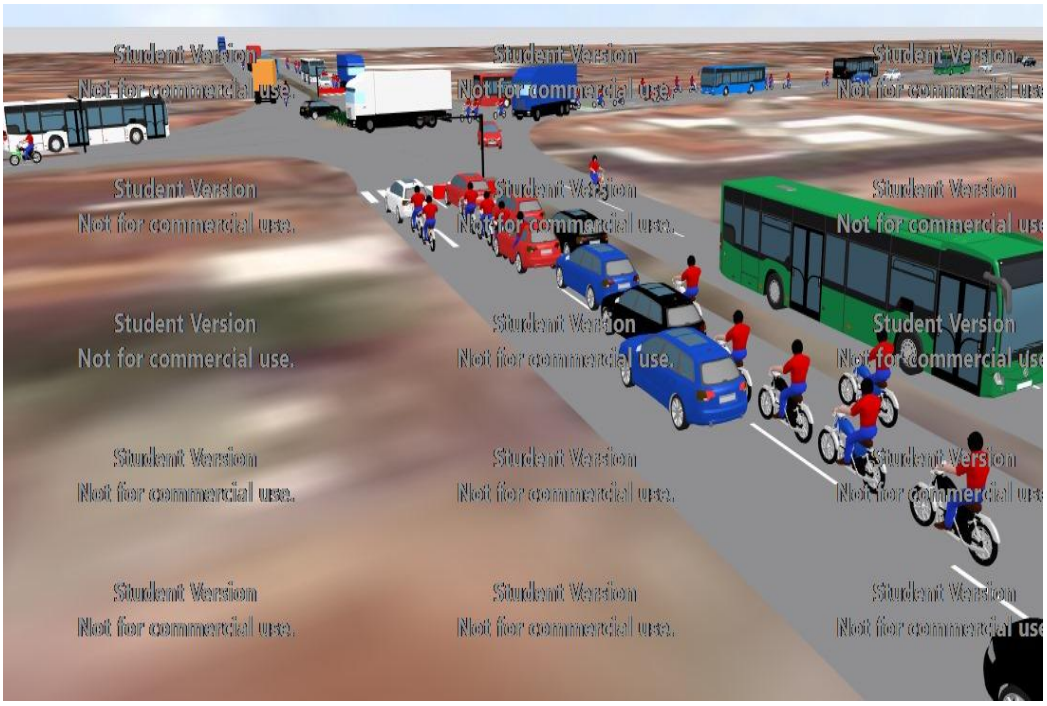
Trial ke-	Parameter yang diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
1	1. *Desired position at free flow* 2. *Overtake on same lane: on left & on right*	Middle of lane off	Any on
2	1. Minimum *distance standing* (*at* 0 kmh/h) (m) 2. Minimum *Distance driving* (*at* 50 km/h) (m)	1 1	0,2 0,4
3	1. *Average standstill distance* 2. *Additive part of safety distance* 3. *Multiplicative part of safety distance*	2 2 3	0,5 0,6 1

Secara visualisasi, hasil pemodelan simulasi sebelum dikalibrasi dan setelah dikalibrasi ditampilkan pada Gambar 5.29 dan Gambar 5.30. Proses kalibrasi mempengaruhi jumlah kendaraan yang keluar dan juga mempengaruhi panjangnya antrian seperti Gambar 5.29 dan Gambar 5.30 sebagai berikut.



Gambar 5. 29 Pemodelan Sebelum Kalibrasi

Kondisi sebelum kalibrasi, model VISSIM mungkin menunjukan jumlah kendaraan yang lebih sedikit karena parameter lalu lintas awal seperti volume kendaraan, kecepatan, dan pola pergerakan belum disesuaikan untuk mencerminkan kondisi nyata. kalibrasi diperlukan untuk mengatur parameter ini agar model sesuai dengan data lalu lintas dilapangan.



Gambar 5. 30 Pemodelan Setelah Kalibrasi

Dapat dilihat pada Gambar 5.30 dan Gambar 5.29 bahwa perbedaan antara simulasi sebelum kalibrasi dan setelah kalibrasi terlihat dari jarak antar kendaraan yang lebih rapat sehingga simulasi dapat mempresentasikan kondisi eksisting Simpang Kadipaten. Untuk mengetahui apakah hasil simulasi sudah valid, maka dilakukan proses validasi supaya hasil dari kalibrasi telah valid, maka dilakukan pengujian dengan metode GEH untuk validasi volume dengan syarat GEH < 5% dan MAPE untuk validasi panjang antrean dengan syarat nilai MAPE < 50% perbandingan hasil *run* VISSIM dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5. 11 Uji GEH VISSIM dengan Kondisi Eksisting

Pendekat	Volume Kendaraan (kend/jam)			Uji GEH	Keterangan
	Hasil survei	Hasil Simulasi VISSIM	Selisih		
Utara	1318	1211	107	3,09	Hasil pemodelan diterima
Timur	1357	1284	73	2,08	Hasil pemodelan diterima
Selatan	1953	1791	162	3,74	Hasil pemodelan diterima
Barat	1544	1316	228	4,27	Hasil pemodelan diterima

Tabel 5. 12 Hasil Uji MAPE VISSIM dengan Kondisi Eksisting

Pendekat	Panjang Antrean (P_A)			Uji MAPE	Keterangan
	Hasil survei	Hasil Simulasi VISSIM	Selisih		
Utara	57	31,75	25,25	11,07	Hasil simulasi baik
Timur	76	81,87	5,87	1,93	Hasil simulasi akurat
Selatan	63	34,69	28,31	11,23	Hasil simulasi baik
Barat	109	147,35	38,35	8,79	Hasil simulasi baik

Berdasarkan hasil diatas dapat diketahui bahwa hasil simulasi VISSIM sudah dapat dikatakan valid terhadap kondisi eksisting Simpang Kadipaten. Nilai GEH pada setiap lengan <5% dan nilai MAPE pada setiap lengan <20% sehingga hasil simulasi sudah valid dan dapat digunakan untuk pemodelan alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja Simpang Kadipaten.

Setelah pemodelan menggunakan VISSIM telah valid maka dilakukan evaluasi terhadap hasil pemodelan. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja simpang berdasarkan hasil simulasi. Evaluasi dilakukan terhadap panjang antrean dan tundaan. Panjang antrean didapat dari nilai *queue length* yang didapat dari *queue counter* yang terpasang pada masing-masing lengan simpang. Sedangkan tundaan didapat dari nilai *queue delay* pada VISSIM di setiap lengan simpang.

Tabel 5. 13 Evaluasi Kinerja Simpang Berdasarkan Simulasi VISSIM

Parameter	Jalan Kertajati (Utara)	Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	Jalan Majalengka (Selatan)	Jalan Cirebon-Bandung (Barat)
Panjang Antrean (m)	31,75	81,87	34,69	147,35
Tundaan (det/smp)	39,6	54,85	32,44	97,62
Tingkat pelayanan	D	E	D	F
Tundaan (det/kend)	60,10			
Tingkat pelayanan	F			

Berdasarkan tabel 5.9 dan Tabel 5.13 dapat dilihat terdapat perbedaan antara hasil analisis kinerja berdasarkan PKJI 2023 dengan simulasi antara hasil *software* VISSIM. Maka dari itu perlu dilakukan perbandingan antara kedua hasil evaluasi kinerja tersebut dengan kondisi eksisting Simpang Kadipaten. Salah satu perilaku lalu lintas yang dapat dibandingkan antara kondisi eksisting dengan kedua metode analisis yang telah dilakukan adalah panjang antrean. Perbandingan panjang antrean antara kondisi eksisting dengan analisis PKJI 2023 dan simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagi berikut.

Tabel 5. 14 Perbandingan Panjang Antrean

Parameter	Hasil Survei (m)	Hasil PKJI 2023 (m)	Hasil VISSIM (m)	Persentase Hasil PKJI 2023 (%)	Persentase Hasil VISSIM (%)
Jalan Kertajati (Utara)	57	116	31,75	104	11,07
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	76	140	81,87	84	1,93
Jalan Majalengka (Selatan)	63	132	34,69	110	11,23
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	109	632,6	147,35	480	8,79

5.5 Alternatif Solusi

Alternatif solusi merupakan sebuah cara untuk meningkatkan kinerja pada Simpang Kadipaten. Alternatif solusi dilakukan dengan menghitung derajat jenuh berdasarkan PKJI 2023 yang kemudian di simulasikan dengan *software* VISSIM. Alternatif solusi dapat berupa merubah waktu siklus, waktu hijau, *amber* dan a*ll red*, geometri simpang, dan lainya. Beberapa alternatid solusi pada penelitian kali ini dapat dilihat sebagai berikut.

5.5.1 Alternatif Solusi I

Alternatif pertama adalah mengurangi waktu siklus dan merubah geometri namun tidak merubah fase. Pelebaran dilakukan di lengan Timur dan Barat pelebaran sebesar 1 meter, Pelebaran di lengan Timur dan Barat pada Simpang Kadipaten memiliki nilai tundaan dan panjang antrian yang tinggi. Perubahan waktu siklus dan perubahan geomtri dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 dan Gambar 5.28 sebagai berikut.

