TUGAS AKHIR

ANALISIS SIMPANG EMPAT DENGAN APILL PADA SIMPANG GAPERTA KOTA MEDAN (*Studi Kasus*)

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ALDI TRIPUTRA
2007210184

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Muhammad Aldi Triputra
NPM	:	2007210184
Program Studi	:	Teknik Sipil
Judul Skripsi	:	"Analisis Simpang Empat Dengan Apill Pada Simpang Gaperta Kota Medan (Studi Kasus)"

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI
Medan, 13 September 2025
Dosen Pembimbing



Irma Dewi, S.T., M.Si

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

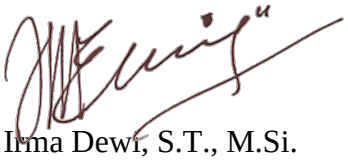
Nama	:	Muhammad Aldi Triputra
NPM	:	2007210184
Program Studi	:	Teknik Sipil
Judul Skripsi	:	"Analisis Simpang Empat Dengan Apill Pada Simpang Gaperta Kota Medan (Studi Kasus)"

Medan, 13 September 2025

Mengetahui dan

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Irma Dewi, S.T., M.Si.

Dosen Pembanding I	Dosen Pemanding II
	
Ir.Muhammad Husin Gultom , S.T., M.T.	Wiwin Nuzanah, S.T., MT.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Aldi Triputra

Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 03 Maret 2003

NPM : 2007210184

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Analisis Simpang Empat Dengan Apill Pada Simpang Gaperta Kota Medan (Studi Kasus)".

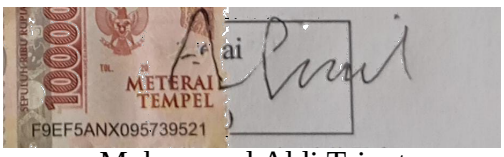
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non- material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 September 2025

Saya yang menyatakan,



Muhammad Aldi Triputra

NPM: 2007210184

ABSTRAK

ANALISIS SIMPANG EMPAT DENGAN APILL PADA SIMPANG GAPERTA KOTA MEDAN

(STUDI KASUS)

Muhamad Aldi Triputra

2007210184

Irma Dewi ST.MS.i

Kota Medan sebagai kota metropolitan menghadapi permasalahan kemacetan lalu lintas, salah satunya pada Simpang Gaperta yang dikendalikan dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang tersebut melalui parameter derajat kejenuhan, tundaan, dan panjang antrian berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023). Data primer diperoleh melalui survei volume lalu lintas pada jam puncak dan kondisi geometrik simpang. Hasil analisis menunjukkan bahwa derajat kejenuhan berkisar antara 0,94 hingga 1,1, yang menandakan kapasitas simpang masih memadai. Namun, tundaan rata-rata cukup tinggi, terutama pada pendekat barat (271,6 detik) dan timur (414,7 detik), dengan panjang antrian maksimum 131,4 meter. Kesimpulannya, meskipun tingkat kejenuhan masih rendah, tundaan yang besar menurunkan tingkat pelayanan simpang. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi ulang waktu siklus sinyal dan upaya rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang.

Kata Kunci : Hambatan samping, kapasitas, Derajat kejanuhan

ABSTRACT

ANALYSIS OF FOUR-ARM SIGNALIZED INTERSECTION AT GAPERTA INTERSECTION, MEDAN CITY

(CASE STUDY)

