

**ANALISIS DESAIN REKAYASA SIMPANG BERSINYAL : STUDI  
KASUS SIMPANG 4 GATOT SUBROTO MALANG**

**KERTAS KERJA WAJIB**



**DISUSUN OLEH:**

**LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI**

**2203011**

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

**2025**

**ANALISIS DESAIN REKAYASA SIMPANG BERSINYAL : STUDI  
KASUS SIMPANG 4 GATOT SUBROTO MALANG**

**KERTAS KERJA WAJIB**

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian

Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan

Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Transportasi



**DISUSUN OLEH:**

**LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI**

**2203011**

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

**2025**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**KERTAS KERJA WAJIB**

**ANALISIS DESAIN REKAYASA SIMPANG BERSINYAL : STUDI  
KASUS SIMPANG 4 GATOT SUBROTO MALANG**

Disusun Oleh :

**LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI  
2203011**

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

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I



ASWIN BADARUDIN ATMAJAYA,  
S.S.T(TD).. M.A.P.  
NIP. 19900513 201012 1 004  
Tanggal: 7 Juli 2025  
Ditetapkan di Tabanan.

DOSEN PEMBIMBING II



I WAYAN YUDI MARTHA WIGUNA,  
ST., MT  
NIP. 198612212019021001  
Tanggal: 7 Juli 2025

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KERTAS KERJA WAJIB**

**ANALISIS DESAIN REKAYASA SIMPANG BERSINYAL : STUDI  
KASUS SIMPANG 4 GATOT SUBROTO MALANG**

Telah dipersiapkan dan disusun Oleh :

**LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI**

**2203011**

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI**

**PADA TANGGAL 11 JULI 2025**

**DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

**Tim Penguji**



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



**Aswin Badarudin Arungaya, S.S.T(TD), M.A.P.**  
NIP. 19900513 201012 1 004



**Budi Mardikawati, M.Pd**  
NIP. 198408292019022001



**I Wayan Yudi Martha Wiguna, ST., MT**  
NIP. 198612212019021001

Mengetahui,  
**KETUA PROGRAM STUDI**  
**DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN**



**Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T**

NIP. 198205302009121003

### PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI, Notar 2203011, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib dengan judul “Analisis Desain Rekayasa Simpang Bersinyal: Studi Kasus Simpang 4 Gatot Subroto Malang” merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kertas Kerja Wajib ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Kertas Kerja Wajib ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau keserjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

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

Tabanan, 17 Juli 2025

Penulis,



LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI

Notar. 2203011

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-NYA, sehingga Kertas Kerja Wajib yang berjudul “Analisis Desain Rekayasa Simpang Bersinyal: Studi Kasus Simpang 4 Gatot Subroto Malang” dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Orang tua dan Keluarga yang selalu ada untuk mendukung.
2. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr. selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali.
3. Bapak Aswin Badarudin Atmajaya, S.S.T(TD)., M.A.P dan Bapak I Wayan Yudi Martha Wiguna, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan kertas kerja wajib/tugas akhir ini.
4. Dosen-dosen Program Studi Manajemen Transportasi Jalan yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan.
5. Rekan Mahasiswa Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan III.
6. Rekan Mahasiswa MTJ Angkatan III.
7. Terakhir terimakasih kepada diri sendiri yang telah berjuang sampai sejauh ini. Terimakasih dan selamat atas pencapaianmu dan selamat berbahagia.

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

Tabanan, 17 Juli 2025

Penulis,



**LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI**

2203011

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II.....	7
GAMBARAN UMUM.....	7
2.1 Kondisi Wilayah.....	7
2.2 Kondisi Objek.....	8
BAB III.....	13
KAJIAN PUSTAKA.....	13
3.1 Transportasi .....	13
3.2 Kemacetan .....	13
3.3 Persimpangan .....	54
3.4 Penentuan Tipe Pengendalian Simpang .....	54
3.5 PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia) .....	55
3.5.1. Penentuan Tipe Fase Pada Simpang 4 .....	55

3.5.2.	Analisis Simpang Apill .....	59
3. 6	Penentuan Tingkat Pelayanan.....	67
3. 7	Perangkat Lunak Vissim.....	68
3. 8	Perencanaan Geometrik Persimpangan .....	70
3. 9	Kalibrasi Nilai Arus Jenuh Dasar .....	73
3. 10	Penelitian Terdahulu .....	74
BAB IV .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
METODOLOGI PENELITIAN.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.1.	Data sekunder.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.2.	Data Primer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Metode Analisis Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.	Inventarisasi Persimpangan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.	Analisis Kecepatan Kendaraan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.	Analisis Nilai Arus Jenuh Dasar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.4.	Analisis Plan Simpang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.5.	Analisis Waktu Siklus .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.6.	Analisis Kinerja Simpang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Bagan Alir Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Timeline Kegiatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1	Kondisi Eksisting.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.3.	Inventarisasi Simpang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.4.	Volume Simpang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.5.	Kecepatan Titik .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Analisis Data Perencanaan Simpang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

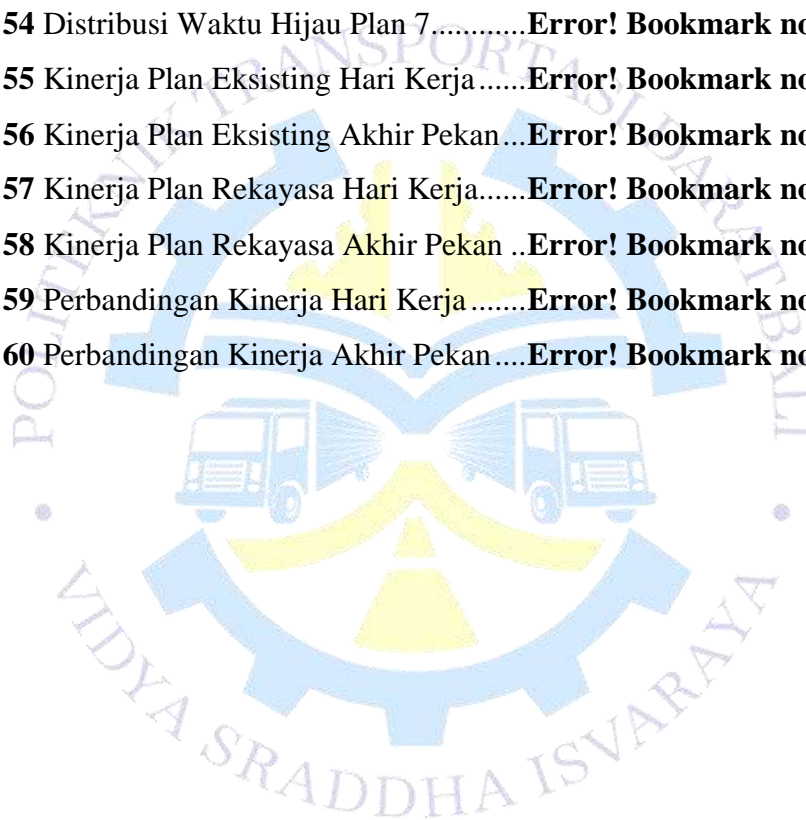
5.2.1.	Penentuan Tipe Pengendalian Simpang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.2.	Penentuan Fase Simpang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.3.	Permodelan Vissim .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.4.	Analisis Kinerja Eksisting.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.5.	Penentuan Nilai Arus Jenuh Dasar..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.5.	Analisis Perencanaan Plan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.6.	Analisis Waktu Siklus .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.7.	Kinerja Plan Eksisting.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.8.	Kinerja Plan Rekayasa .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.9.	Perbandingan Kinerja.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3	Layout Desain Rekayasa Persimpangan..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB VI	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PENUTUP	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.	Kesimpulan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.	Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping.....	60
Tabel 3. 2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota.....	60
Tabel 3. 3 Penentuan Waktu Siklus.....	64
Tabel 3. 4 Penentuan Tingkat Pelayanan .....	68
Tabel 3. 5 Parameter Kalibrasi .....	69
Tabel 3. 6 Parameter Validasi .....	70
Tabel 3. 7 Koefisien Penentuan Radius Lajur Belok Kiri .....	71
Tabel 3. 8 Penelitian Terdahulu.....	75
Tabel 3. 9 Timeline Kegiatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 1 Inventarisasi Pendekat Simpang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 2 Frekuensi Kumulatif Pendekat Utara ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 3 Frekuensi Kumulatif Pendekat Selatan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 4. Frekuensi Kumulatif Pendekat Timur	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 5 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 6 Frekuensi Kumulatif Pendekat Utara ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 7. Frekuensi Kumulatif Pendekat Selatan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 8 Frekuensi Kumulatif Pendekat Timur ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 9 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 10 Total Arus Kendaraan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 11 Arus Belok Kanan Tiap Pendekat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 12. Driving Behaviour Lengan Utara .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 13 Driving Behaviour Lengan Selatan ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 14 Driving Behaviour Lengan Minor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 15 Hasil Uji GEH Hari Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 16 Hasil Uji GEH Akhir Pekan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 17. Kinerja Eksisting Hari Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 18 Kinerja Eksisting Akhir Pekan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 19. Tabel Arus Jenuh Dasar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 20. Tabel Faktor Koreksi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Tabel 5. 21 Arus Jenuh Tiap Pendekat.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 22 Nilai Rasio Arus .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 23. Distribusi Waktu Hijau.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 24 Kapasitas tiap lengan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 25 Derajat Kejenuhan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 26. Rasio Fase Tiap Pendekat.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 27 Nilai Panjang Antrean PKJI Hari Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 28 Nilai Panjang Antrean PKJI Akhir Pekan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 29 Panjang Antrean pada Vissim Hari Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 30 Panjang Antrean pada Vissim Akhir Pekan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 31 Nilai Tingkat Kesalahan Permodelan Hari Kerja.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 32 Nilai Tingkat Kesalahan Permodelan Akhir Pekan.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 33 Penentuan Batas Plan 1 dan Plan 2 ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 34 Penentuan Batas Awal Plan 4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 35 Penentuan Batas Awal Plan 6.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 36 Rentang Waktu Plan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 37 Penentuan Batas Awal Plan 1 dan 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 38 Penentuan Batas Awal Plan 4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 39 Penentuan Batas Awal Plan 6.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 40 Rentang Waktu Plan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 41. Distribusi Waktu Hijau Plan 1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 42 Distribusi Waktu Hijau Plan 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 43 Distribusi Waktu Hijau Plan 3.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 44 Distribusi Waktu Hijau Plan 4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 45 Distribusi Waktu Hijau Plan 5.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- Tabel 5. 46** Distribusi Waktu Hijau Plan 6.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 47** Distribusi Waktu Hijau Plan 7.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 48** Distribusi Waktu Hijau Plan 1.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 49** Distribusi Waktu Hijau Plan 2.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 50** Distribusi Waktu Hijau Plan 3.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 51** Distribusi Waktu Hijau Plan 4.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 52** Distribusi Waktu Hijau Plan 5.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 53** Distribusi Waktu Hijau Plan 6.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 54** Distribusi Waktu Hijau Plan 7.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 55** Kinerja Plan Eksisting Hari Kerja.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 56** Kinerja Plan Eksisting Akhir Pekan...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 57** Kinerja Plan Rekayasa Hari Kerja.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 58** Kinerja Plan Rekayasa Akhir Pekan ..**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 59** Perbandingan Kinerja Hari Kerja .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5. 60** Perbandingan Kinerja Akhir Pekan....**Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Tampak Atas Simpang 4 Gatot Subroto Malang.....	8
<b>Gambar 2.</b> Visualisasi Simpang.....	8
<b>Gambar 3.</b> Visualisasi Pendekat Utara .....	9
<b>Gambar 4.</b> Visualisasi Pendekat Timur .....	10
<b>Gambar 5.</b> Visualisasi Pendekat Selatan .....	11
<b>Gambar 6.</b> Visualisasi Pendekat Barat .....	12
<b>Gambar 7.</b> Kriteria Penentuan Pengaturan Persimpangan.....	54
<b>Gambar 8.</b> Pengaturan Apill Simpang 4 dengan 2 Fase dan 3 Fase.....	56
<b>Gambar 9.</b> Pengaturan Apill Simpang 4 dengan 4 Fase .....	58
<b>Gambar 10.</b> Grafik Faktor Koreksi Kelandaian.....	61
<b>Gambar 11.</b> Jumlah Antrean Maksimum.....	67
<b>Gambar 12.</b> Pulau untuk Kanalisasi .....	73
<b>Gambar 13.</b> Bagan Alir Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 14.</b> Penampang Melintang Lengan Barat.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 15.</b> Penampang Melintang Lengan Utara .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 16.</b> Penampang Melintang Lengan Selatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 17.</b> Penampang Melintang Lengan Timur .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 18.</b> Tampak Atas Simpang 4 Gatot Subroto Malang..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 19.</b> Time Series Hari Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