1. Menghitung arus jenuh dasar (J_O)
   a. Lengan Utara
      J_O = 600 x Le
      = 600 x 5
      = 3000 smp/jam
   b. Lengan Timur
      J_O = 600 x Le
      = 600 x 5,5
      = 3300 smp/jam
   c. Lengan Selatan
      J_O = 600 x Le
      = 600 x 5
      = 3000 smp/jam
   d. Lengan Barat
      J_O = 600 x Le
      = 600 x 5,5

= 3300 smp/jam

2. Menghitung waktu siklus

Perhitungan waktu hijau untuk Simpang Kadipaten terdapat 2 fase dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara & Selatan

W_{hi} = (s – W_{HH}) x R_F

= (50,2 x 10) x 0,473

= 19 detik

b. Lengan Timur & Barat

W_{hi} = (s – W_{HH}) x R_F

= (50,2 x 10) x 0,527

= 21 detik

Waktu siklus yang disesuaikan dapat dengan menjumlahkan seluruh waktu hijau dengan waktu hilang total per siklus. Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

S = $\sum W_{Hi} + W_{HH}$

= (19+21) + 10

= 50

Alternatif 1 didapat waktu siklus sebesar 50 detik dengan waktu hijau fase 1 pada lengan Utara dan Selatan menjadi 19 detik, fase 2 pada lengan Timur dan Barat menjadi 21 detik. Waktu siklus pada alternatif ini memiliki selisih sebesar 38 detik dengan kondisi eksisting. Hasil perhitungan waktu siklus dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi satu dapat dilihat pada Tabel 5.15, Tabel 5.16 dan Gambaar 5.31 sebagai berikut.

Tabel 5. 15 Geometri Alternatif 1

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Median	Hambatan Samping	B_{BKIJT}	Lebar Pendekat (m)			
					L m	L_m m	L_{BKIJT} m	L_K m
U	KOM	Y	T	Y	7	5	2	6
S	KOM	Y	T	Y	7	5	2	7,5
T	KOM	Y	T	Y	7,5	5,5	2	5,5
B	KOM	Y	R	Y	7,5	5,5	2	6,68

Tabel 5. 16 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1

Kode Pendekat	Fase	Waktu Menyala (detik)			Waktu Siklus (detik)
		Hijau	Kuning	*Allred*	
Utara	Fase 1	19	3	2	50
Selatan		19	3	2	50
Timur	Fase 2	21	3	2	50
Barat		21	3	2	50



Gambar 5. 31 Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1

Berubahnya waktu siklus mengakibatkan perubahan kapasitas pada alternatif pertama Simpang Kadipaten. Perubahan kapasitas simpang berpengaruh kepada derajat jenuh kepada simpang tersebut, sehingga diperlukan analisis kembali menggunakan PKJI 2023 untuk menghitung kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif pertama Simpang Kadipaten. Perhitungan kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif solusi kedua ini dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

1. Kapasitas (C)

   a. Lengan Utara & Selatan

   C $= \text{J} \, x \, \frac{WH}{S}$

$= 2790 \text{ x } \frac{19}{50}$

$= 1056$ smp/jam

b. Lengan Timur & Barat

C $= J \, x \, \frac{WH}{S}$

$= 3069 \text{ x } \frac{21}{50}$

$= 1296$ smp/jam

2. Derajat jenuh (D_J)

a. Lengan Utara

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

$= \frac{689}{1056}$

$= 0{,}653$

b. Lengan Timur

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

$= \frac{659}{1296}$

$= 0{,}508$

c. Lengan Selatan

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

$= \frac{793}{1056}$

$= 0{,}751$

d. Lengan Barat

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

$= \frac{973}{1296}$

$= 0{,}751$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif solusi I dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh Alternatif I

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Jenuh
Jalan Kertajati (Utara)	1056	0,653
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	1296	0,508
Jalan Majalengka (Selatan)	1056	0,751
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	1296	0,751

Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode PKJI 2023 dan perangkat lunak VISSIM, menurut (Prima J. Romadhona 2019) model simulasi lalu lintas merupakan sebuah pendekatan yang efektif untuk menganalisis operasi lalu lintas karena bisa menghasilkan *ouput* yang relatif mendekati kondisi nyata, masalah Dapat hasil panjang antrian, tundaan, tingkat pelayanan, dan derajat kejenuhan yang sudah berkurang cukup signifikan. Hasil yang didapat sudah dapat memenuhi syarat yang ditentukan. Berikut ini hasil analisis dari metode PKJI 2023 dan perangkat lunak VISSIM.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Analisis Kinerja Alternatif I

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kertajati (Utara)	11,23	11,23	B	14,052	B
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	13,87	11,41	B		
Jalan Majalengka (Selatan)	9,43	9,69	B		
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	71,95	23,88	C		

Berdasarkan Tabel 5.18 hasil diatas terlihat bahwa perbaikan yang dilakukan pada lengan Timur dan lengan Barat pada Simpang Kadipaten dengan melakukan pelebaran sebesar 1 m dan perubahan waktu siklus. Berdasarkan hasil simulasi VISSIM didapat panjang antrean pada lengan Utara 11,23 m, lengan Timur 13,87

m, lengan Selatan 9,43 m, lengan Barat 71,95 m. Berdasarkan hasil simulasi VISSIM didapatkan tundaan pada lengan Utara 11,23 det/kend, lengan Timur 11,41 det/kend, lengan Selatan, 9,69 det/kend, lengan Barat 23.88 det/kend. Berdasarkan hasil di atas didapat tingkat pelayanan untuk lengan Utara B, lengan Timur B, lengan Selatan B, lengan Barat C. Berdasrkan di Simpang Kadipaten sebesar 14,052 det/kend dengan tingkat pelayanan B. Berdasarkan Tabel 5.18 diatas hasil simulasi VISSIM dengan adanya pelebaran di lengan Timur dan lengan Barat dapat mengurangi panjang antrean, dan tundaan yang membuat derajat kejenuhan lengan Timur dan lengan Barat memenuhi syarat dibawah 0,85. Pelebaran jalur sebesar 1 m pada lengan Timur dan lengan Barat masing memungkinkan untuk dilakukan di lokasi penelitian.

5.5.2 Alternatif Solusi II

Alternatif solusi kedua pada penelitian kali ini adalah mengubah waktu siklus sesuai perhitungan yang disarankan menggunakan PKJI 2023 dengan menggunakan batasan yang disarankan pada PKJI 2023 untuk simpang bersinyal dengan pengaturan dua fase yaitu waktu siklus 40-80 detik. Pada alternatif kedua ini digunakan waktu siklus sebesar 61 detik dengan waktu kuning dan *all red* mengikuti eksisting. Waktu siklus pada penelitian kali ini memiliki selisih sebesar 27 detik dengan kondisi eksisting pada Simpang Kadipaten. Perhitungan waktu hijau pada alternatif solusi kedua dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

1. Menghitung waktu siklus

   Perhitungan waktu hijau untuk Simpang Kadipaten terdapat 2 fase dapat dilihat pada perhitungan berikut.

   a. Lengan Utara & Selatan

      W_{hi} = (s – W_{HH}) x R_F

      = (61 x 10) x 0,423

      = 22 detik

   b. Lengan Timur & Barat

      W_{hi} = (s – W_{HH}) x R_F

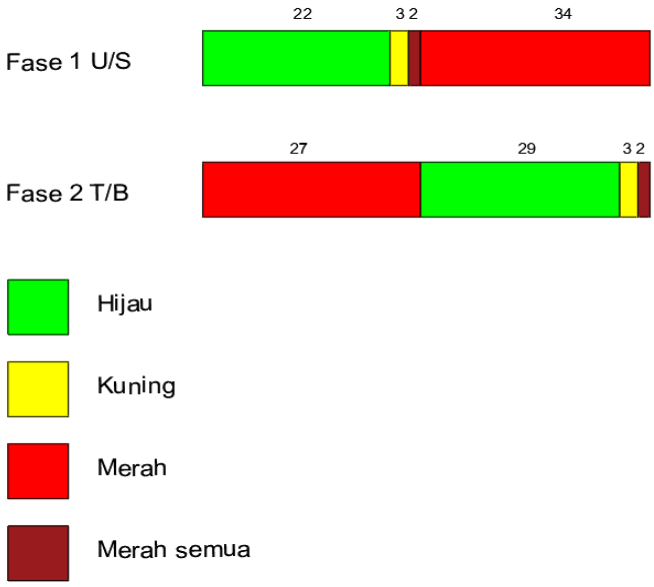
      = (61 x 10) x 0,577

= 29 detik

Pada alternatif kedua kali ini menggunakan waktu siklus sebesar 61 detik, berdasarkan perhitungan menggunakan PKJI 2023 didapat waktu hijau pada lengan Utara dan Selatan sebesar 22 detik, lengan Timur dan Barat sebesar 29 detik. Hasil perhitungan dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.32 Sebegai berikut.