Muhamad Aldi Triputra

2007210184

Irma Dewi ST.MS.i

*Medan City, as one of Indonesia's metropolitan areas, faces severe traffic congestion, particularly at the Gaperta intersection controlled by traffic signals (APILL). This study aims to analyze the performance of the intersection through parameters of degree of saturation, delay, and queue length based on the Indonesian Highway Capacity Manual (PKJI, 2023). Primary data were obtained from traffic volume surveys during peak hours and geometric measurements of the intersection. The analysis results show that the degree of saturation ranges from 0.94 to 1,1, indicating that the intersection still operates within adequate capacity. However, the average delay is relatively high, especially at the west approach (*271,6 *seconds) and the east approach (414,7 seconds), with a maximum queue length of 38.2 meters. In conclusion, although the degree of saturation is low, the significant delay reduces the level of service of the intersection. Therefore, adjustments to the signal cycle time and traffic engineering measures are recommended to improve the intersection's performance.*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberi rahmat dan karunia yang melimpah sehingga penulis dapat menjalankan penulisan tugas akhir dengan lancar. Kemudian sholawat dan salam kepada nabi besar kita nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan hingga zaman terang benderang seperti pada saat ini. Alhamdulilah nikmat jasmani dan rohani berkat dari keduanya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan Judul "Analisa Tingkat Kemacetan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Karya Medan". Penelitian ini sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana program Teknik Sipil kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Terimakasih banyak kepada pihak- pihak yang telah tulus membantu penulis, sehingga penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu IrmaDewi ST.MS.i Selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing penulis hingga bisa menyelesaikan penelitian pada tugas akhir ini.
2. Bapak Husein Gultom, S.T., M.T Selaku dosen pembanding I dan Penguji yang memberi koreksi pada penelitian tugas akhir ini agar lebih lancar.
3. Ibu Wiwin Nurzanah,S.T.,M.T selaku dosen pembanding II dan penguji yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Josep Hadipramana,S.T.,M.Sc.,Ph.D. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara .
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Dr. Ade Faisal Selaku Wakil Dekan I, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Jajaran Bapak/Ibu Selaku Dosen Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Bapak dan Ibu Pegawai Staf Biro Administrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

10 .Kepada kedua orang tua dan saudara yang penulis sayangi, yang sudah mensupport dan mendoakan penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini baik dalam segi moral, maupun materi.

11. Kepada Farah Zulfakhira Wardah yang telah membantu semangat,motivasi dukungan proses penulisan Tugas akhir ini

12. Kepada seluruh rekan-rekan kelas A2 siang stambuk 2020 Fakultas Teknik program studi teknik sipil yang telah menemani serta menjadi pendukung pengerjaan tugas akhir ini.

Pada tugas akhir ini masih tergolong jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis berharap mendapatkan kritik dan masukan demi kesempurnaan untuk menjadi bahan pembelajaran di masa depan.

Medan, 28 Juli 2025

Muhammad Aldi Triputra

(2007210184)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING **i**

LEMBAR PENGESAHAN **ii**

ABSTRAK **iv**

ABSTRACT **v**

DAFTAR ISI **viii**

DAFTAR TABEL **xi**

DAFTAR GAMBAR **xii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Ruang lingkup Penelitian 2

1.4 Tujuan Penelitian 2

1.5 Manfaat Penelitian 3

1.6 Sistematika Penulisan 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 Pengertian Persimpangan 5

2.2 Jenis - Jenis Persimpangan 5

2.2.1 Persimpangan Berdasarkan Elevasi 5

2.2.2 Persimpangan Berdasarkan Pengendalian Lalu Lintas 10

2.2.3 Berdasarkan Bentuk Geometrinya 12

2.3 Karakteristik Lalu Lintas 14

2.3.1 Konflik Lalu Lintas 14

2.3.2 Pengaturan Fase 15

2.4 Tingkat Pelayanan 16

2.4.1 Kapasitas (*Capacity*) 17

2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas 18

2.4.3 Hubungan Kapasitas dengan Derajat Kejenuhan 18

2.4.4 Evaluasi Kapasitas Simpang 18

2.5 Kinerja Simpang Bersinyal 19

2.5.1 Lampu Lalulintas 19

2.5.2 Geometrik Simpang Bersinyal 19

2.5.3 Kondisi Arus Lalulintas 20
2.6 Karakteristik Sinyal dan Pergerakan Lalulintas 21
2.6.1. Penggunaan Sinyal 21
2.6.2. Penentuan Waktu Sinyal 23
2.6.3. Arus Jenuh 26
2.6.4. Rasio Arus 28
2.7 Faktor Penyesuaian 28
2.7.1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{uk}) 28
2.7.2 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_G) 29
2.7.3 Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg) 29
2.7.4 Faktor Penyesuaian Parkir (Fp) 30
2.7.5 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa}) 31
2.7.6 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKi}) 32
2.8 Waktu Siklus dan Waktu Hijau 33
2.8.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian 33
2.8.2 Waktu Hijau 34
2.9 Rasio Kendaraan Henti 35
2.10 Derajat kejenuhan (DJ) 35
2.11 Tundaan 36
2.12 Panjang Antrian 36
BAB 3 METODE PENELITIAN 38
3.1 Bagan Alir Penelitian 38
3.2 Lokasi Penelitian 39
3.3 Tahap Persiapan 40
3.4 Tahap Pengumpulan Data 40
3.4.1 Metode Studi Pustaka 40
3.4.2 Metode Survei 41
3.4.3 Waktu Penelitian 41
3.4.4 Alat Penelitian 41
3.5 Rencana Penelitian 41
3.5.1 Variabel yang di Ukur 41
3.5.2 Survei Pendahuluan 42