**Gambar 20.** Proporsi Kendaraan Hari Kerja .....**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 21.** Grafik Time Series Akhir Pekan.....**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 22.** Proporsi Kendaraan Akhir Pekan ....**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 23.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 24.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 25.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 26.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 27.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 28.** Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 29.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 30.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 31.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 32.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 33.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor..**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 34.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 35.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 36.** Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang ..... **Error! Bookmark not defined.**

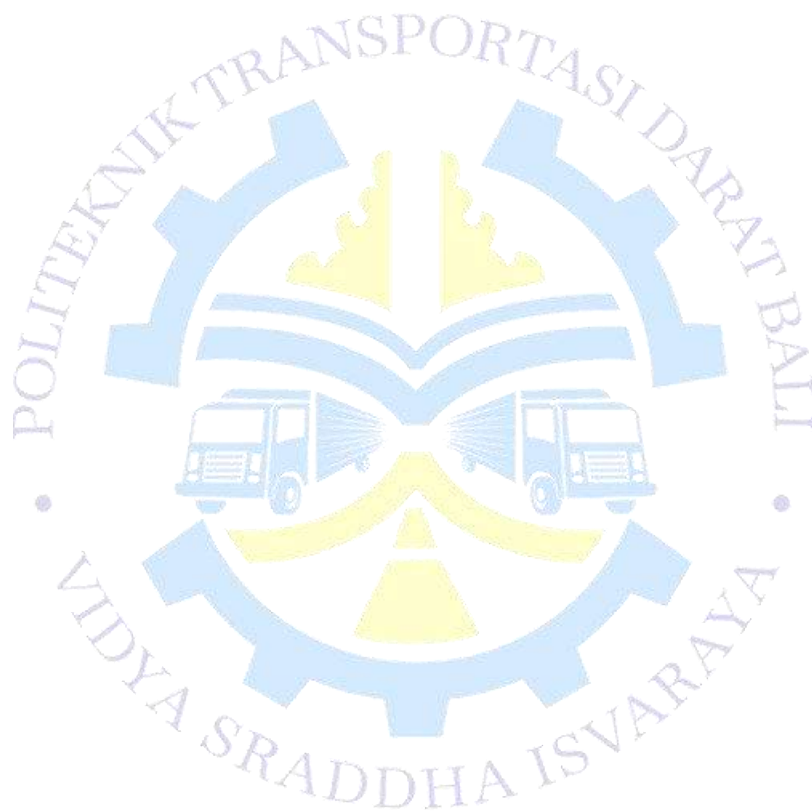
**Gambar 37.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 38.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 39.** Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 40.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 41.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 42.** Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 43.** Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 44.** Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 45.** Tipe Fase Rekomendasi .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 46.** Diagram Fase Jam Puncak.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 47.** Grafik Pembagian Plan Hari Kerja..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 48.** Grafik Pembagian Plan Akhir Pekan..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 49.** Diagram Fase Plan 1 .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 50.** Diagram Fase Plan 2.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 51.** Diagram Fase Plan 2.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 52.** Diagram Fase Plan 4.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 53.** Diagram Fase Plan 5.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 54.** Diagram Fase Plan 6.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 55.** Diagram Fase Plan 7.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 56.** Diagram Fase Plan 1 .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 57.** Diagram Fase Plan 2.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 58.** Diagram Fase Plan 3.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 59.** Diagram Fase Plan 4.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 60.** Diagram Fase Plan 5.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 61.** Diagram Fase Plan 6.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 62.** Diagram Fase Plan 7.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 63.** Gambar Teknis Desain Rekayasa ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 64.** Desain Kanalisasi.....**Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1** Formulir Inventarisasi Simpang.....**Error! Bookmark not defined.**

**Lampiran 2** Diagram Arus Plan 1 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**

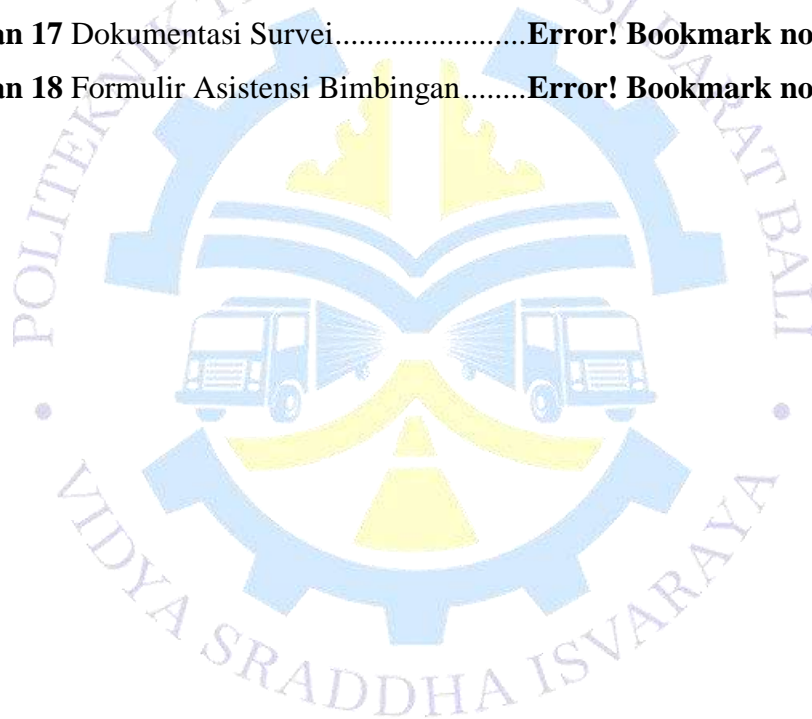
**Lampiran 3** Diagram Arus Plan 2 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**

**Lampiran 4** Diagram Arus Plan 3 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**

**Lampiran 5** Diagram Arus Plan 4 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**

**Lampiran 6** Diagram Arus Plan 5 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**

**Lampiran 7** Diagram Arus Plan 6 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 8** Diagram Arus Plan 7 Weekend .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 9** Diagram Arus Plan 1 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 10** Diagram Arus Plan 2 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 11** Diagram Arus Plan 3 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 12** Diagram Arus Plan 4 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 13** Diagram Arus Plan 5 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 14** Diagram Arus Plan 6 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 15** Diagram Arus Plan 7 Weekday .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 16.** Form Survei Spot Speed .....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 17** Dokumentasi Survei.....**Error! Bookmark not defined.**  
**Lampiran 18** Formulir Asistensi Bimbingan.....**Error! Bookmark not defined.**



## **INTISARI**

**Analisis Desain Rekayasa Simpang Bersinyal : Studi Kasus Simpang 4 Gatot  
Subroto Malang**

Oleh

**LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI**

2203011

Simpang 4 Gatot Subroto merupakan salah satu simpang tidak bersinyal di Kota Malang dengan arus lalu lintas yang padat. Permasalahan utama pada simpang ini terjadi dikarenakan tingginya arus belok kanan pada pendekatan barat yang mencapai 478 smp/jam pada jam puncak hari kerja, yang menimbulkan konflik lalu lintas dan berdampak pada panjang antrean pada lengan selatan mencapai kurang lebih 500 m berdasarkan hasil pengamatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain rekayasa yang sesuai guna mengurangi konflik, memperpendek antrean, dan menurunkan tundaan demi meningkatkan kinerja simpang. Metode yang digunakan mencakup perhitungan siklus optimal berdasarkan PKJI 2023 dan simulasi kinerja menggunakan perangkat lunak Vissim dengan indikator panjang antrean dan tundaan, serta validasi melalui uji GEH. Rekomendasi penerapan simpang Apill dengan 2 fase, serta pembagian waktu menjadi 7 plan berdasarkan periode waktu sibuk dan tidak sibuk dalam satu hari terbukti efektif untuk mengoptimalkan penggunaan waktu siklus, dengan contoh berkurangnya panjang antrean dan tundaan khususnya pada lengan selatan, yang semula 458 m dengan tundaan 74 detik menjadi 110 m dengan tundaan 10 detik, pada jam sibuk sore saat hari kerja. Selain itu, dilakukan pula penambahan kanalisasi untuk memisahkan arus belok kiri pada lengan barat dengan memanfaatkan tiang penyangga perlintasan tidak sebidang sebagai pulau jalan, sehingga arus dapat dipisahkan secara tertib. Perancangan ini juga didukung dengan rekomendasi penambahan perlengkapan jalan seperti rambu dan marka untuk mengoptimalkan kinerja dari perencanaan.