Tabel 5. 19 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif II

Kode Pendekat	Fase	Waktu (detik)			Waktu Siklus (detik)
		Hijau	Kuning	*Allred*	
Utara	Fase 1	22	3	2	61
Selatan		22	3	2	61
Timur	Fase 2	29	3	2	61
Barat		29	3	2	61



Gambar 5. 32 Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Alternatif II

Perhitungan kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif solusi kedua ini dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

1. Kapasitas (C)

   a. Lengan Utara & Selatan

   C $= J\ x\ \frac{WH}{S}$

   $= 2790 \text{ x } \frac{22}{61}$

   = 987 smp/jam

   b. Lengan Timur & Barat

   C $= J\ x\ \frac{WH}{S}$

   $= 2511 \text{ x } \frac{29}{61}$

   = 1211 smp/jam

2. Derajat jenuh (D_J)

   a. Lengan Utara

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

   $= \frac{689}{987}$

   = 0,698

   b. Lengan Timur

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

   $= \frac{659}{1211}$

   = 0,544

   c. Lengan Selatan

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

   $= \frac{793}{987}$

   = 0,804

   d. Lengan Barat

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

   $= \frac{973}{1211}$

   = 0,804

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif solusi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh Alternatif II

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Jenuh
Jalan Kertajati (Utara)	987	0,698
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	1211	0,544
Jalan Majalengka (Selatan)	987	0,804
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	1211	0,804

Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode PKJI 2023 dan perangkat lunak VISSIM, didapat panjang antrian, tundaan, tingkat pelayanan, dan derajat kejenuhan yang sudah berkurang cukup signifikan. Hasil yang didapat sudah dapat memenuhi syarat yang ditentukan. Berikut ini hasil analisis dari metode PKJI 2023 dan perangkat lunak VISSIM.

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Analisis Kinerja Alternatif II

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kertajati (Utara)	19,37	14,03	B	18,002	C
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	26,88	18,75	C		
Jalan Majalengka (Selatan)	18,30	13,84	B		
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	89,39	25,43	D		

Berdasarkan Tabel 5.21 diatas terlihat bahwa perubahan waktu siklus dengan mengikuti batasan yang disarankan pada PKJI 2023 untuk simpang bersinyal

pengaturan dua fase yaitu waktu siklus 40-80 detik, pada alternatif solusi kedua ini hampir sama dengan hasil alternatif solusi satu. Hasil diatas terlihat bahwa perubahan waktu siklus yang dilakukan pada Simpang Kadipaten. Berdasarkan hasil simulasi VISSIM didapat panjang antrean pada lengan Utara 19,37, lengan Timur 26,88, lengan Selatan 18,30, lengan Barat 89,39. Berdasarkan hasil simulasi VISSIM didapatkan tundaan pada lengan Utara 14,03, lengan Timur 18,75, lengan Selatan, 13,84, lengan Barat 25,43. Berdasarkan hasil di atas didapat tingkat pelayanan untuk lengan Utara B, lengan Timur C, lengan Selatan B, lengan Barat D. berdasarkan tundaan di Simpang Kadipaten sebesar 18,002 dengan tingkat pelayanan C yang dimana dengan perubahan waktu siklus sudah dapat mengurangi panjang antrean, dan tundaan yang membuat derajat kejenuhan pada simpang tersebut memenuhi syarat dibawah 0,85.

5.5.3 Alternatif Solusi III

Alternatif solusi ketiga pada penelitian kali ini adalah mengubah fase pada Simpang Kadipaten yang sebelumnya dua fase menjadi empat fase sinyal. Perhitungan waktu hijau pada alternatif solusi ketiga dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

1. Menghitung rasio arus simpang dan rasio fase

   Perhitungan rasio arus dapat dilihat sebagai berikut.

   a. Lengan Utara

      R $= \frac{q}{J}$

      $= \frac{632}{2790}$

      R_{AS} = 0,227

   b. Lengan Timur

      R $= \frac{q}{J}$

      $= \frac{621}{2511}$

      R_{AS} = 0,247

   c. Lengan Selatan

      R $= \frac{q}{J}$

$$= \frac{503}{2790}$$

R_{AS} = 0,180

d. Lengan Barat

$$R = \frac{q}{J}$$

$$= \frac{523}{2511}$$

R_{AS} = 0,208

Nilai rasio arus simpang didapatkan dengan menjumlahkan seluruh nilai rasio arus pada setiap lengan. Perhitungan rasio arus simpang dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

$$R_{AS} = \sum(R_{AS})$$

$$= (0,227 + 0,247 + 0,180 + 0,208)$$

$$= 0,862$$

Perhitungan rasio fase dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$R_F = \frac{\frac{Rq}{j}kritis}{RAS}$$

$$= \frac{0,227}{0,862}$$

$$= 0,263$$

b. Lengan Timur

$$R_F = \frac{\frac{Rq}{j}kritis}{RAS}$$

$$= \frac{0,247}{0,862}$$

$$= 0,287$$

c. Lengan Selatan

$$R_F = \frac{\frac{Rq}{j}kritis}{RAS}$$

$$= \frac{0,180}{0,862}$$

= 0,209

d. Lengan Barat

$R_F = \frac{\frac{Rq}{j}kritis}{RAS}$

$= \frac{0,208}{0,862}$

= 0,242

2. Menghitung Waktu Siklus

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dilihat sebagai berikut.

$s = \frac{1,5 \text{ x } Whh + 5)}{\left(1 - \frac{\sum Rq}{j}kritis\right)}$

$= \frac{1,5 \text{ x } 20 + 5)}{(1 - 0,862)}$

= 255 detik

Perhitungan waktu hijau untuk setiap lengan dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$W_{hi} = (s - W_{HH}) \text{ x } R_F$

= (255 x 20) x 0,263

= 62 detik

b. Lengan Timur

$W_{hi} = (s - W_{HH}) \text{ x } R_F$

= (255 x 20) x 0,287

= 67 detik

c. Lengan Selatan

$W_{hi} = (s - W_{HH}) \text{ x } R_F$

= (255 x 20) x 0,209

= 49 detik

d. Lengan Barat

$W_{hi} = (s - W_{HH}) \text{ x } R_F$

= (255 x 20) x 0,242

= 57 detik

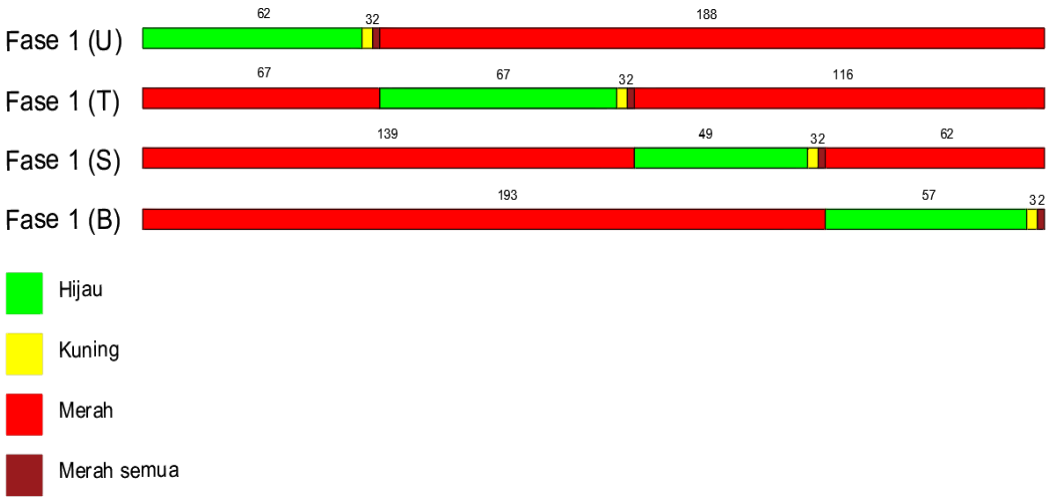
Waktu siklus yang disesuaikan didapat dengan menjumlahkan seluruh waktu hijau dengan waktu hilai total per siklus. Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

$$s = \sum W_{Hi} + W_{HH}$$
$$= (62 + 67 + 49 + 57) + 20$$
$$= 255 \text{ detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan PKJI 2023 didapat waktu siklus sebesar 255 detik dengan waktu hijau pada lengan Utara menjadi 62 detik, lengan Timur menjadi 67 detik, lengan Selatan menjadi 49 detik, dan lengan Barat menjadi 57 detik. Hasil perhitungan waktu siklus dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Gambar 5.33 sebagai berikut.

Tabel 5. 22 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif III

Kode Pendekat	Fase	Waktu (detik)			Waktu Siklus (detik)
		Hijau	Kuning	*Allred*	
Utara	Fase 1	62	3	2	255
Timur	Fase 2	67	3	2	255
Selatan	Fase 3	49	3	2	255
Barat	Fase 4	57	3	2	255



Gambar 5. 33 Diagram Fase Sinyal Lalu Lintas Alternatif III

Berubahnya fase di Simpang Kadipaten yang sebelumnya 2 fase menjadi 4 fase mengakibatkan perubahan kapasitas pada alternatif ketiga. Perubahan kapasitas simpang berpengaruh kepada derajat jenuh simpang tersebut, sehingga diperlukan analisis kembali menggunakan PKJI 2023 untuk menghitung kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif ketiga Simpang Kadipaten. Perhitungan

1. Kapasitas (C)
   a. Lengan Utara

      C $= J \, x \, \frac{WH}{S}$

      $= 2790 \text{ x } \frac{62}{255}$

      = 675 smp/jam

   b. Lengan Timur

      C $= J \, x \, \frac{WH}{S}$

      $= 2511 \text{ x } \frac{67}{255}$

      = 663 smp/jam

   c. Lengan Selatan

      C $= J \, x \, \frac{WH}{S}$

      $= 2790 \text{ x } \frac{49}{255}$

      = 537 smp/jam

   d. Lengan Barat

      C $= J \, x \, \frac{WH}{S}$

      $= 2511 \text{ x } \frac{57}{255}$

      = 559 smp/jam

2. Derajat jenuh (D_J)
   a. Lengan Utara

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

      $= \frac{632}{675}$

      = 0,936

b. Lengan Timur

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

$= \frac{621}{663}$

$= 0{,}936$

c. Lengan Selatan

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

$= \frac{503}{537}$

$= 0{,}936$

d. Lengan Barat

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

$= \sum \frac{523}{559}$

$= 0{,}936$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat jenuh untuk alternatif solusi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Jenuh Alternatif III

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Jenuh
Jalan Kertajati (Utara)	675	0,936
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	663	0,936
Jalan Majalengka (Selatan)	437	0,936
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	559	0,936

Setelah mendapatkan waktu siklus hasil perhitungan berdasarkan PKJI 2023, kemudian dilakukan simulasi pemodelan dengan menggunakan *software* VISSIM untuk mendapatkan kinerja Simpang Kadipaten berdasarkan data dari alternatif solusi ketiga. *Running* simulasi pada VISSIM dilakukan sebanyak 5 kali yang kemudian dirata-rata untuk mendapatkan hasil akhir dari simulasi pemodelan pada

VISSIM. Hasil simulasi pemodelan alternatif pertama menggunakan *software* VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

   Panjang antrean (*queue length*) alternatif ketiga hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

Tabel 5. 24 Panjang Antrean Alternatif III

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Kertajati (Utara)	115,34	115,96	70,51	77,77	89,07	93,73
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	50,51	102,82	68,80	83,73	92,70	79,71
Jalan Majalengka (Selatan)	118,83	113,18	79,44	89,27	94,22	98,98
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	164,72	175,66	125,38	139,64	149,79	151,03

   Berdasarkan Tabel 5.24 didapat panjang antrean pada lengan Utara sebesar 93,73 m, lengan Timur sebesar 79,71 m, lengan Selatan sebesar 98,98 m, lengan Barat sebesar 151,03 m.

2. Tundaan

   Tundaan (*delay*) alternatif ketiga hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5. 25 Tundaan Alternatif III

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Kertajati (Utara)	88,79	99,33	102,90	83,09	110,81	96,98
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	108,86	66,53	65,58	72,81	68,29	76,41
Jalan Majalengka (Selatan)	84,38	120,67	85,76	90,54	90,30	94,33
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	167,45	189,29	209,04	158,49	158,04	176,46

Berdasarkan Tabel 5.25 didapat nilai tundaan pada lengan Utara sebesar 96,98 det/kend, lengan Timur sebesar 76,41 det/kend, lengan Selatan sebesar 94,33 det/kend, lengan Barat sebesar 176,46 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) untuk Simpang Kadipaten dengan menggunakan alternatif solusi ketiga hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut.

Tabel 5. 26 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi III

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kertajati (Utara)	93,73	96,98	108,45	F
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	79,71	76,41		
Jalan Majalengka (Selatan)	98,98	94,33		
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	151,03	176,46		

Berdasarkan Tabel 5.26 didapat tingkat pelayanan pada alternatif ketiga adalah F yang menunjukan waktu tunggu per kenderaan adalah lebih dari 40 sampai 60 detik. dapat disimpulkan bahwan alternatif solusi ketiga tidak mengalami kenaikan tingkat pelayanan dibandingkan dengan kondisi eksisting Simpang Kadipaten. Nilai derajat jenuh

5.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil eksisting di atas perbandingan hasil analisis PKJI 2023 dan simulasi pemodelan menggunakan *software* VISSIM, didapat beberapa alternatif solusi dengan hasil yang berbeda. Alternatif solusi I melakukan pelebaran 1meter pada lengan Timur dan lengan Barat dan mengubah waktu siklus berdasarkan perhitungan PKJI 2023, didapat waktu siklus sebesar 50 detik. Alternatif solusi II menggunakan solusi yang mirip seperti solusi I tetapi terdapat perbedaan yaitu pada alternatif solusi II tidak melakukan pelebaran di lengan Timur dan lengan Barat, akan tetapi pada alternatif solusi II merubah waktu siklus berdasarkan perhitungan

PKJI 2023, didapat waktu siklus sebesar 61 detik. Alternatif solusi III mengguanakan solusi perubah fase yang sebelumnya 2 fase menjadi 4 dan waktu siklus yang digunakan merupakan hasil perhitungan berdasarkan PKJI 2023, didapat waktu siklus sebesar 255 detik. Perbandingan kinerja setiap alternatif untuk Simpang Kadipaten dapat dilihat sebagai berikut.

1. Derajat Jenuh

   Derajat jenuh merupakan rasio antara arus lalu lintas dengan kapasitas pada suatu lengan. Derajat jenuh didapatkan dengan melakukan analisis kinerja menggunakan PKJI 2023. Perbandingan derajat jenuh setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5. 27 Perbandingan Derajat Jenuh Setiap Alternatif

Pendekat	Derajat Jenuh			
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III
Jalan Kertajati (Utara)	0,701	0,653	0,698	0,936
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	0,700	0,508	0,544	0,936
Jalan Majalengka (Selatan)	0,807	0,751	0,804	0,936
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	1.033	0,751	0,804	0,936

Berdasarkan Tabel 5.27 dapat dikertahui perbedaan nilai derajat jenuh setiap alternatif solusi untuk Simpang Kadipaten. Nilai derajat jenuh paling rendah didapatkan pada alternatif solusi I dengan nilai 0,508, sedangkan nilai derajat jenuh tertinggi didapatkan pada alternatif solusi III dengan nilai derajat jenuh 0,936. Alternatif III memiliki nilai derajat jenuh yang tinggi diakibatkan kapasitas lebih rendah dibandingkan alternatif solusi yang lainya dan nilai kapasitas yang rendah tersebut diakibatkan karena kecilnya rasio waktu hijau terhadap waktu siklus karena terdapat perubahan fase dua menjadi empat fase dibandingkan dengan alternatif solusi yang lainya. Sebaliknya, alternatif solusi I memiliki nilai derjat jenuh yang lebih rendah karena nilai kapasitas

simpang lebih tinggi, hal tersebut terjadi karena terdapat pelebaran jalur yang digunakan.

2. Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan ukuran panjang dari suatu antrean pada saat lampu sinyal berwarna merah. Pada simulasi VISSIM diambil panjang antrean rata-rata untuk mengetahui kinerja simpangnya. Perbandingan panjang antrean setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.28 sebagai berikut.

Tabel 5. 28 Perbandingan Panjang Antrean Setiap Alternatif

Pendekat	Panjang Antrean (m)			
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III
Jalan Kertajati (Utara)	57	11,23	19,37	93,73
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	76	13,87	26,88	79,71
Jalan Majalengka (Selatan)	63	9,43	18,30	98,98
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	109	71,95	89,39	151,03

Berdasarkan Tabel 5.28 dapat diketahui bahwa setiap alternatif memiliki panjang antrean yang berbeda, panjang antrean tertinggi didapat pada alternatif solusi III dengan panjang antrean tertinggi sebesar 151,03 m, sedangkan panjang antrean terendah didapat pada alternatif solusi I dengan panjang antrean tertinggi sebesar 71,95 meter. berdasarkan hipotesa penulis, nilai panjang antrean berpengaruh terhadap waktu merah digunakan, semakin besar waktu siklus suatu simpang maka waktu merah yang terjadi akan semakin lama pula sehingga antrean kendaraan dapat terjadi lebih panjang, begitu juga sebaliknya, selain itu lebar efektif tiap lengan juga mempengaruhi panjang antrean yang terjadi pada lengan tersebut, seperti pada alternatif solusi I yang melakukan pelebaran jalur pada lengan Timur dan lengan Barat.

3. Tundaan Simpang

Tundaan lalu lintas merupakan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menunggu akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Pada simulasi VISSIM diambil tundaan rata-rata untuk mengetahui kinerja simpangnya. Perbandingan tundaan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5. 29 Perbandingan Tundaan Setiap Alternatif

Pendekat	Tundaan (det/kend)			
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III
Jalan Kertajati (Utara)	39,6	11,23	14,03	96,98
Jalan Cirebon-Bandung (Timur)	54,85	11,41	18,75	76,41
Jalan Majalengka (Selatan)	32,44	9,69	13,84	94,33
Jalan Cirebon-Bandung (Barat)	97,62	23,88	25,43	176,46

Berdasarkan Tabel 5.29 didapat tundaan tertinggi pada alternatif solusi III dengan tundaan simpang sebesar 176,46 det/kend. Sedangkan tundaan terendah didapat 11,23 det/kend. Sama seperti panjang antrean, waktu siklus, pengaturan fase, dan lebar jalur memengaruhi nilai dari tundaan, semakin besar waktu siklusnya maka semakin lama waktu merah pada lengan tersebut sehingga panjang antrean akan semakin panjang dan kemungkinan kendaraan tekendala waktu merah dua kali akan semakin besar. Semakin lebar jalan pada suatu lengan maka kapasitas pada lengan tersebut akan semakin tinggi sehingga tundaan yang terjadi pada lengan tersebut akan semakin rendah. Hal ini juga terjadi pada penelitian oleh (Purnama, 2022), dimana semakin panjang antrean kendaraan yang terjadi maka semakin besar nilai tundaanya.

4. Tingkat Pelayanan

Pada kondisi eksiting, Simpang Kadipaten memiliki tingkat pelayanan F yang didapat dari nilai tundaan simpangnya sebesar 60,10 det/kend. Berapa tingkat

pelayanan pada alternatif solusi tifak mengalami perubahan yang lebih baik. Perbandingan tingkat pelayanan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut.