Kata Kunci : Desain Rekayasa Simpang Bersinyal, PKJI 2023,PTV Vissim

## **ABSTRACT**

### **Signal Junction Engineering Design Analysis: Case Study of Simpang 4 Gatot Subroto Malang**

By

## LUH PUTU ADINDA WIKASARI SAVITRI

2203011

The Gatot Subroto Four-Leg Intersection is one of the unsignalized intersections in Malang City with heavy traffic flow. The main problem at this intersection occurs due to the high volume of right-turning vehicles on the west approach, which reaches 478 pcu/hour during weekday peak hours. This condition creates traffic conflicts and causes long queues on the south approach, reaching approximately 500 meters based on observation results. This study aims to design a suitable traffic engineering solution to reduce conflicts, shorten queues, and decrease delays in order to improve the performance of the intersection. The methods used include calculating the optimal cycle time based on PKJI 2023 and simulating performance using Vissim software with queue length and delay as performance indicators, as well as validation using the GEH test. The recommendation of implementing a 2-phase signalized intersection and dividing the signal timing into 7 plans based on busy and non-busy periods in a day has proven to be effective in optimizing the use of cycle time. For example, the queue length and delay on the south approach during weekday evening peak hours were reduced from 458 meters with a delay of 74 seconds to 110 meters with a delay of 10 seconds. In addition, channelization was implemented to separate the left-turning traffic on the west approach by utilizing the support pole of the grade-separated crossing as a traffic island, so that the flow can be separated in an orderly manner. This design is also supported by recommendations for adding road equipment such as signs and markings to optimize the performance of the planned improvements.

**Keywords:** Signalized Intersection Design, PKJI 2023, PTV Vissim

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kota Malang dikenal karena alamnya serta iklim yang mendukung, sehingga hal ini menjadikannya salah satu destinasi wisata di Jawa Timur. Badan Pusat Statistik mencatat sebanyak 67.148 wisatawan mancanegara dan 3.089.759 orang wisatawan domestik berkunjung ke Kota Malang sepanjang tahun 2024. Kota ini juga merupakan kota pendidikan dimana banyak universitas ternama seperti Universitas Brawijaya dan Universitas Negeri Malang yang menjadi tujuan utama bagi calon mahasiswa dari berbagai penjuru Indonesia (Anindya Prihandita dkk., 2020). Tingginya jumlah pendatang berdampak langsung pada meningkatnya mobilitas dan aktivitas di berbagai sektor, khususnya di kawasan pendidikan dan kawasan wisata. Peningkatan mobilitas ini berkontribusi pada bertambahnya jumlah kendaraan yang digunakan sehingga memunculkan berbagai konflik lalu lintas seperti kemacetan (Damayanti dan Rachmatullah Putra, 2023). Salah satu titik konflik atau kemacetan sering terjadi pada persimpangan.

Persimpangan merupakan titik temu berbagai arus kendaraan yang berasal dari dua atau lebih ruas jalan (PKJI, 2023). Tipe pengaturan pada simpang dapat berupa meliputi simpang tanpa lampu lalu lintas (Non-Apill), simpang dengan lampu lalu lintas (Apill), bundaran, serta simpang tidak sebidang dimana kriteria pengaturan tersebut dilihat berdasarkan jumlah arus minor dan arus mayor (Haragdongan, 2019). Persimpangan berfungsi sebagai titik temu kendaraan dari dua atau lebih ruas jalan, dimana pergerakan kendaraan berlangsung secara bersamaan dan berpotensi menimbulkan konflik lalu lintas (Kustanrika, 2015). Persimpangan jalan merupakan area kritis dalam jaringan jalan dimana konflik lalu lintas pada simpang menyebabkan terjadinya kemacetan dan kecelakaan (Prasetyo dkk., 2023). Konflik pada persimpangan dapat diminimalkan dengan

pengaturan sinyal yang tepat, desain geometrik yang baik, serta penerapan manajemen lalu lintas yang efektif (Massang dkk., 2022).

Simpang 4 Gatot Subroto adalah salah satu persimpangan yang ada di Kota Malang dengan arus lalu lintas yang cukup tinggi karena menjadi salah satu jalur utama bagi kendaraan menuju luar kota Malang. Simpang ini adalah titik pertemuan antara Jalan Jenderal Sudirman di lengan utara, Jalan Untung Suropati Selatan pada lengan timur, Jalan Gatot Subroto di lengan selatan, serta jalan Trunojoyo di lengan barat. Persimpangan ini berada di bawah perlintasan kereta api dan dekat dengan jembatan Brantas. Berbagai jenis kendaraan melintasi persimpangan ini, termasuk kendaraan berat seperti truk dan bus terutama pada ruas jalan Jenderal Sudirman-Gatot Subroto yang merupakan jalan antar kota yang menghubungkan kota Malang dengan daerah di Kabupaten Malang. Selain itu, tata guna lahan di sekitar simpang ini juga turut mempengaruhi kepadatan lalu lintas. Terdapat sejumlah destinasi wisata populer seperti kampung warna-warni Jodipan dan bundaran Tugu yang menjadi daya tarik wisatawan, serta adanya stasiun Malang Kota Baru dimana simpang ini merupakan salah satu akses untuk menuju stasiun tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan Tim PKL Kota Malang 2025 menggunakan PKJI 2023 simpang ini memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,17, yang menunjukkan bahwa volume kendaraan yang melintasi simpang melebihi kapasitas yang tersedia. Nilai peluang antrean maximum pada simpang ini sebesar 113,65 m dengan nilai tundaan simpang sebesar 18 detik. Selain itu, pengamatan di lapangan juga menunjukkan tingginya tingkat konflik antar kendaraan, khususnya antara kendaraan hendak belok kanan dari Jalan Trunojoyo menuju Jalan Gatot Subroto serta kendaraan belok kanan dari Jalan Jenderal Sudirman menuju Jalan Gatot Subroto. Konflik pada Simpang 4 Gatot Subroto Malang mengakibatkan antrian yang cukup panjang terutama pada lengan selatan dimana kurang lebih mencapai 500 m atau sampai simpang Laksamana Martadinata. Panjangnya antrian ini tidak hanya mengganggu kelancaran lalu lintas, tetapi juga berpotensi membahayakan struktur Jembatan Brantas.

Menurut PUPR, 2015 tentang pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan, jembatan dibangun untuk menyangga beban dinamis. Kemacetan yang kerap terjadi pada simpang ini mengakibatkan banyaknya kendaraan yang berhenti di tengah jembatan dalam waktu yang lama. Apabila terjadi antrian yang panjang pada jembatan dan dalam waktu yang lama maka akan berdampak pada semakin besarnya beban yang harus disangga oleh jembatan bahkan bisa saja melewati beban maksimal yang mampu disangga oleh jembatan sehingga akan berpotensi membuat jembatan cepat rusak dan membahayakan kendaraan yang diam di jembatan tersebut. Pengaturan panjang antrian yang ada pada jembatan menjadi hal yang penting untuk menjamin faktor keselamatan karena dapat menghindari potensi penumpukan kendaraan. Berdasarkan penelitian (Hartono dkk., 2021), menunjukkan bahwa rekayasa simpang menjadi simpang ber-apill mampu meningkatkan kinerja simpang sekaligus mengurangi tundaan lalu lintas yang terjadi pada badan jembatan dan mampu mengurai kemacetan pada simpang.

Selain dengan penambahan Apill pada simpang tidak bersinyal, salah satu opsi untuk meningkatkan kinerja lalu lintas pada persimpangan adalah dengan perancangan ulang desain simpang. Redesain ini dapat berupa perubahan geometri, penambahan pulau jalan seperti perancangan bundaran atau penataan melalui kanalisasi seperti penambahan pulau kanal untuk belok kiri langsung, pemisah lajur berdasarkan arah, atau penambahan pulau lalu lintas untuk memperjelas alur kendaraan sebagai solusi untuk mengurangi konflik lalu lintas dan meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan. Sejumlah penelitian mendukung pendekatan ini, seperti studi yang dilakukan oleh (Bangun dkk., 2024) perubahan geometri pada simpang seperti menambahkan jumlah lajur selebar 3 m, serta memasang pembatas portabel pada saat jam sibuk untuk mengalihkan arus lalu lintas dapat menjadi solusi untuk mengurai kemacetan, selain itu studi yang dilakukan oleh (Alala By Pass dkk., 2018) pemasangan median pada jalan untuk memisahkan arah pada jalur mampu meningkatkan kinerja lalu lintas pada simpang.

Permasalahan yang ada pada Simpang 4 Gatot Subroto Malang dapat diatasi dengan menggunakan metode analisis yang tepat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Hidayat dkk., 2023), PKJI 2023 merupakan salah satu metode yang baik digunakan untuk menentukan waktu siklus dalam meningkatkan kinerja persimpangan. Selain menerapkan pengaturan Apill pada simpang 4 Gatot Subroto Malang maka diperlukan permodelan terkait penerapan tersebut. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Sulaeman dkk., 2023), vissim merupakan salah satu metode yang baik untuk digunakan dalam menentukan perencanaan yang paling efektif sehingga menghasilkan kinerja terbaik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Ahmad dkk., 2023) penggunaan metode PKJI 2023 efektif digunakan untuk menganalisis perencanaan waktu siklus. Sementara itu, untuk mensimulasikan hasil perencanaan terkait panjang antrian dan tundaan serta untuk melihat konflik yang muncul setelah dilakukan perencanaan, metode yang efektif digunakan adalah menggunakan PTV Vissim. Maka sehubungan dengan masalah serta metode yang akan digunakan penulis menetapkan simpang ini menjadi kasus pengajuan kertas kerja wajib dengan judul “ Analisis Desain Rekayasa Simpang Bersinyal : Studi Kasus Simpang 4 Gatot Subroto Malang”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berikut merupakan rumusan permasalahan pada Simpang 4 Gatot Subroto Malang.

1. Bagaimana kondisi eksisting Simpang 4 Gatot Subroto Malang ?
2. Bagaimana desain rekayasa yang dapat diterapkan sebagai upaya optimalisasi kinerja lalu lintas Simpang 4 Gatot Subroto Malang ?
3. Bagaimana kinerja hasil simulasi perubahan desain rekayasa Simpang 4 Gatot Subroto Malang?
4. Bagaimana layout desain rekayasa persimpangan di Simpang 4 Gatot Subroto Malang ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi eksisting Simpang 4 Gatot Subroto Malang.
2. Mengetahui desain rekayasa yang sesuai untuk meningkatkan kinerja lalu lintas di Simpang 4 Gatot Subroto Malang.
3. Mengetahui kinerja setelah dilakukan perubahan desain rekayasa simpang Simpang 4 Gatot Subroto Malang.
4. Mengetahui layout desain rekayasa persimpangan di Simpang 4 Gatot Subroto Malang.

#### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini diantaranya :

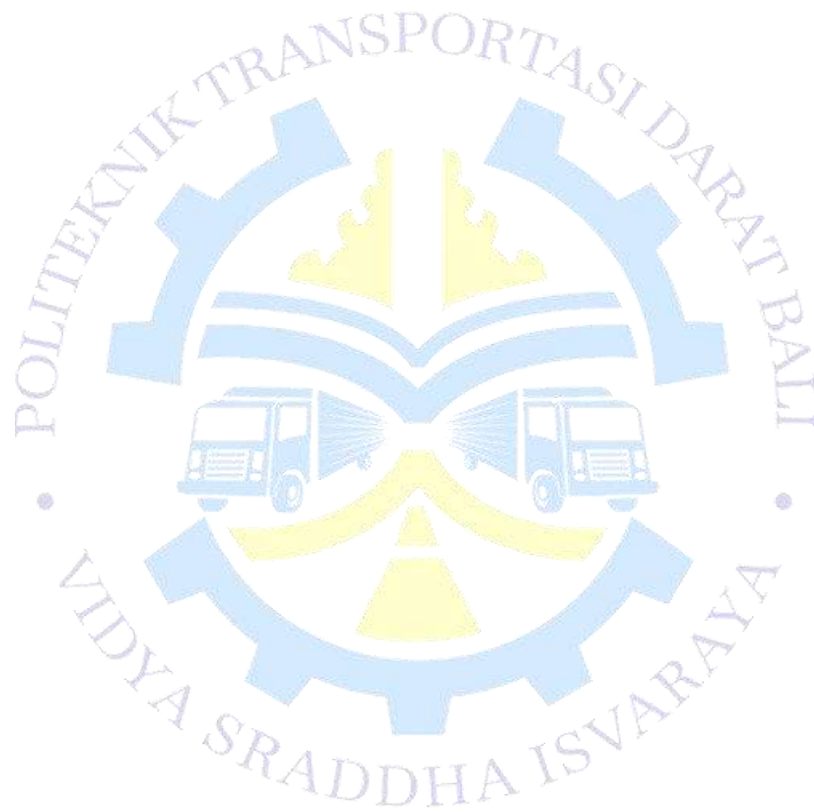
1. Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dimana penulis dapat mengembangkan ilmu pengetahuan yang didapat dalam pengoptimalan simpang tidak bersinyal.
2. Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi warga setempat agar arus lalu lintas pada wilayah tersebut dapat berjalan dengan lebih baik dimana akan mendukung kelancaran aktivitas ekonomi pada kawasan Simpang 4 Gatot Subroto.
3. Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pemerintah setempat dimana dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk menindak lanjuti mengenai rekayasa simpang yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang ada pada Simpang 4 Gatot Subroto Malang

#### **1.5 Batasan Masalah**

Penelitian ini dilaksanakan pada Simpang 4 Gatot Subroto Malang dengan batasan untuk membatasi penelitian yang dilakukan, antara lain :

1. Lokasi penelitian adalah pada Simpang 4 Gatot Subroto kota Malang.
2. Data diperoleh dari hasil survei yang dilakukan pada hari kerja normal dan akhir pekan pada lokasi penelitian pada kondisi lalu lintas selama 24 jam.
3. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 untuk menentukan waktu siklus yang optimal.
4. Vissim digunakan untuk mencari indikator kinerja berupa panjang antrian dan tundaan.

5. Indikator yang digunakan dalam validasi adalah dengan uji statistik Geoffrey E. Havers (GEH) serta yang digunakan untuk kalibrasi adalah *driving behavior*.



## **BAB II**

### **GAMBARAN UMUM**

#### **2.1 Kondisi Wilayah**

Kota Malang merupakan salah satu kota di daerah Jawa Timur dengan luas wilayah 111.077 km<sup>2</sup> dan terdiri atas 5 kecamatan yaitu kecamatan Klojen, Lowokwaru, Kedungkandang, Sukun, dan Blimbing (Badan Pusat Statistik, 2024). Secara astronomis kota ini terletak pada 112.06<sup>0</sup> – 112.07<sup>0</sup> Bujur Timur, 7.06<sup>0</sup> – 8.02<sup>0</sup> Lintang Selatan. Kota ini merupakan salah satu bagian dari wilayah metropolitan atau biasa dikenal dengan sebutan “Malang Raya”, yang mencakup Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu (Sutikno, 2025). Sebagai kawasan metropolitan banyak aktivitas dilakukan di kota ini seperti kegiatan perekonomian, pariwisata, serta pendidikan. Kota ini memiliki pola jaringan jalan berbentuk grid, yang mencerminkan tingginya aksesibilitas serta banyaknya persimpangan dikarenakan jalan yang saling terhubung. Kondisi ini memberikan berbagai alternatif rute perjalanan, sehingga arus lalu lintas tersebar merata di seluruh kota. Pola jaringan jalan ini mengakibatkan persebaran lalu lintas yang merata kemudian terpusat pada Central Business District (CBD).

Kota Malang terdiri atas 12 jalan Nasional, 7 Jalan Provinsi, dan 256 Jalan Kota, dimana menurut fungsinya terdiri atas Arteri, Kolektor, dan Lokal. Jalan yang terdapat di Kota Malang secara keseluruhan dalam kondisi baik. Disamping itu, fasilitas perlengkapan jalan masih kurang memadai untuk beberapa ruas jalan, terutama yang jauh dari CBD. Moda transportasi darat yang terdapat di Kota Malang terdiri atas sepeda motor, mobil pribadi, bus, kereta dan sepeda, selain itu terdapat angkot yang merupakan angkutan umum massal yang mendukung mobilitas masyarakat.

Pergerakan lalu lintas di kota Malang menunjukkan variasi yang berbeda terutama pada jam sibuk pagi dan sore hari. Pada jam sibuk pagi berkisar antara pukul 06.00-08.00 terjadi peningkatan volume akibat aktivitas masyarakat yang tinggi seperti berangkat kerja dan sekolah, serta jam sibuk sore yang berkisar antara pukul 16.00-19.00, lonjakan arus lalu lintas terjadi akibat

aktivitas masyarakat pulang sekolah maupun kantor. Kondisi ini sering kali mengakibatkan terjadinya kemacetan terutama pada ruas jalan utama.

## 2.2 Kondisi Objek

Penelitian ini dilakukan pada Simpang 4 Gatot Subroto Malang. Berikut merupakan visualisasi tampak atas dari simpang tersebut.



(Sumber : google earth)

**Gambar 1.** Tampak Atas Simpang 4 Gatot Subroto Malang



(Sumber : dokumentasi pribadi)

**Gambar 2.** Visualisasi Simpang

Kondisi wilayah kajian yaitu di Simpang 4 Gatot Subroto Malang dimana simpang dengan arus yang tinggi dan sering terjadi konflik pada tengah simpang yang mengakibatkan kemacetan sehingga mengakibatkan panjang antrean yang cukup panjang terutama pada lengan selatan. Dapat dilihat bahwa simpang ini memiliki 4 lengan kaki simpang dimana salah satu lengan, yaitu pada lengan selatan merupakan jembatan. Pada simpang ini terdapat

perlintasan tidak sebidang dengan tiang penyangga perlintasan konstruksi terletak pada tengah-tengah area simpang. Keberadaan tiang penyangga tersebut turut dimanfaatkan dimana pada lengan barat digunakan sebagai pembatas lajur belok kiri langsung. Adapun penjabaran dari tiap tiap pendekatan adalah sebagai berikut.

#### 1. Pendekat Utara (Jalan Jenderal Sudirman)

Menurut Kementerian PUPR 1688/KPTS/M/2022 tentang penetapan ruas jalan menurut statusnya sebagai jalan nasional, jalan Jendral sudirman termasuk ke dalam jalan Arteri Primer.



(Sumber : dokumentasi pribadi)

**Gambar 3.** Visualisasi Pendekat Utara

Tata guna lahan di pada daerah ini merupakan daerah pemukiman . Hal ini terlihat dari daerahnya yang merupakan kawasan militer yaitu Kodam V/ Brawijaya menyebabkan banyak terdapat perumahan di daerah ini. Melihat dari tata guna lahan yang ada pada daerah tersebut maka ruas jalan jenderal sudirman memiliki tipe hambatan samping yang tergolong rendah. Dikarenakan merupakan jalan arteri primer serta merupakan salah satu akses keluar kota Malang, banyak kendaraan besar melintas di jalan ini. Tundaan kerap terjadi terhadap kendaraan masuk simpang yang hendak belok kanan menuju jalan trunojoyo.

#### 2. Pendekat Timur (Jalan Untung Suropati Selatan)

Menurut keputusan Walikota Malang No 188.45/294/35.73.112/2023 tentang Penetapan Ruas-Ruas Jalan Berdasarkan Fungsinya, Jalan Untung Suropati Selatan termasuk ke dalam jalan Lokal Sekunder.



(Sumber : dokumentasi pribadi)

**Gambar 4.** Visualisasi Pendekat Timur

Tata guna lahan di pada daerah ini merupakan daerah pemukiman dan terdapat beberapa pedagang di sisi jalan. Hal ini terlihat dari daerahnya yang masih merupakan kawasan militer yaitu Kodam V/ Brawijaya menyebabkan banyak terdapat perumahan di daerah ini . Melihat dari tata guna lahan yang ada pada daerah tersebut maka ruas jalan Untung Suropati Selatan memiliki tipe hambatan samping yang tergolong sedang.

### 3. Pendekat Selatan (Jalan Gatot Subroto)

Menurut Kementerian PUPR 1688/KPTS/M/2022 tentang penetapan ruas jalan menurut statusnya sebagai jalan nasional, jalan Gatot Subroto termasuk ke dalam jalan Arteri Primer.



(Sumber : dokumentasi pribadi)

**Gambar 5.** Visualisasi Pendekat Selatan

Tata guna lahan di pada daerah ini tergolong sebagai kawasan komersial. Hal ini terlihat dari daerahnya yang merupakan kawasan pasar besar serta banyaknya pertokoan dan pedagang yang berjualan di sisi jalan. Jalan ini adalah lengan selatan dari Simpang 4 Gatot Subroto Malang dimana merupakan jembatan brantas sehingga tidak terdapat hambatan samping di sekitarnya. Melihat dari tata guna lahan yang ada pada daerah tersebut maka ruas jalan Gatot Subroto yang merupakan pendekat simpang memiliki tipe hambatan samping yang tergolong rendah. Dikarenakan merupakan jalan arteri primer serta merupakan salah satu akses keluar kota Malang, banyak kendaraan besar melintas di jalan ini. Tundaan kerap terjadi terhadap kendaraan masuk simpang yang hendak lurus menuju jalan Jenderal Sudirman, dimana terhalang oleh kendaraan yang hendak belok kanan dari Jalan Trunojoyo dan Jalan Jenderal Sudirman.

#### 4. Pendekat Barat (Jalan Trunojoyo)

Menurut Keputusan Walikota Malang No 188.45/294/35.73.112/2023 tentang Penetapan Ruas-Ruas Jalan Berdasarkan Fungsinya, Jalan Trunojoyo termasuk ke dalam jalan Arteri Sekunder.



(Sumber : dokumentasi pribadi)

**Gambar 6.** Visualisasi Pendekat Barat

Tata guna lahan di pada daerah ini tergolong sebagai kawasan komersial. Hal ini terlihat dari banyaknya pertokoan yang ada di sepanjang jalan ini seperti kios dan warung makan di sekitarnya. Selain itu arus lalu lintas di pendekat simpang turut terganggu oleh kendaraan yang masuk dan keluar SPBU. Melihat dari tata guna lahan yang ada pada daerah tersebut maka ruas jalan Trunojoyo memiliki tipe hambatan samping yang tergolong tinggi.