Tabel 5. 30 Perbandingan Tingkat Pelayanan Setiap Alternatif

Tingkat Pelayanan			
Eksiting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III
F	B	C	F

Berdasarkan Tabel 5.30 dapat diketahui tingkat pelayanan pada lengan alternatif solusi I didapatkan tingkat pelayanan B, alternatif solusi II didapatkan tingkat pelayanan C, alternatif solusi III didapatkan tingkat pelayanan F. Peningkatan pelayanan terjadi pada alternatif solusi I dan alternatif solusi II, dimana pada kedua alternatif tersebut dilakukan pelebaran jalur dan pengubahan waktu siklu sehingga tundaan yang terjadi pada kedua alternatif tersebut lebih kecil dibandingkan alternatif solusi lainya. Pada alternatif III memiliki tingkat pelayanan yang sama dengan kondisi eksisting. Sehingga dari semua alternatif yang telah dilakukan, alternatif yang memenuhi minimal tingkat pelayanan pada Simpang Kadipaten merupakan alternatif solusi kedua dengan tingkat pelayanan C.

Berdasarkan hasil perbandingan kinerja seluruh alternatif pada Tabel 5.17 sampai dengan Tabel 5.30, alternatif 1 merupakan alternatif solusi terbaik, sedangkan untuk alternatif 2 dapat dipertimbangkan sebagai alternatif solusi yang lebih realistis dilakukan untuk saat ini. Alternatif 2 dipilih sebagai alternatif solusi terbaik karena hanya melakukan perubahan waktu siklus sesuai persyaratan PKJI 2023. Perubahan pada alternatif 2 yaitu perubahan waktu siklus memiliki nilai rata-rata panjang antrean terendah sebesar 42 m berdasarkan perhitungan PKJI 2023 dan 18,30 m berdasarkan VISSIM, tundaan pada alternatif 2 merupakan yang terendah, yaitu sebesar 14,7 det/SMP berdasarkan perhitungan PKJI 2023 dengan tingkat pelayanan B, dan 13,84 det/SMP berdasarkan VISSIM dengan tingkat pelayanan B. Derajat

jenuh (D_J) alternatif 2 sebesar 0,712, masih memenuhi kriteria yang diterapkan pada PKJI 2023 yaitu ≤ 0,85. Secara keseluruhan kinerja simpang dari kondisi eksisting ke alternatif 2 mengalami peningkatan.

Evaluasi kinerja Simpang Kadipaten masih bisa dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat melebihi tingkat pelayanan minimal yang telah ditetapkan pada Peraturan Mentri Perhubungan 2015. Setelah alternatif 2 tidak lagi relevan evaluasi berikut dapat mempertimbangkan alternatif 1, yaitu dengan melakukan pelebaran pada lengan Barat dan lengan Timur sebesar 1 m dengan derajat jenuh (D_J) rata-rata sebesar 0,666, dapat dipertimbangkan sebagai solusi pada tahun-tahun mendatang. Evaluasi berikutnya dapat mengusulkan dalam perbaikannya perlu mempertimbangkan biaya pembangunan, perubahan geomtri simpang, dampak dan akibat dari perubahan geometri.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis Simpang Kadipaten berdasarkan metode PKJI 2023 dan perangkat lunak *software* VISSIM diperoleh Kesimpulan seperti berikut.

1. Berdasarkan PKJI 2023, Simpang Kadipaten pada kondisi eksisting didapat Derajat Jenuh (D_J) untuk Jalan Kertajati (lengan Utara) memiliki derajat jenuh sebesar 0,701, Jalan Cirebon – Bandung (lengan Timur) memiliki derajat jenuh sebesar 0,700, Jalan Majalengka (lengan Selatan) memiliki derajat jenuh sebesar 0,807, dan Jalan Cirebon – Bandung (lengan Barat) memiliki derajat jenuh sebesar 1,033. Tundaan simpang didapat sebesar 60,10 det/kend dengan tingkat pelayanan F.
2. Berdasarkan pemodelan VISSIM, alternatif solusi penanganan Simpang Kadipaten yang paling efektif yaitu alternatif solusi 2. Alternatif tersebut berupa menyesuaikan waktu siklus berdasarkan PKJI 2023, waktu yang digunakan sebesar 61 detik. Hasil dari alternatif tersebut diperoleh Derajat Jenuh (D_J) untuk Jalan Kertajati (lengan Utara) sebesar 0,698, Jalan Cirebon-Bandung (lengan Timur) sebesar 0,544, Jalan Majalengka (lengan Selatan) sebesar 0,804, dan Jalan Cirebon-Bandung (lengan Barat) sebesar 0,804. Tundaan simpang didapat sebesar 18,002 det/kend dengan tingkat pelayanan C.

6.2 Saran

Berikut ini beberapa saran berdasarkan hasil penilitian yang dapat dilakukan untuk menjadi bahan evaluasi maupun referensi bagi penelitian yang akan datang.

1. Untuk intansi terkait dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi untuk meningkatkan kinerja Simpang Kadipaten

2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengamatan kuantitatif dalam survei hambatan samping dengan menghitung frekuensi setiap jenis hambatan samping sesuai pedoman PKJI 2023.
3. Penelitian selanjutnya pada Simpang Kadipaten, sebaiknya penerapan kendaraan yang keluar dan masuk Pasar Tradisional Kadipaten.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurahim. (2023). Simpang Tugu Kujang Penyebab Kemacetan, Bupati Majalengka Kirim Surat ke Pemprov Jabar. Rakcer.Id. Majalengka.

Ardy. (2021). Studi Perencanaan Simpang Koordinasi Jl. Dr. Soetomo – Jl. RA. Kartini – Jl. Pandegiling di Kota Surabaya. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi). Surabaya.

Bachrul A. P. (2022). Evaluasi Dan Peningkatan Kinerja Simpan Bersinyal Denggung Vol. 2, No.2. Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. Yogyakarta.

Bambang. (2023). Analisis Dan Simulasi Kecepatan Lalu-Lintas Pada Simpang Jalan Menggunakan Perangkat Lunak Ptv Vissim Student Version (Studi Kasus: Simpang Bergota, Kota Semarang)*Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*.

Bimantoro, A. T. (2016). Evaluasi dan Rekayasa Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Pingit Kota Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. Yogyakarta.

Dan, E., Ulang, D., & Km, S. (2018). Evaluasi Dan Desain Ulang Simpang 0 Km Yogyakarta *(Evaluation And Redesihn Of 0 Km Yogyakarta Intersection Using Roundabout).* Yogyakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Kementerian PUPR, 2(21), 352.

Ekiciputra. (2022). Analisis Kinerja Tugu Menggunakan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (Studi Kasus: Tugu Saronde Kota Gorontalo). *(Studi Kasus: Bundaran Saronde Composite Journal, 2(2), 32–39.* Gorontalo.

Harfat, Jannah, A. N., & Prayitno, P. A. (2024). Analisis Kinerja dan Pemodelan Simpang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal Jokteng Wetan Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. Yogyakarta.

Kementrian Perhubungan. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. In Jakarta.

Majalengka.bps.go.id. (2023). majalengkakab.bps.go.id.

Nurcahyo, 2021. (2021). Kinerja Koordinasi Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Bersinyal UIN Sunan Kalijaga dengan Simpang Bersinyal Demangan). Yogyakarta.

Pribadi, dkk. (2020). Koordinasi Empat Simpang Bersinyal Untuk Kelancaran Arus Lalu Lintas Di Kota Banjarmasin. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat Volume 14, No, 2*. Kalimantan.

Prima J. Romadhona, dan Tsaqif Nur Ikhsan, D. P. (2019). *Aplikasi Permodelan LAlu Lintas: PTV VISSIM 9.0 (Modelling Basic Using Microscopic Trafi c Flow Simulation)*. *PTV Vissim 9.0*. *UII Press Yogyakarta* (pp. 1–134). Yogyakarta.

Purnama, B. A. (2022). Studi Kasus: *Evaluasi Dan Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Denggung Sleman (Performance Evaluation and Improvementof Signalized Intersection At Denggung Sleman)*. Yogyakarta.

Ratnaningsih, D. (2020). Koordinasi Sinyal Simpang Jalan Yang Berdekatan Dengan Permodelan Vissim: Study Kasus Simpang Pandanaran Dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*. Yogyakarta

Zaki. (2020). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta Volume 37 No 88. *Jurnal Teknik Sipil*. Yogyakarta.