## **BAB III**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **3.1 Transportasi**

Transportasi merupakan elemen penting dalam membangun suatu wilayah, dikarenakan sangat berperan dalam mendukung mobilitas manusia, barang, dan jasa. Menurut UU NO 22 Tahun, 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, transportasi adalah perpindahan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lain menggunakan kendaraan di ruang lalu lintas jalan. Transportasi merupakan bentuk interaksi antara manusia, barang, sarana, dan, prasarana yang saling terhubung untuk mendukung mobilitas orang maupun barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Transportasi yang berjalan efisien dapat memperkuat konektivitas antar wilayah, dan mampu meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Transportasi terbagi atas tiga komponen yaitu transportasi darat, laut, dan udara. Keberadaan sistem transportasi yang beragam dapat meningkatkan aksesibilitas masyarakat serta mempercepat pertumbuhan wilayah. Namun demikian di sisi lain, perkembangan transportasi juga dapat menimbulkan berbagai tantangan seperti kemacetan, pencemaran udara, serta dampak lingkungan yang membutuhkan perhatian secara serius (Triannah dkk., 2024).

#### **3.2 Kemacetan**

Kemacetan merupakan kondisi dimana volume kendaraan yang melintas melebihi kapasitas jalan, sehingga mengakibatkan terhambatnya pergerakan kendaraan. Kemacetan lalu lintas kerap terjadi di kawasan yang padat penduduk dengan aktivitas ekonomi dan pemanfaatan lahan yang intensif. Hal ini disebabkan oleh tingginya jumlah kendaraan yang digunakan, terlebih penggunaan kendaraan pribadi yang dominan digunakan dibandingkan dengan kendaraan umum (Wangsa dkk., 2021). Banyak dampak yang ditimbulkan dari kemacetan diantaranya adalah dampak terhadap lingkungan yang mampu menyebabkan polusi udara, dampak

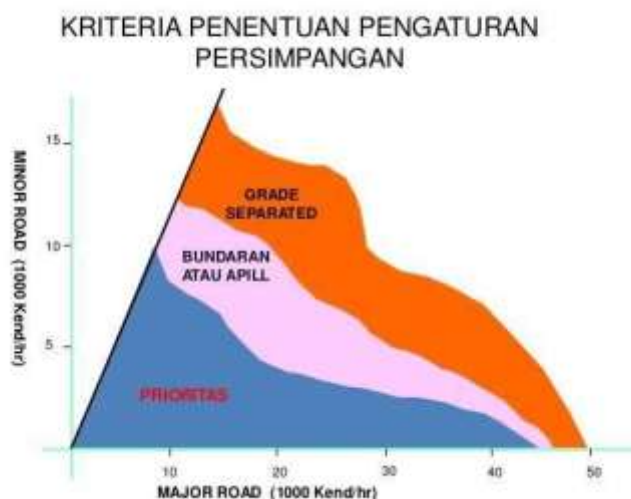
terhadap ekonomi yaitu penggunaan bahan bakar dan waktu, serta akan menimbulkan stres pengemudi (Rafsanjani Muarif dkk., 2018)

### 3.3 Persimpangan

Persimpangan merupakan simpul dalam jaringan transportasi yang terbentuk dari pertemuan dua atau lebih ruas jalan, dimana terjadinya perpotongan atau penggabungan arus lalu lintas (Indriyani, 2021). Persimpangan merupakan titik dimana terjadinya perubahan pergerakan pada kendaraan, dapat berupa persilangan, ataupun perpecahan sehingga konflik antara berbagai arus lalu lintas sering terjadi sehingga diperlukan desain yang sesuai untuk meningkatkan keselamatan dan kelancaran lalu lintas (Indriyani, 2021). Berdasarkan bentuk pengendaliannya persimpangan diklasifikasikan menjadi persimpangan sebidang yang dimana terdapat persimpangan yang diatur dengan Apill dan Non-Apill, serta persimpangan tidak sebidang yang terdiri atas *flyover*, dan *underpass*.

### 3.4 Penentuan Tipe Pengendalian Simpang

Tipe pengendalian simpang pada simpang tidak bersinyal dapat ditentukan berdasarkan grafik kriteria penentuan pengendalian persimpangan dimana ditinjau berdasarkan arus jalur mayor dan minor. Kriteria penentuan pengaturan persimpangan dapat dilihat melalui grafik berikut.



(Sumber : Australian Road Research Board)

**Gambar 7.** Kriteria Penentuan Pengaturan Persimpangan

Menurut grafik pengaturan persimpangan, terdapat hirarki pengaturan yang dimulai dari pengaturan simpang prioritas, bundaran atau Apill, dan persimpangan tidak sebidang untuk menangani volume tinggi atau persilangan antara jalan utama dengan rel kereta api (Haragdongan, 2019). Berikut penjelasan terkait hirarki pengendalian persimpangan berdasarkan volume lalu lintas.

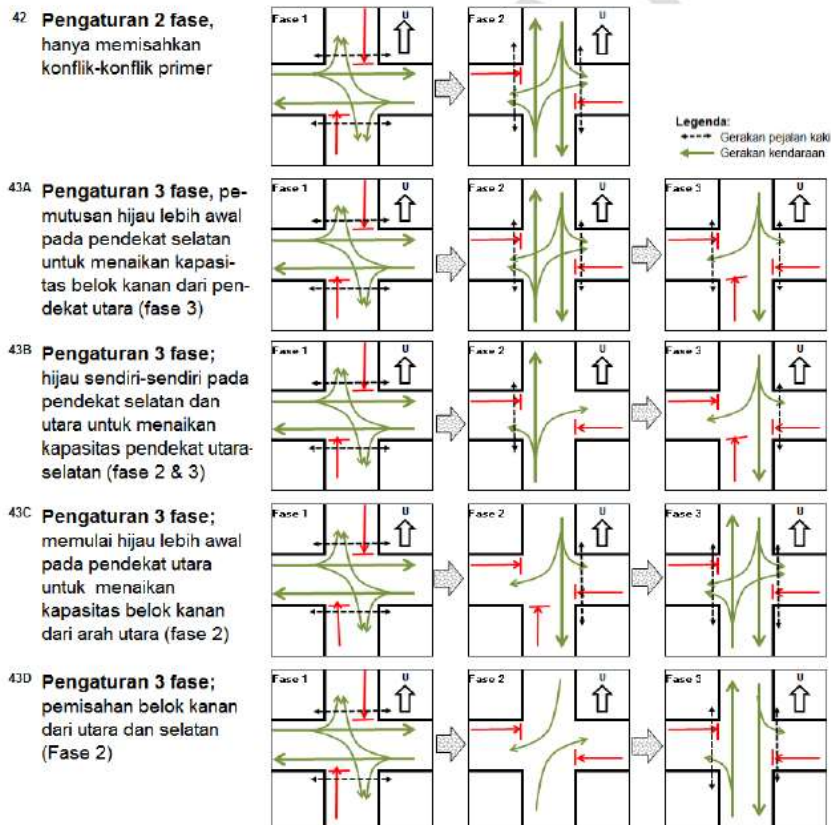
1. Pengaturan simpang prioritas diperlukan apabila arus minor kurang dari 10.000 kend/hari dan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari
2. Pengaturan lalu lintas dengan bundaran atau Apill diperlukan apabila arus minor lebih dari 10.000 kend/hari dan kurang dari 12.000 kend/hari sedangkan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari.
3. Pengaturan simpang tidak sebidang diperlukan apabila arus minor lebih dari 12.000 kend/hari dan arus mayor lebih dari 47.000 kend/hari.

### **3.5 PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia)**

PKJI merupakan panduan yang digunakan untuk menganalisis kapasitas dan kinerja lalu lintas di Indonesia. Pedoman ini digunakan sebagai dasar untuk menganalisis serta acuan teknis dalam melakukan perencanaan dan evaluasi kapasitas jalan Indonesia bagi penyelenggara lalu lintas (PKJI, 2023). Terdapat beberapa aspek yang dianalisis adalah sebagai berikut :

#### **3.5.1. Penentuan Tipe Fase Pada Simpang 4**

Penentuan fase simpang ditinjau berdasarkan rasio arus belok kanan dari simpang tersebut. Pengaturan arus belok kanan yang terpisah diterapkan apabila arus tersebut melebihi 200 smp/jam. Pengaturan fase pada simpang 4 terdiri atas pengaturan 2 fase, 3 fase, dan 4 fase. Berikut tipe pengaturan fase pada simpang 4.



(Sumber : PKJI, 2023)

**Gambar 8.** Pengaturan Apill Simpang 4 dengan 2 Fase dan 3 Fase

Tipe pengaturan Apill pada simpang 4 dengan 2 fase dan 3 fase yaitu sebagai berikut.

1. Tipe 42

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 2 fase atau 2 kali pelepasan kendaraan yaitu pada fase pertama pendekatan timur dan barat lepas secara bersamaan, kemudian dilanjutkan pada fase kedua di pendekatan utara dan selatan. Tipe ini hanya memisahkan konflik-konflik primer.

2. Tipe 43A

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 3 fase atau 3 kali pelepasan kendaraan dengan pemutusan hijau lebih awal yaitu pada fase pertama pendekatan timur dan barat lepas secara bersamaan, dilanjutkan

pada fase kedua di pendekat utara dan selatan, kemudian pada fase ketiga di lengan selatan terjadi pemutusan hijau lebih awal. Tipe ini untuk meningkatkan kapasitas belok kanan dari pendekat utara.

### 3. Tipe 43B

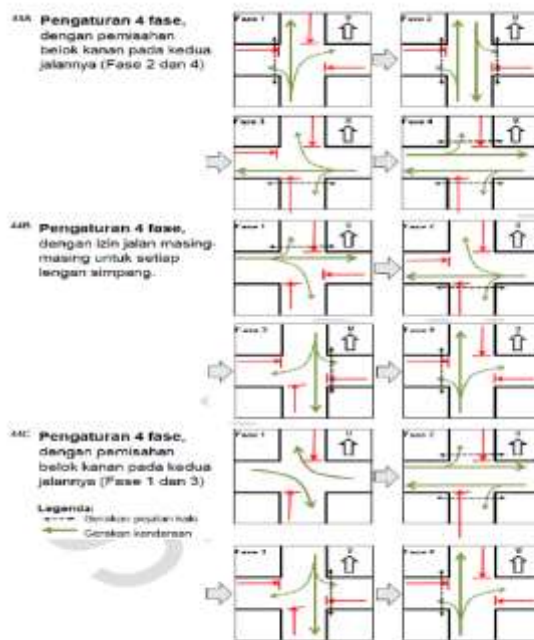
Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 3 fase atau 3 kali pelepasan kendaraan dimana pada fase 1 lengan timur dan barat bergerak secara bersamaan, kemudian secara berturut turut pada fase 2 dan 3 terdapat pengaturan hijau sendiri-sendiri pada pendekat selatan dan utara. Tipe ini untuk meningkatkan kapasitas pendekat utara dan selatan.