Hermawan, D., Sulistiani, T., & Prayitno, A. (2023). Evaluasi Kinerja Bundaran Taman Dirgantara Kabupaten Majalengka. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil STTC*, *01*(01), 20–31. Majalengka.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei Volume Lalu Lintas Lengan Utara

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	UTARA											
SIMPANG	Jl. Kertajati - Kadipaten											
Jam	Pagi											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	83	38	1	122	131	56	8	195	81	59	1	141
06.15-06.30	86	36	0	122	109	41	8	158	91	46	2	139
06.30-06.45	89	39	7	135	111	41	3	155	90	47	1	138
06.45-07.00	88	21	8	117	124	41	4	169	85	42	2	129
07.00-07.15	91	23	3	117	119	47	4	170	79	54	4	137
07.15-07.30	89	28	1	118	121	42	6	169	83	42	7	132
07.30-07.45	87	26	2	115	117	47	5	169	73	44	2	119
07.45-08.00	89	29	1	119	126	46	8	180	85	41	4	130
08.00-08.15	84	22	3	109	137	42	2	181	81	58	9	148
08.15-08.30	83	28	1	112	124	47	6	177	72	41	2	115
08.30-08.45	81	29	5	115	139	48	3	190	78	37	5	120
08.45-09.00	82	29	1	112	123	52	8	183	85	47	3	135

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	SELATAN											
SIMPANG	Jl. Majalengka											
Jam	Pagi											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	44	26	2	72	151	44	3	198	32	33	5	70
06.15-06.30	54	23	0	77	119	46	4	169	44	39	5	88
06.30-06.45	34	21	0	55	114	43	6	163	30	35	14	79
06.45-07.00	46	29	3	78	108	48	7	163	46	38	16	100
07.00-07.15	48	23	0	71	127	42	2	171	39	42	7	88
07.15-07.30	41	26	0	67	125	39	6	170	42	33	11	86
07.30-07.45	58	21	1	80	118	36	2	156	44	29	12	85
07.45-08.00	55	27	0	82	108	37	3	148	35	31	18	84
08.00-08.15	45	29	0	74	127	37	4	168	46	48	16	110
08.15-08.30	41	21	1	63	103	35	9	147	39	37	6	82
08.30-08.45	39	27	2	68	101	32	2	135	41	29	2	72
08.45-09.00	33	18	2	53	100	36	6	142	44	31	4	79

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	TIMUR											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Pagi											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	123	42	8	173	85	11	24	120	23	1	0	24
06.15-06.30	113	38	3	154	71	9	18	98	11	6	1	18
06.30-06.45	109	41	5	155	73	11	27	111	21	3	0	24
06.45-07.00	121	32	0	153	68	13	23	104	19	9	0	28
07.00-07.15	127	29	3	159	61	15	13	89	21	2	0	23
07.15-07.30	119	27	4	150	71	7	9	87	29	0	2	31
07.30-07.45	113	33	7	153	83	18	13	114	21	4	0	25
07.45-08.00	112	31	1	144	81	11	19	111	25	13	1	39
08.00-08.15	103	23	0	126	79	13	21	113	19	1	0	20
08.15-08.30	105	28	3	136	67	7	17	91	14	6	0	20
08.30-08.45	126	26	1	153	88	4	18	110	27	2	3	32
08.45-09.00	117	21	2	140	64	3	13	80	23	14	0	37

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	BARAT											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Pagi											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	33	12	14	59	97	28	24	149	77	16	5	98
06.15-06.30	41	19	18	78	101	23	26	150	67	13	7	87
06.30-06.45	31	23	11	65	91	28	27	146	57	16	8	81
06.45-07.00	39	12	6	57	98	21	21	140	52	13	4	69
07.00-07.15	21	7	9	37	89	13	19	121	76	21	6	103
07.15-07.30	19	15	4	38	79	11	17	107	66	17	2	85
07.30-07.45	11	5	6	22	93	19	23	135	79	23	1	103
07.45-08.00	25	13	2	40	79	24	27	130	69	15	0	84
08.00-08.15	29	5	1	35	81	29	15	125	57	11	0	68
08.15-08.30	24	8	0	32	89	18	13	120	69	19	4	92
08.30-08.45	17	4	0	21	91	27	19	137	71	13	2	86
08.45-09.00	9	16	3	28	93	8	21	122	63	9	0	72

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	UTARA											
SIMPANG	Jl. Kertajati - Kadipaten											
Jam	Pagi											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	47	28	1	76	93	27	3	123	23	12	14	49
06.15-06.30	35	11	1	47	98	28	8	134	31	15	11	57
06.30-06.45	43	14	0	57	87	34	4	125	37	19	8	64
06.45-07.00	38	18	0	56	101	38	3	142	20	23	15	58
07.00-07.15	42	15	2	59	107	29	8	144	14	17	21	52
07.15-07.30	24	14	1	39	113	23	1	137	31	20	27	78
07.30-07.45	54	18	1	73	102	28	6	136	39	25	16	80
07.45-08.00	38	15	0	53	109	17	3	129	30	21	13	64
08.00-08.15	41	11	0	52	119	28	1	148	23	11	23	57
08.15-08.30	19	8	0	27	97	27	7	131	26	16	8	50
08.30-08.45	24	17	1	42	103	22	2	127	28	13	11	52
08.45-09.00	35	9	0	44	97	35	1	133	24	17	14	55

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	SELATAN											
SIMPANG	Jl. Majalengka											
Jam	Pagi											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	67	18	1	86	74	51	2	127	97	37	0	134
06.15-06.30	75	11	1	87	72	60	10	142	102	29	3	134
06.30-06.45	68	8	2	78	96	69	22	187	88	59	6	153
06.45-07.00	71	25	0	96	97	68	3	168	104	44	4	152
07.00-07.15	85	14	0	99	108	65	2	175	98	42	2	142
07.15-07.30	45	4	0	49	89	56	2	147	105	50	4	159
07.30-07.45	85	7	1	93	66	62	6	134	98	46	2	146
07.45-08.00	59	15	4	78	75	62	6	143	106	51	3	160
08.00-08.15	86	14	2	102	91	53	2	146	78	49	4	131
08.15-08.30	35	18	2	55	101	54	1	156	89	54	2	145
08.30-08.45	75	11	1	87	98	57	5	160	71	47	1	119
08.45-09.00	81	10	4	95	87	59	2	148	84	35	4	123

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	TIMUR											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Pagi											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	79	44	0	123	71	23	32	126	12	30	1	43
06.15-06.30	77	30	1	108	102	27	35	164	14	23	0	37
06.30-06.45	87	35	0	122	90	33	18	141	7	32	0	39
06.45-07.00	83	32	0	115	92	39	15	146	8	37	0	45
07.00-07.15	71	42	0	113	97	41	7	145	9	39	0	48
07.15-07.30	76	37	0	113	86	31	25	142	4	31	1	36
07.30-07.45	80	30	1	111	71	21	19	111	17	34	3	54
07.45-08.00	73	24	0	97	84	27	23	134	19	45	1	65
08.00-08.15	85	28	1	114	92	25	27	144	13	33	0	46
08.15-08.30	89	20	0	109	104	28	12	144	21	49	0	70
08.30-08.45	97	48	0	145	97	30	11	138	6	45	1	52
08.45-09.00	91	25	2	118	86	29	17	132	11	41	0	52

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	BARAT											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Pagi											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
06.00-06.15	59	31	14	104	60	20	11	91	49	32	8	89
06.15-06.30	47	28	21	96	51	22	22	95	70	31	4	105
06.30-06.45	43	15	12	70	65	30	35	130	59	32	5	96
06.45-07.00	53	26	10	89	73	23	27	123	56	35	5	96
07.00-07.15	38	35	9	82	64	29	20	113	60	46	2	108
07.15-07.30	58	23	23	104	69	37	18	124	61	47	7	115
07.30-07.45	41	21	28	90	87	35	34	156	57	28	0	85
07.45-08.00	39	17	18	74	61	31	29	121	53	34	0	87
08.00-08.15	45	18	13	76	80	48	35	163	58	33	2	93
08.15-08.30	49	10	26	85	61	45	14	120	45	22	0	67
08.30-08.45	57	28	17	102	71	57	21	149	53	28	3	84
08.45-09.00	61	25	14	100	66	42	11	119	63	17	5	85

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	UTARA											
SIMPANG	Jl. Kertajati - Kadipaten											
Jam	Siang											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
11.00-11.15	15	9	0	24	111	54	15	180	21	10	1	32
11.15-11.30	19	13	0	32	103	56	8	167	18	12	3	33
11.30-11.45	11	10	3	24	67	47	8	122	10	18	10	38
11.45-12.00	23	12	0	35	79	55	5	139	13	20	8	41
12.00-12.15	23	14	9	46	78	41	6	125	15	12	13	40
12.15-12.30	27	23	5	55	104	41	4	149	13	19	14	46
12.30-12.45	18	14	10	42	88	39	9	136	26	17	29	72
12.45-13.00	12	10	15	37	104	32	8	144	25	7	13	45

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	SELATAN											
SIMPANG	Jl. Kertajati - Kadipaten											
Jam	Siang											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
11.00-11.15	51	19	4	74	131	55	4	190	118	39	1	158
11.15-11.30	54	45	9	108	137	74	7	218	107	40	1	148
11.30-11.45	41	24	7	72	141	57	10	208	114	50	6	170
11.45-12.00	52	28	3	83	112	43	2	157	125	35	2	162
12.00-12.15	77	31	5	113	137	76	8	221	128	42	3	173
12.15-12.30	63	22	6	91	128	43	7	178	113	29	4	146
12.30-12.45	55	34	4	93	122	49	8	179	119	32	1	152
12.45-13.00	72	27	3	102	107	47	3	157	104	20	0	124

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	TIMUR											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Siang											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
11.00-11.15	80	71	1	152	112	46	20	178	3	21	0	24
11.15-11.30	81	50	2	133	100	30	21	151	7	23	0	30
11.30-11.45	77	62	1	140	115	36	17	168	3	19	2	24
11.45-12.00	45	39	3	87	98	26	13	137	8	12	1	21
12.00-12.15	35	29	1	65	102	31	14	147	3	17	0	20
12.15-12.30	47	37	0	84	92	23	19	134	2	19	0	21
12.30-12.45	25	30	1	56	107	33	24	164	1	23	5	29
12.45-13.00	38	41	0	79	114	27	12	153	9	12	1	22

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	BARAT'											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Siang											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
11.00-11.15	21	15	16	52	89	41	32	162	59	26	7	92
11.15-11.30	17	12	15	44	65	34	27	126	43	32	6	81
11.30-11.45	9	19	5	33	78	42	38	158	37	12	1	50
11.45-12.00	13	21	17	51	71	37	24	132	49	26	0	75
12.00-12.15	19	18	9	46	80	42	20	142	56	29	0	85
12.15-12.30	19	13	8	40	43	48	12	103	59	33	2	94
12.30-12.45	18	14	10	42	65	31	36	132	67	26	1	94
12.45-13.00	12	10	15	37	32	41	31	104	51	38	5	94

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	UTARA											
SIMPANG	Jl. Kertajati - Kadipaten											
Jam	Siang											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
11.00-11.15	66	14	1	81	88	51	4	143	30	34	9	73
11.15-11.30	79	23	2	104	112	45	8	165	45	41	15	101
11.30-11.45	66	16	1	83	114	47	11	172	47	32	18	97
11.45-12.00	56	26	0	82	124	35	9	168	33	28	8	69
12.00-12.15	62	23	2	87	100	42	5	147	29	31	14	74
12.15-12.30	66	20	1	87	91	54	3	148	31	32	21	84
12.30-12.45	72	12	1	85	101	58	7	166	38	28	19	85
12.45-13.00	54	11	0	65	109	68	1	178	37	12	17	66

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	SELATAN											
SIMPANG	Jl. Majalengka											
Jam	Siang											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
11.00-11.15	66	22	5	93	89	49	7	145	67	29	4	100
11.15-11.30	69	15	5	89	104	63	7	174	103	39	4	146
11.30-11.45	76	26	6	108	84	47	4	135	87	35	4	126
11.45-12.00	66	36	3	105	76	51	1	128	89	32	0	121
12.00-12.15	62	32	2	96	89	58	6	153	98	41	2	141
12.15-12.30	68	28	4	100	100	36	7	143	63	47	4	114
12.30-12.45	63	34	2	99	80	34	6	120	74	21	1	96
12.45-13.00	67	38	1	106	69	30	7	106	59	32	2	93

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	**TIMUR**											
SIMPANG	**Jl. Cirebon - Bandung**											
Jam	**Siang**											
Tanggal	**10/02/2024**											
PERIODE WAKTU	**Belok Kiri (kend/jam)**				**Lurus (kend/jam)**				**Belok Kanan (kend/jam)**			
	SM	**MP**	**KS**	**Total**	**SM**	**MP**	**KS**	**Total**	**SM**	**MP**	**KS**	**Total**
11.00-11.15	48	29	12	89	57	31	28	116	12	34	0	46
11.15-11.30	43	35	18	96	68	34	36	138	27	41	2	70
11.30-11.45	54	27	24	105	78	42	24	144	31	22	0	53
11.45-12.00	34	15	28	77	59	47	12	118	26	38	1	65
12.00-12.15	43	39	26	108	61	54	21	136	21	19	1	41
12.15-12.30	57	28	18	103	74	45	28	147	14	22	2	38
12.30-12.45	63	14	19	96	79	49	26	154	26	34	0	60
12.45-13.00	51	21	17	89	82	57	24	163	29	26	0	55

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	**BARAT**											
SIMPANG	**Jl. Cirebon - Bandung**											
Jam	**Siang**											
Tanggal	**10/02/2024**											
PERIODE WAKTU	**Belok Kiri (kend/jam)**				**Lurus (kend/jam)**				**Belok Kanan (kend/jam)**			
	SM	**MP**	**KS**	**Total**	**SM**	**MP**	**KS**	**Total**	**SM**	**MP**	**KS**	**Total**
11.00-11.15	21	15	16	52	89	41	32	162	59	26	7	92
11.15-11.30	17	12	15	44	65	34	27	126	43	32	6	81
11.30-11.45	9	19	5	33	78	42	38	158	37	12	1	50
11.45-12.00	13	21	17	51	71	37	24	132	49	26	0	75
12.00-12.15	19	18	9	46	80	42	20	142	56	29	0	85
12.15-12.30	19	13	8	40	43	48	12	103	59	33	2	94
12.30-12.45	18	14	10	42	65	31	36	132	67	26	1	94
12.45-13.00	12	10	15	37	32	41	31	104	51	38	5	94

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	UTARA											
SIMPANG	Jl. Kertajati - Kadipaten											
Jam	Sore											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	23	6	0	29	70	32	3	105	21	10	9	40
15.15-15.30	25	11	0	36	68	35	5	108	22	9	13	44
15.30-15.45	32	13	0	45	82	49	2	133	27	9	4	40
15.45-16.00	37	18	0	55	83	42	6	131	19	12	5	36
16.00-16.15	27	21	0	48	93	39	1	133	14	10	12	36
16.15-16.30	24	9	2	35	68	34	1	103	20	5	18	43
16.30-16.45	35	12	0	47	98	45	1	144	27	8	18	53
16.45-17.00	29	23	1	53	156	49	6	211	54	15	15	84
17.00-17.15	16	21	1	38	85	40	8	133	26	8	11	45
17.15-17.30	12	12	0	24	73	31	2	106	35	7	19	61
17.30-17.45	16	6	1	23	76	34	1	111	23	9	13	45
17.45-18.00	23	9	1	33	65	27	0	92	32	12	16	60

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	SELATAN											
SIMPANG	Jl. Majalengka											
Jam	Sore											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	102	40	7	149	132	77	7	216	91	37	3	131
15.15-15.30	63	17	6	86	110	66	1	177	87	41	3	131
15.30-15.45	57	21	7	85	101	64	0	165	112	42	1	155
15.45-16.00	77	28	9	114	125	68	7	200	104	41	2	147
16.00-16.15	59	28	4	91	121	62	1	184	93	49	1	143
16.15-16.30	43	14	2	59	122	54	8	184	77	32	0	109
16.30-16.45	57	23	0	80	126	51	4	181	101	28	1	130
16.45-17.00	59	17	4	80	140	36	2	178	99	27	1	127
17.00-17.15	67	28	1	96	99	59	4	162	102	46	0	148
17.15-17.30	51	17	3	71	73	42	0	115	115	25	2	142
17.30-17.45	65	14	7	86	45	23	0	68	65	12	0	77
17.45-18.00	42	11	2	55	33	17	1	51	43	17	0	60

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	TIMUR											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Sore											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	54	42	1	97	43	34	19	96	3	12	0	15
15.15-15.30	86	53	1	140	42	18	21	81	7	23	0	30
15.30-15.45	58	37	8	103	54	19	39	112	8	27	0	35
15.45-16.00	94	44	1	139	68	27	34	129	11	29	0	40
16.00-16.15	116	49	0	165	52	17	28	97	2	31	1	34
16.15-16.30	108	43	1	152	67	14	24	105	6	13	0	19
16.30-16.45	106	38	1	145	61	16	26	103	17	24	0	41
16.45-17.00	98	24	0	122	67	25	17	109	9	25	0	34
17.00-17.15	109	37	0	146	58	27	16	101	5	29	2	36
17.15-17.30	102	41	0	143	52	29	23	104	8	12	1	21
17.30-17.45	87	39	1	127	59	19	12	90	13	19	1	33
17.45-18.00	101	46	0	147	48	13	16	77	7	17	0	24

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	BARAT											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Sore											
Tanggal	05/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	22	12	15	49	58	18	21	97	36	26	7	69
15.15-15.30	25	14	13	52	71	17	34	122	50	32	8	90
15.30-15.45	17	10	14	41	44	14	29	87	47	46	6	99
15.45-16.00	24	22	11	57	58	23	31	112	47	37	2	86
16.00-16.15	18	17	12	47	61	25	32	118	43	37	10	90
16.15-16.30	28	15	12	55	56	32	33	121	42	45	2	89
16.30-16.45	29	17	16	62	67	23	41	131	34	47	11	92
16.45-17.00	25	14	19	58	69	17	45	131	48	32	15	95
17.00-17.15	27	28	27	82	53	29	25	107	41	39	8	88
17.15-17.30	28	27	22	77	23	23	49	95	43	34	4	81
17.30-17.45	21	14	10	45	49	19	37	105	36	21	12	69
17.45-18.00	25	18	5	48	41	25	38	104	33	28	9	70

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	UTARA											
SIMPANG	Sore											
Jam	Sore											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	45	24	0	69	107	65	5	177	42	11	22	75
15.15-15.30	75	45	0	120	114	62	8	184	49	18	14	81
15.30-15.45	24	11	0	35	124	58	2	184	37	14	26	77
15.45-16.00	36	24	0	60	112	64	1	177	42	10	27	79
16.00-16.15	48	13	4	65	87	68	9	164	38	8	20	66
16.15-16.30	59	18	0	77	92	57	1	150	47	14	16	77
16.30-16.45	27	24	2	53	112	58	8	178	32	12	28	72
16.45-17.00	34	21	0	55	98	55	13	166	24	15	21	60
17.00-17.15	46	19	0	65	119	48	4	171	22	10	23	55
17.15-17.30	42	26	1	69	87	59	1	147	34	5	16	55
17.30-17.45	24	10	1	35	86	64	8	158	39	16	13	68
17.45-18.00	34	17	0	51	81	63	11	155	24	12	12	48