### 4. Tipe 43C

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 3 fase atau 3 kali pelepasan kendaraan dimana pada fase 1 lengan timur dan barat bergerak secara bersamaan, pada fase 2 lengan utara memulai hijau lebih awal kemudian pada fase 3 lengan utara dan selatan bergerak bersamaan. Tipe ini untuk meningkatkan kapasitas belok kanan dari pendekat utara.

### 5. Tipe 43D

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 3 fase atau 3 kali pelepasan kendaraan. Fase pada simpang ini memisahkan belok kanan dari arah utara dan selatan. Pada fase 1 lengan timur dan barat bergerak bersamaan, pada fase 2 lengan utara dan selatan untuk kendaraan belok kanan, kemudian pada fase 3 lengan utara dan selatan untuk kendaraan lurus dan belok kiri.



(Sumber : PKJI, 2023)

**Gambar 9.** Pengaturan Apill Simpang 4 dengan 4 Fase

Tipe pengaturan Apill pada simpang 4 dengan 4 fase yaitu sebagai berikut.

1. Tipe 44A

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 4 fase atau 4 kali pelepasan kendaraan dengan pemisahan belok kanan pada kedua jalannya yang terdapat pada fase 2 dan 4.

2. Tipe 44B

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 4 fase atau 4 kali pelepasan kendaraan. Semua lengan dari simpang ini tergolong kedalam tipe terlindung dikarenakan pengaturan fasenya terpisah pada tiap lengan simpang atau setiap lengan memiliki izin jalan masing masing.

3. Tipe 44C

Tipe fase ini merupakan simpang dengan 4 lengan yang memiliki pengaturan 4 fase atau 4 kali pelepasan kendaraan

dengan memisahkan belok kanan pada kedua jalannya yaitu pada fase 1 dan fase 3.

### 3.5.2. Analisis Simpang Apill

#### 1. Kapasitas Simpang Apill

Perhitungan kapasitas pada simpang Apill didasarkan pada jumlah waktu hijau dalam satu siklus dan waktu siklus pada simpang tersebut. Persamaan yang dapat digunakan dalam perhitungan kapasitas simpang Apill adalah sebagai berikut :

$$C = J \times \frac{W_H}{S} \quad (3.1)$$

Sumber : PKJI,2023

Keterangan :

C = kapasitas simpang Apill, dalam SMP/jam

J = arus jenuh, dalam SMP/jam

$W_H$  = total waktu hijau dalam satu siklus, dalam detik

S = waktu siklus, dalam detik

#### 2. Penentuan Arus Jenuh

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

Sumber : PKJI,2023

$J_0$  = Arus jenuh dasar

$F_{HS}$  = Faktor penyesuaian hambatan samping

$F_{UK}$  = Faktor penyesuaian ukuran kota

$F_G$  = Faktor penyesuaian kelandaian

$F_P$  = Faktor penyesuaian akibat parkir

$F_{BKl}$  = Faktor penyesuaian belok kiri

$F_{BKk}$  = Faktor penyesuaian belok kanan

##### a. Arus Jenuh Dasar

##### 1) Tipe terlindung

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

Sumber : Bina Marga ,2023

Keterangan :

$J_0$  = Arus jenuh dasar

$L_E$  = Lebar efektif pendekat

b. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{HS}$ ) disesuaikan dengan tipe lingkungan serta kelas hambatan samping dilihat melalui tabel berikut.

**Tabel 3. 1** Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	$F_{HS}$ untuk nilai $R_{KTB}$					
			0,00	0,05	1,0	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial	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	0,95	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
Pemukiman	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	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Bina Marga, 2023)

c. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Faktor koreksi ukuran kota ( $F_{UK}$ ) merupakan salah satu variabel dalam perhitungan kinerja dimana didasari oleh jumlah penduduk dari kota tersebut. Berikut merupakan tabel faktor koreksi ukuran kota :

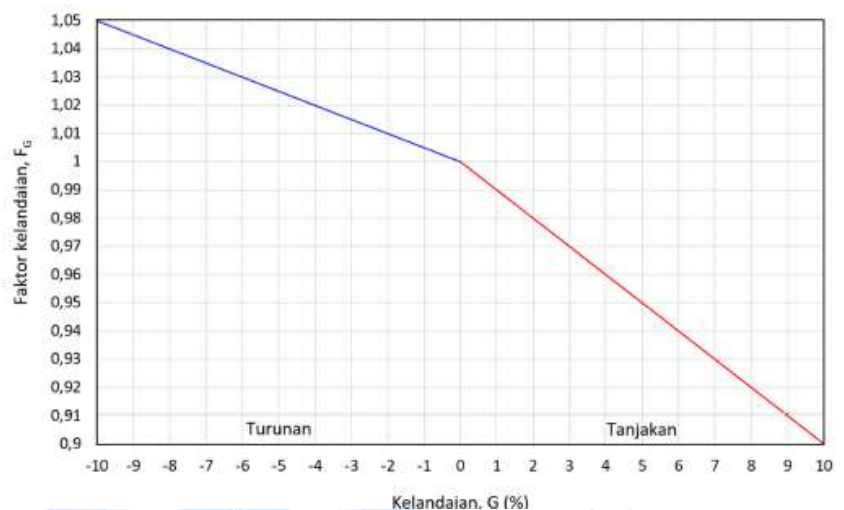
**Tabel 3. 2** Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

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	0,98
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	>3,0	1,05

(Bina Marga, 2023)

d. Faktor Koreksi Penyesuaian Kelandaian

Faktor koreksi kelandaian ( $F_G$ ) berpengaruh terhadap kinerja dari suatu persimpangan. Semakin besar kelandaian maka tundaan dan panjang antrian akan meningkat pada suatu simpang. Faktor penyesuaian kelandaian dapat dilihat melalui grafik berikut.



(Sumber: Bina Marga, 2023)

Gambar 10. Grafik Faktor Koreksi Kelandaian

e. Faktor Koreksi Jarak Parkir

Faktor penyesuaian untuk jarak parkir ( $F_P$ ) ditetapkan dengan mengacu pada jarak antara garis henti dengan lokasi kendaraan pertama yang parkir pada pendekat. Faktor koreksi jarak parkir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F_P = \frac{\left[ \frac{L_P}{3} - \frac{(L-2) \times \left( \frac{L_P}{3} - W_H \right)}{L} \right]}{W_H} \quad (3.4)$$

(Bina Marga, 2023)

Keterangan :

$L_P$  = Jarak antara garis henti dengan posisi kendaraan pertama yang parkir pada jalur belok kiri atau panjang dan jalur belok kiri yang pendek, dalam meter.

$L$  = Lebar pendekat, dalam meter

$W_H$  = Waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normal 27 (detik)).

f. Faktor Koreksi Belok Kiri

Faktor koreksi belok kiri ( $F_{BK_i}$ ) ditetapkan berdasarkan rasio belok kiri pada simpang. Perhitungan ini hanya diterapkan pada pendekat jenis terlindung (P) tanpa  $B_{K_iJT}$ , Kendaraan yang belok kiri cenderung memperlambat kecepatan sehingga mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung  $F_{BK_i}$  adalah sebagai berikut.

$$F_{BK_i} = 1 - (R_{BK_i} \times 0.16) \quad (3.5)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

Keterangan :

$R_{BK_i}$  = rasio kendaraan belok kiri

g. Faktor Koreksi Belok Kanan

Faktor koreksi belok kiri ( $F_{BK_a}$ ) dihitung berdasarkan rasio belok kanan pada simpang. Perhitungan ini hanya digunakan untuk tipe terlindung (P) pada jalan 2 arah tanpa median. Kendaraan yang melakukan manuver belok kanan umumnya mengambil jalur sepanjang garis tengah sebelum mencapai batas berhenti saat menyelesaikan belok yang mengakibatkan arus jenuh meningkat pada pendekat tersebut. Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung  $F_{BK_a}$  sebagai berikut.

$$F_{BK_a} = 1 + (R_{BK_a} \times 0.26) \quad (3.6)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

Keterangan :

$R_{BK_a}$  = rasio kendaraan belok kanan

3. Arus Jenuh yang Disesuaikan

Arus jenuh yang disesuaikan digunakan apabila dalam suatu pendekat memiliki fase lebih dari satu, seperti *early cut off*

dan *early start*. Persamaan yang dapat digunakan untuk perhitungan arus jenuh yang disesuaikan adalah sebagai berikut :

$$J_{1+2} = \frac{J_1 \times WH_1 + J_2 \times WH_2}{WH_1 + WH_2} \quad (3.7)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

#### 4. Rasio Arus terhadap Arus Jenuh

Rasio arus masing-masing pendekatan dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut.

$$R_{q/j} = \frac{q}{J} \quad (3.8)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

Keterangan :

$R_{q/j}$  = rasio arus masing-masing pendekatan

$Q$  = arus lalu lintas (smp/jam)

$J$  = arus jenuh

#### 5. Waktu Isyarat Apill

##### a. Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu yang diperlukan oleh simpang untuk menjalankan semua fase pada pendekatan. Penentuan waktu siklus dapat menggunakan persamaan atau dengan tabel berikut.

$$S = \frac{(1,5 - W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \quad (3.9)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

Keterangan :

$s$  = waktu siklus

$W_{HH}$  = waktu hijau hilang per siklus

$R_{q/j}$  = rasio arus

$R_{q/jkritis}$  = rasio arus yang tertinggi dari semua pendekatan yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{q/jkritis}$  = rasio arus simpang

**Tabel 3. 3** Penentuan Waktu Siklus

<b>Tipe Pengaturan</b>	<b>s yang layak (detik)</b>
2 fase	40-80
3 fase	50-100
4 fase	80-130

(Bina Marga,2023)

b. Waktu Hijau

Waktu Hijau merupakan waktu pada fase hijau yang diperlukan pada tiap pendekatan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu hijau pada simpang adalah sebagai berikut.

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/jkritis}}{\sum i(R_{q/jkritis})i} \tag{3.10}$$

Sumber : Bina Marga,2023

Keterangan :

s = Waktu siklus

$W_{HH}$  = Waktu hijau hilang per siklus

$R_{q/j}$  = Rasio arus

$R_{q/jkritis}$  = Rasio arus yang tertinggi dari semua pendekatan yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{q/jkritis}$  = Rasio arus simpang

c. Waktu Merah Semua

Waktu merah semua digunakan untuk memastikan area pada simpang yang dikendalikan telah kosong pada akhir setiap fase. Untuk menentukan waktu merah semua, diperlukan data geometrik berupa jarak dari garis henti menuju titik konflik, baik untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang dari arah lain serta pejalan kaki dengan satuan meter.

$$W_{MS} = Max \left\{ \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}, \frac{L_{PK}}{V_{PK}} \right\} \tag{3.11}$$

Sumber : Bina Marga,2023

Keterangan :

$W_{MS}$  = Waktu merah semua

$L_{KBR}$  = Jarak kendaraan berangkat

$P_{KBR}$  = Panjang kendaraan berangkat

$V_{KBR}$  = Kecepatan kendaraan berangkat

$L_{KDT}$  = Jarak kendaraan datang

$V_{KDT}$  = Kecepatan kendaraan datang

d. Waktu Hijau Hilang

Perhitungan waktu hijau hilang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W_{HH} = \sum i(wms + wk)i \quad (3.12)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

Keterangan :

$W_{MS}$  = Waktu merah semua

$W_K$  = Waktu Kuning

e. Rasio Arus Sempang

Rasio arus sempang diperoleh dari perbandingan antara arus jenuh pada pendekatan sempang. Persamaan yang dipakai untuk menentukan rasio arus sempang adalah sebagai berikut.

$$R_{AS} = \sum i(R_{q/jkritis})i \quad (3.13)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

f. Rasio Fase

Rasio fase diperoleh dengan membandingkan rasio arus tertinggi dari semua pendekatan yang bergerak dalam fase yang sama pada satu sempang terhadap rasio arus keseluruhan sempang. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung rasio fase sebagai berikut.

$$RF = \frac{R_{q/jkritis}}{R_{AS}} \quad (3.14)$$

Sumber : Bina Marga, 2023

6. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara arus lalu lintas dengan kapasitas pada setiap pendekatan. Apabila volume sudah mendekati kapasitas pada suatu pendekatan maka semakin

besar nilai derajat kejenuhan. Derajat kejenuhan diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$Dj = \frac{q}{c} \quad (3.15)$$

Sumber : Bina Marga,2023

Keterangan:

DJ = derajat kejenuhan.

C = kapasitas segmen jalan, (SMP/jam).

q = volume lalu lintas, dalam (SMP/jam)

#### 7. Panjang Antrean

Rata-rata jumlah antrean kendaraan (smp) pada awal fase hijau (Nq) merupakan akumulasi dari sisa kendaraan yang tersisa pada fase hijau sebelumnya (Nq1) dan kendaraan yang datang serta berhenti dalam antrean selama fase merah (Nq2), sebagaimana diitung menggunakan persamaan berikut.

$$Nq = Nq1 + Nq 2 \quad (3.16)$$

Sumber : Bina Marga,2023

Jika  $Dj \leq 0,5$  maka  $Nq1 = 0$

Jika  $Dj \geq 0,5$  maka menggunakan rumus berikut

$$Nq1 = 0,25 \times s \times ((Dj - 1) + \sqrt{(Dj - 1)^2 + \frac{8 \times (Dj - 0,5)}{s}}) \quad (3.17)$$

Sumber : Bina Marga,2023

$$Nq 2 = s \times \frac{(1 - Rh)}{(1 - Rh \times Dj)} \times \frac{q}{3600} \quad (3.18)$$

Sumber : Bina Marga,2023

Keterangan:

Nq1= jumlah smp yang tertinggi dari fase hijau sebelumnya

Nq2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DJ = derajat kejenuhan

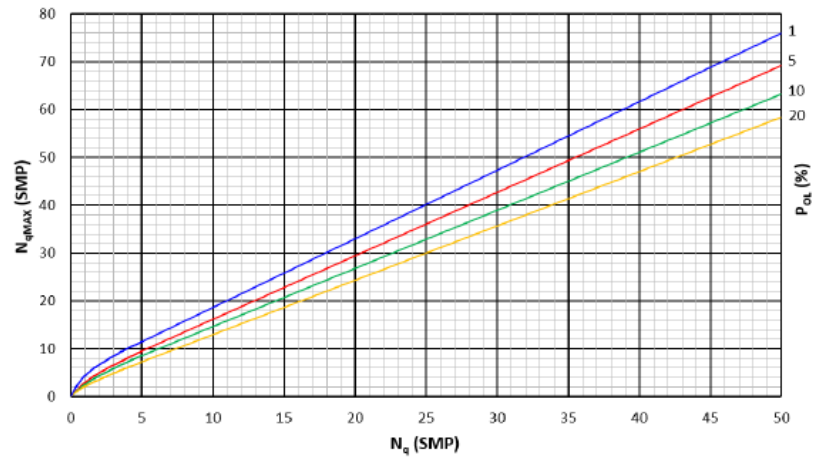
RH = rasio hijau

s = waktu siklus (det)

C = kapasitas (smp/jam)

q = arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Untuk menentukan jumlah kendaraan maksimum ( $N_q \text{ max}$ ) yang mengantre pada suatu pendekat dilihat berdasarkan grafik berikut.



(Sumber : Bina Marga ,2023)

**Gambar 11.** Jumlah Antrean Maksimum

Setelah mendapatkan nilai tersebut kemudian ditentukan nilai Panjang Antrean dimana didapat melalui persamaan berikut.

$$Pa = Nq \times \frac{20}{Lm} \quad (3.19)$$

Sumber : Bina Marga ,2023

Keterangan :

$Nq$  = Jumlah antrean kendaraan (smp)

$Lm$  = Lebar masuk (m)

### 3. 6 Penentuan Tingkat Pelayanan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 96 tahun 2015 tentang pedoman pelaksanaan kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas, tingkat pelayanan pada simpang ditentukan oleh besarnya nilai tundaan pada simpang tersebut. Semakin tinggi nilai tundaan maka semakin buruk tingkat pelayanannya. Kategori tingkat pelayanan untuk simpang disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 3. 4** Penentuan Tingkat Pelayanan

<b>Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)</b>	<b>Tundaan Per Kendaraan</b>
A	< 5 detik/kend
B	5 – 15 detik/kend
C	15 – 25 detik/kend
D	25 – 40 detik/kend
E	40 – 60 detik/kend
F	> 60 detik/kend

(Peraturan Menteri Perhubungan No 96, 2015)

### 3. 7 Perangkat Lunak Vissim

#### 1. Pengertian Vissim

Vissim (Verkehr in Städten Simulation Model) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi lalu lintas yang bersifat mikroskopis dimana perangkat ini digunakan untuk menggambarkan perencanaan arus lalu lintas dalam bentuk nyata (Rizqiah, 2021) Perangkat ini mampu menggambarkan arus lalu lintas dengan visual 3D. Parameter yang digunakan untuk membangun permodelan vissim diantaranya adalah :

- a. *Input background*
- b. *Link*
- c. *Vehicle input*
- d. *Vehicle type dan vehicle classes*
- e. *Vehicle route*
- f. *Vehicle competition*
- g. *Desired speed distribution*
- h. *Signal controller*
- i. *Driving behavior*
- j. *Configuration evaluation*
- k. *Node Result*
- l. *Data collection point*

#### 2. Kalibrasi Permodelan

Kalibrasi digunakan untuk menyesuaikan parameter pada permodelan agar hasil simulasi dapat mencerminkan kondisi lalu lintas di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan driving

behavior atau perilaku pengemudi agar sesuai dengan kondisi nyata. Menurut (Rusmandani dan Yunita Senja Pratiwi, 2024) kalibrasi permodelan vissim menggunakan parameter sebagai berikut:

- 1) *Average standstill distance* merupakan jarak antar kendaraan secara berurutan saat berhenti atau saat menunggu di belakang kendaraan lain, seperti pada persimpangan.
- 2) *Additive part of safety distance* merupakan koefisien penambah jarak aman
- 3) *Multiplic part of safety distance*, merupakan koefisien pengali jarak aman saat kendaraan bergerombol.
- 4) *Desired position at free flow*, merupakan jalur jalan kendaraan pada kondisi arus bebas.
- 5) *Overtake on same lane*, merupakan perilaku pengemudi yang ingin menyiap pada lajur kanan maupun kiri.
- 6) *Distance standing*, merupakan jarak antara satu kendaraan dengan kendaraan lain saat dalam kondisi berhenti.
- 7) *Look ahead distance (maximum)*, merupakan jarak pandang maksimal pengemudi ke arah depan sebelum menyalip.
- 8) *Look back distance (maximum)*, merupakan jarak pandang maksimal pengemudi ke arah belakang sebelum menyalip.
- 9) *Num Interaction Object*, merupakan banyak kendaraan atau objek lain yang diperhitungkan oleh kendaraan untuk membuat keputusan seperti pengereman, menyalip, dan perubahan lajur.

**Tabel 3. 5** Parameter Kalibrasi

Parameter	Nilai	
	Sebelum	Sesudah
Following		
Look Ahead Distance (maximum)	250	225
Look Back Distance (maximum)	150	100
Car Following Model		
Average standstill distance	2	0,52
Additive part of safety distance	2	0,57 & 0,29
Lateral		

Parameter	Nilai	
	Sebelum	Sesudah
Desired position at free flow	Middle of line	Any
Overtake on same lane	Off	On right and left
Diamond shaped queuing	No	Yes
Distance standing	0,2	0,54 & 0,32
Distance driving	1	0,7 & 0,34

(Rusmandani, 2024)

### 3. Validasi Permodelan

Validasi permodelan merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan bahwa pemodelaan yang dibuat sudah terkalibrasi dan dapat mengukur ketepatan model yang dibuat. Salah satu metode untuk melakukan validasi adalah dengan metode GEH (Geoffery E. Havers) dimana parameter yang digunakan adalah dengan membandingkan volume hasil observasi dengan volume hasil simulasi (Jepriadi, 2022). GEH merupakan rumus statistik modifikasi dari chi-squared, yang menggabungkan perbedaan nilai relatif dan nilai absolut. Persamaan GEH adalah sebagai berikut.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q \text{ simulated} - q \text{ observed})^2}{0,5 \times (q \text{ simulated} + q \text{ observed})}} \quad (3.20)$$

(Jepriadi, 2022)

Keterangan :

q observed = data observasi

q simulated = data hasil simulasi

Parameter yang digunakan untuk mengukur validitas model berdasarkan perhitungan GEH dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 3. 6** Parameter Validasi

Nilai GEH	Keterangan
< 5	diterima
5 – 10,0	error atau data buruk
> 10,0	ditolak

(Jepriadi, 2022)

### 3. 8 Perencanaan Geometrik Persimpangan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2021), tentang perencanaan teknis geometrik simpang, persimpangan harus

memperhatikan aspek keselamatan, kelancaran lalu lintas, efisiensi, keekonomisan, sert kenyamanan, selain itu, perencanaan juga perlu mempertimbangkan efisiensi desain, jenis kendaraan yang akan melintasi simpang, pandangan bebas bagi pengguna jalan, sisten drainase, aksesibilitas bagi penyandang disabilitas, serta kesesuaian dengan fungsi dan kelas jalan dalam sistem jaringan jalan. Apabila kondisi geometrik eksisting belum memenuhi kriteria tersebut, maka diperlukan upaya perbaikan geometri simpang guna meningkatkan kinerja lalu lintas dan menjamin keamanan pengguna jalan. Perencanaan geometrik persimpangan dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Lajur

Lajur merupakan bagian dari jalur dimana harus memiliki lebar dari lajur tergantung berdasarkan kecepatan rencana dan harus cukup untuk memungkinkan kendaraan melintas dengan aman dan nyaman. Penambahan lajur pada suatu persimpangan merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan kinerja persimpangan (Bangkit Prakoso dan Tri Sudiby, 2019). Penambahan lajur dapat berupa lajur belok kanan apabila arus jalan mayor melebihi 600 kendaraan/jam dan penambahan lajur belok kiri apabila arus kendaraan belok kiri melebihi 50% dari kapasitas untuk pergerakan arus jalur minor. Radius untuk jalur belok kiri dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$R_1 = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad (3.17)$$

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024)

Dimana untuk menentukan nilai dari koefisien tersebut menggunakan tabel berikut.