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	SELATAN											
SIMPANG	Jl. Majalengka											
Jam	Sore											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	98	54	4	156	123	58	7	188	127	42	2	171
15.15-15.30	124	34	8	166	117	45	3	165	121	27	5	153
15.30-15.45	101	46	11	158	86	53	9	148	137	40	0	177
15.45-16.00	89	42	4	135	90	72	2	164	122	48	2	172
16.00-16.15	67	38	9	114	78	54	1	133	116	31	2	149
16.15-16.30	45	31	14	90	79	51	3	133	91	27	0	118
16.30-16.45	87	32	1	120	104	48	4	156	92	27	0	119
16.45-17.00	78	53	4	135	98	43	1	142	112	35	0	147
17.00-17.15	82	44	7	133	107	48	1	156	114	44	1	159
17.15-17.30	95	41	2	138	112	44	2	158	107	32	0	139
17.30-17.45	100	53	2	155	97	57	4	158	97	24	0	121
17.45-18.00	98	35	1	134	91	52	1	144	81	37	0	118

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	TIMUR											
SIMPANG	Jl. Cirebon - Bandung											
Jam	Sore											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	112	43	5	160	95	22	23	140	15	32	0	47
15.15-15.30	123	34	6	163	97	28	15	140	17	21	0	38
15.30-15.45	127	41	1	169	71	26	24	121	16	34	0	50
15.45-16.00	134	31	2	167	74	20	22	116	19	26	1	46
16.00-16.15	115	37	2	154	83	34	23	140	10	27	1	38
16.15-16.30	108	32	4	144	81	27	22	130	8	23	2	33
16.30-16.45	101	29	2	132	93	35	20	148	24	24	1	49
16.45-17.00	127	34	1	162	72	37	27	136	26	18	2	46
17.00-17.15	95	44	1	140	81	34	27	142	8	17	4	29
17.15-17.30	117	49	1	167	77	31	23	131	29	13	0	42
17.30-17.45	103	41	2	146	69	26	27	122	17	29	1	47
17.45-18.00	107	45	1	153	81	15	29	125	12	21	1	34

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS												
Lengan	BARAT											
SIMPANG	Sore											
Jam	Sore											
Tanggal	10/02/2024											
PERIODE WAKTU	Belok Kiri (kend/jam)				Lurus (kend/jam)				Belok Kanan (kend/jam)			
	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total	SM	MP	KS	Total
15.00-15.15	47	30	11	88	97	35	34	166	84	42	7	133
15.15-15.30	42	38	18	98	101	42	31	174	67	35	2	104
15.30-15.45	38	24	16	78	114	47	27	188	72	38	4	114
15.45-16.00	49	21	17	87	121	38	33	192	84	33	5	122
16.00-16.15	54	37	14	105	103	40	45	188	80	31	4	115
16.15-16.30	52	39	24	115	112	46	24	182	79	27	2	108
16.30-16.45	43	34	23	100	116	49	38	203	94	26	2	122
16.45-17.00	57	31	27	115	105	33	21	159	82	38	0	120
17.00-17.15	59	33	29	121	113	34	34	181	93	31	4	128
17.15-17.30	50	38	22	110	98	24	18	140	98	35	7	140
17.30-17.45	67	21	25	113	93	31	13	137	86	36	1	123
17.45-18.00	51	31	22	104	97	20	14	131	84	35	1	120

Lampiran 2 Rekapitulasi Data Arus Lalu Lintas Kendaraan Per 1 Jam

Formulir Rekapitulasi Data Arus Lalu Lintas Kendaraan Per 1 Jam

NO	Waktu	Jumlah Volume Llau Lintas (smp/jam)	
		Senin	Sabtu
PAGI		05/02/2024	10/02/2024
1	06.00-07.00	3309.2	3508.9
2	06.15-07.15	3544.9	3582.7
3	06.30-07.30	3479.6	3623.8
4	06.45-07.45	3414.6	3618.8
5	07.00-08.00	3398.1	3568.2
6	07.15-08.15	3394.4	3562.3
7	07.30-08.30	3366.3	3479.7
8	07.45-08.45	3324.7	3463.3
9	08.00-09.00	3236.9	3434.5
SIANG		05/02/2024	10/02/2024
1	11.00-12.00	3555.3	3578.7
2	11.15-12.15	3485.4	3716.6
3	11.30-12.30	3370.5	3618.1
4	11.45-12.45	3359.5	3588.2
5	12.00-13.00	3349.9	3580.3
SORE		05/02/2024	10/02/2024
1	15.00-16.00	3312	4332.8
2	15.15-16.15	3386	4254.5
3	15.30-16.30	3359.9	4123.1
4	15.45-16.45	3412.1	4089.8
5	16.00-17.00	3400.2	4056.1
6	16.15-17.15	3402	4062.9
7	16.30-17.30	3397.6	4089.7
8	16.45-17.45	2970.2	4034.6
9	17.00-18.00	2869.8	3926.9

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Senin

Formulir Survei Panjang Antrian (Senin)

Lokasi	Formulir Panjang Antrian Simpang Kadipaten				
Tanggal	05/02/2024				
Sesi	Waktu	Lengan Utara	Lengan Timur	Lengan Selatan	Lengan Barat
		Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)
Pagi	06:00-06:15	22,94	40,04	39,01	32,06
	06:15-06:30	30,58	60,06	22,42	22,82
	06:30-06:45	22,94	41,60	42,14	58,45
	06:45-07:00	24,47	25,74	28,36	38,25
	07:00-07:15	29,05	55,11	25,66	21,43
	07:15-07:30	25,99	38,85	30,44	29,89
	07:30-07:45	25,23	44,40	28,09	32,60
	07:45-08:00	25,23	40,08	13,80	10,99
	08:00-08:15	19,11	20,09	16,90	10,71
	08:15-08:30	21,79	25,09	23,74	19,81
	08:30-08:45	19,11	54,43	10,79	29,33
	08:45-09:00	17,58	62,15	15,56	24,07
Siang	11:00-11:15	16,06	28,05	21,01	42,05
	11:15-11:30	20,64	38,07	37,60	32,79
	11:30-11:45	21,79	20,06	58,66	53,72
	11:45-12:00	25,39	32,09	52,75	44,67
	12:00-12:15	21,79	44,17	37,83	60,38
	12:15-12:30	25,23	40,13	75,66	51,37
	12:30-12:45	24,57	32,12	68,09	85,46
	12:45-13:00	20,64	43,21	51,33	35,82
Sore	15:00-15:15	23,89	22,11	53,91	40,44
	15:15-15:30	25,23	43,70	39,43	106,73
	15:30-15:45	29,82	41,92	37,83	103,21
	15:45-16:00	33,64	83,41	70,27	109,56
	16:00-16:15	32,11	76,10	56,04	82,99
	16:15-16:30	43,64	44,17	59,70	54,26
	16:30-16:45	57,12	55,08	70,23	51,07
	16:45-17:00	23,89	30,11	52,85	55,32
	17:00-17:15	24,08	20,10	42,21	63,44
	17:15-17:30	25,80	61,06	60,29	50,02
	17:30-17:45	17,64	46,80	56,74	51,94
	17:45-18:00	22,94	40,40	61,47	45,11

Formulir Survei Panjang Antrian (Sabtu)

Lokasi	Formulir Panjang Antrian Simpang Kadipaten				
Tanggal	10/02/2024				
Sesi	Waktu	Lengan Utara	Lengan Timur	Lengan Selatan	Lengan Barat
		Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)
Pagi	06:00-06:15	20,64	55,86	35,11	36,03
	06:15-06:30	27,52	56,54	56,18	54,05
	06:30-06:45	20,64	52,61	21,92	11,34
	06:45-07:00	22,02	61,42	18,52	13,17
	07:00-07:15	26,15	73,28	28,09	13,60
	07:15-07:30	23,40	60,90	21,50	27,97
	07:30-07:45	22,71	33,34	11,28	21,96
	07:45-08:00	22,71	63,89	24,72	19,07
	08:00-08:15	17,20	63,64	55,71	30,08
	08:15-08:30	19,61	42,63	51,07	25,58
	08:30-08:45	17,20	44,40	31,71	38,99
	08:45-09:00	15,83	66,66	32,10	45,93
Siang	11:00-11:15	14,45	37,84	46,81	52,25
	11:15-11:30	18,58	29,51	23,84	30,26
	11:30-11:45	19,61	48,35	39,80	63,06
	11:45-12:00	22,85	40,20	24,48	82,88
	12:00-12:15	19,61	54,34	34,05	105,75
	12:15-12:30	22,71	46,23	28,09	97,12
	12:30-12:45	22,12	46,92	31,28	81,91
	12:45-13:00	18,58	32,23	41,19	81,89
Sore	15:00-15:15	21,50	43,55	48,52	101,90
	15:15-15:30	22,71	48,93	58,49	109,33
	15:30-15:45	26,84	42,10	34,05	100,73
	15:45-16:00	30,28	44,26	41,25	75,07
	16:00-16:15	28,90	32,02	40,44	100,89
	16:15-16:30	30,28	36,77	60,73	65,75
	16:30-16:45	29,59	20,20	53,21	76,57
	16:45-17:00	21,50	60,42	32,56	81,10
	17:00-17:15	21,67	57,09	32,99	99,09
	17:15-17:30	23,22	45,01	54,26	59,45
	17:30-17:45	15,88	46,74	51,07	102,12
	17:45-18:00	20,64	40,60	55,32	101,96