**Tabel 3. 7** Koefisien Penentuan Radius Lajur Belok Kiri

V(km/jam)	f	e(m/m)				
		0	0,02	0,04	0,06	0,08
		R <sub>1</sub> (m)				
20	0,34	10	9	9	8	8
30	0,28	25	23	22	20	19
40	0,23	55	50	45	43	40

V(km/jam)	f	e(m/m)				
		0	0,02	0,04	0,06	0,08
		R <sub>l</sub> (m)				
50	0,19	104	93	85	78	72
60	0,17	167	149	135	123	112
80	0,16	315	280	252	229	210

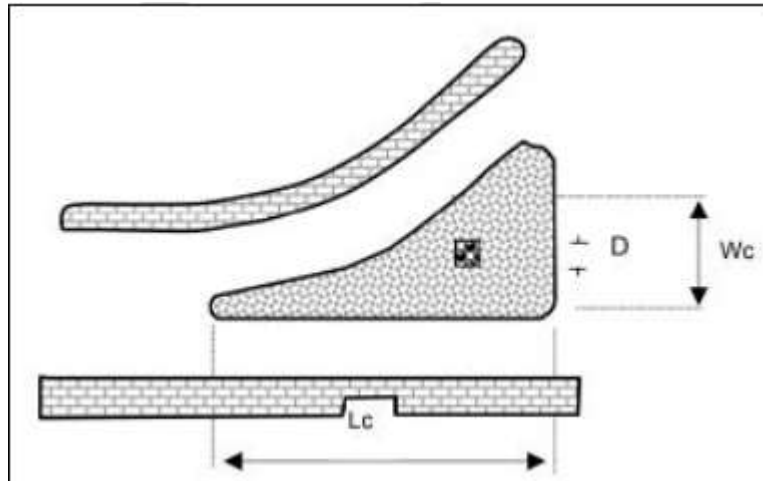
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024)

## 2. Kanalisasi dan pulau lalu lintas

Kanalisasi merupakan metode pengaturan arus kendaraan dengan pulau lalu lintas. Penempatan kanal ditentukan oleh pola lalu lintas, volume lalu lintas, gerakan pejalan kaki, serta tata letak jalan yang sudah ada. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024 mengenai pedoman teknis perencanaan geometri persimpangan, kanalisasi digunakan untuk :

- Mengurangi konflik yang disebabkan oleh arus lalu lintas yang berpotongan pada sudut siku-siku.
- Menggabungkan arus lalu lintas pada sudut kecil untuk memastikan kecepatan relatif rendah antara arus yang berlawanan.
- Mengendalikan kecepatan lalu lintas yang memasuki satu simpang
- Menyediakan tempat perlindungan untuk kendaraan berbelok
- Melarang pergerakan berbelok tertentu
- Memperbaiki efisiensi dan tata letak dari simpang bersinyal.
- Memberikan keamanan bagi pejalan kaki
- Memperbaiki dan menegaskan alinyemen dari pergerakan utama
- Menyediakan lokasi untuk instalasi sinyal lalu lintas dan rambu pengatur.

Perencanaan kanalisasi dengan menggunakan pulau jalan untuk kendaraan belok dimana menyediakan garis stop, lampu sinyal lalu lintas dan penyeberang jalan harus memiliki panjang minimum 6 m dan lebar 1,2 m.



Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024

**Gambar 12.** Pulau untuk Kanalisasi

Keterangan :

$D_{min}$  = lebar bagian dari fasilitas jalan

$Wc_{min}$  = lebar sisi segitiga yang lebih pendek =  $D+1,0$

$Lc_{min}$  = lebar sisi pulau jalan segitiga yang lebih paralel dengan arus lalu lintas (5 m)

### 3.9 Kalibrasi Nilai Arus Jenuh Dasar

Proses kalibrasi terhadap faktor pengali untuk menentukan nilai arus jenuh dasar pada PKJI dilakukan untuk menentukan nilai yang optimum digunakan pada kondisi saat itu. Kalibrasi dilakukan dikarenakan indikator yang digunakan pada PKJI sudah tidak sesuai untuk menggambarkan kondisi yang ada saat ini dimana PKJI mengadopsi dari Highway Capacity Manual (HCM,1985) yang didasarkan pada keadaan arus lalu lintas yang seragam (homogenitas traffic) dan didominasi oleh mobil penumpang (Dani Auliya dan Darma, 2024) . Menurut penelitian yang dilaksanakan oleh (Rahayu dkk., 2009) nilai yang digunakan sebagai faktor pengali terhadap arus jenuh dasar dapat bervariasi dikarenakan adanya perbedaan faktor penyesuaian pada setiap kondisi. Oleh karena itu diperlukan perbaikan dengan menentukan nilai pengali yang lebih tepat terhadap lebar efektif dalam perhitungan arus jenuh. Dalam penentuan faktor pengali digunakan metode Chi

Square untuk mengetahui seberapa tingkat kesalahan dari permodelan terhadap observasi. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk perhitungan Chi Square.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad (3.21)$$

(Rahayu dkk., 2009)

Keterangan :

O = Frekuensi yang diamati

E = frekuensi yang duharapkan

Proses kalibrasi terhadap nilai tersebut menggunakan solver excel. Solver excel merupakan pemrograman linear maupun non-linier yang digunakan untuk mengoptimalkan fungsi tujuan, atau untuk mencari nilai optimal terhadap suatu permasalahan dengan mempertimbangkan kondisi tertentu (Syaiful Anam dan Ramadhan, 2024). Pemrograman yang dilakukan berupa memaksimalkan atau meminimalkan suatu fungsi tujuan sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan. Dalam penerapannya, solver dapat menghasilkan nilai optimal yang sesuai dengan kondisi serta permasalahan yang terjadi, sehingga efektif digunakan dalam kajian optimasi khususnya transportasi. Penggunaan solver dalam bidang transportasi dapat membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data, serta peningkatan kualitas layanan transportasi.

### 3. 10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berfungsi sebagai pembanding antara penelitian yang dilakukan saat ini dengan penelitian terdahulu baik berupa skripsi, jurnal dan sebagainya. Berikut ini adalah tabel penelitian terdahulu beserta perbandingannya yang menjadi acuan dalam melakukan penelitian ini:

**Tabel 3. 8 Penelitian Terdahulu**

No	Judul Penelitian	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
1	Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Jalan Panglima Sudirman-Jalan Gatot Subroto Kota Malang	Yafi Rahmaniar et al., 2023	Perencanaan simpang bersinyal pada simpang 4 gatot subroto dengan menggunakan metode MKJI 1997 dilakukan untuk mengurangi tundaan dan panjang antrian yang terjadi pada simpang. Dengan pengaturan 2 fase maka dihasilkan derajat kejenuhan sebesar 0,459, tundaan rata-rata 9,86 det/smp, dengan tingkat pelayanan A.	Pada penelitian ini menggunakan metode MKJI 1997 .
2	Analisa Kinerja Simpang Tidak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tak Bersinyal Lengan Tiga Jl. Hasanuddin, Jl. Santiagi dan Jl Pogidon, Tuminting)	Paendong et al., (2020)	Persimpangan tiga tuminting merupakan salah satu simpang dengan tingkat konflik lalu lintas yang cukup tinggi, sehingga diperlukan pemasangan lampu lalu lintas (traffic light) untuk meningkatkan kelancaran pergerakan kendaraan. Berdasarkan analisis menggunakan metode MKJI 1997, kinerja eksisting simpang menunjukkan derajat kejenuhan 0,86 dengan tingkat pelayanan berada pada level D.Setelah dilakukan simulasi permodelan menggunakan program SUMO (simulation of urban mobility) dengan skenario penerapan lampu lalu lintas, diperoleh nilai tundaan sebesar 7,2 detik dan panjang antrian sebesar 46, 85.	Perbedaan terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997 dan simulasi menggunakan program SUMO ( <i>simulation of urban mobility</i> )

No	Judul Penelitian	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
3	Efektifitas peningkatan kontrol simpang tidak bersinyal menjadi simpang bersinyal (studi kasus : persimpangan jalan ring road dan jalan mangga)	Massang et al., (2022)	<p>Persimpangan jalan ring road di Kota Manado merupakan simpang tidak bersinyal yang mengalami konflik lalu lintas. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas. Berdasarkan analisis menggunakan metode MKJI 1997, simpang tersebut memiliki kapasitas sebesar 23775, 12 smp/ jam dengan derajat kejenuhan sebesar 0,7952.</p> <p>Hasil simulasi pergerakan lalu lintas eksisting menggunakan perangkat lunak SUMO menunjukkan panjang antrian untuk Jalan Ring Road (Barat): 143 m, Jalan Mangga (Utara): 182,17 m, dan Jalan Ring Road (Timur): 239,83 m Setelah penerapan pengaturan sinyal, hasil simulasi menunjukkan panjang antrian pada jalan Ring Road (Barat): 113 m, jalan Mangga (Utara): 180,25 m, dan jalan Ring Road (Timur): 194,75 m.</p>	Perbedaan terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997 dan simulasi menggunakan program SUMO ( <i>simulation of urban mobility</i> )
4	Analisis Redesain Pengendalian Simping Dengan Menggunakan MKJI 1997 dan Program PTV Vissim (Studi Kasus : Jalan P.M. Noor-Jalan D.I	Stepanigari et al., (2021)	Simpang tiga panjahitan merupakan simpang tak bersinyal di kota samarinda yang kerap mengalami kemacetan, maka diperlukan alternatif untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu dengan perencanaan Apill. Dengan menggunakan metode MKJI 1997 serta	Perbedaan terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997

No	Judul Penelitian	Penulis dan Tahun	Ringkasan	Pembeda
	Panjaitan 1 – Jalan D. I. Panjaitan 2		PTV Vissim alternatif penanganan untuk simpang ini adalah dengan pengaturan simpang bersinyal menggunakan 2 dan 3 fase. Selain itu dengan perencanaan bundaran.	
5	Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas Pada Simpang 3 (Tiga) Tak Bersinyal (Studi Kasus: Jembatan Ngujang-Jalan Raya Ngantru Kabupaten Tulungagung)	Hartono et al., (2021)	Pada simpang ini kerap terjadi konflik sehingga menimbulkan tundaan lalu lintas di atas badan jembatan. Berdasarkan analisis menggunakan metode MKJI 1997, diperlukan adanya alternatif pemecahan seperti pemasangan Apill menggunakan 3 fase dengan belok kiri jalan terus (LTOR)	Perbedaan terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997