3.6 Tahap Pembahasan 42
3.6.1 Analisis Simpang 42
3.6.2 Metode Pemecahan Masalah 43
3.6.3 Data Arus Lalulintas 44
3.6.4 data waktu siklus 56
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 57
4.1. Karakteristik Lalulintas 57
4.1.1. Data Arus Lalulintas 57
4.1.2 Arus Jenuh 65
4.1.3 Rasio Arus Jenuh **RQJ** 66
4.1.4 Waktu siklus 67
4.1.5 Kapasitas (C) 67
4.2 Derajat Kejenuhan(Dj) 68
4.3 Panjang Antrian 70
4.4 Tundaan 73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76

DAFTAR TABEL

2.1	Tingkat Pelayanan (Level of Service/LOS)	16
2.2	Emp untuk Tipe Pendekat	20
2.3	Nilai Normal Waktu Antara Hijau	21
2.4	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)	26
2.5	Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor	24
2.6	Waktu Siklus yang Disarankan untuk Keadaan yang Berbeda	30

DAFTAR GAMBAR

2.1	Bentuk - Bentuk Simpang Sebidang	6
2.2	Bentuk - Bentuk Simpang Sebidang	8
2.3	Konflik – Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang Bersinyal Dengan Empat Lengan	14
2.4	Pengaturan Dua Fase	14
2.5	Pengaturan Tiga Fase	15
2.6	Pengaturan Empat Fase	15
2.7	Titik Konflik	22
2.8	Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat	24
2.9	Faktor Penyesuaian Kelandaian	27
2.10	Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek Fp	27
2.11	Faktor Penyesuaian Belok Kanan FRT	28
2.12	Faktor Penyesuaian Belok Kiri FLT	29
2.13	Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian	30
3.1	Bagan Alir Penelitian	33
3.2	Lokasi Penelitian	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Medan adalah sebuah ibukota dari Provinsi Sumatera Utara. Sebagai kota terbesar ke tiga di Indonesia, Kota Medan merupakan kota dengan pertumbuhan dan perkembangan wilayah yang cukup pesat. Hal ini disebabkan karena cepat nya pertumbuhan penduduk di Kota Medan. Dampak dari pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Medan adalah terjadinya perubahan fisik khususnya penggunaan lahan sebagai daerah pemukiman. Selain itu, pemerintah setempat juga mengembangkan infrastruktur pendukung yang menyebabkan peningkatan penggunaan lahan kosong (Sipayung et al., 2019).

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang berfungsi untuk melayani pergerakan manusia dan barang. Jalan dikatakan baik jika direncanakan sedemikian rupa sehingga unsur keselamatan dan kenyamanan pemakai jalan dapat terjamin dengan baik .Setiap daerah memiliki kondisi wilayah dan karakteristik masing-masing yang dapat membedakan kebutuhan pembangunan jalan antara daerah yang satu dengan daerah yang lain. Oleh sebab itu setiap akan melakukan pembangunan jalan perluterlebih dahulu dilakukan studi yang berkaitan dengan rencanapembangunan jalan serta memperhatikan dasar-dasar pertimbangan yang mempengaruhi perencanaan jalan agar dapat mengantisipasi dampak yang timbul akibat adanya pembangunan jalan (Kusmaryono, 2021).

Persimpangan ini sering terjadi penumpukan kendaraan yang menyebabkan kemacetan yang cukup panjang. pertambahan volume lalu lintas akan menyebabkan terjadinya penurunan layanan yang diakibatkan oleh penurunan kapasitas jalan. Hal ini akan menyebabkan tingkat kejenuhan di jalan meningkat, sehingga jalan tersebut tidak mampu melayani masyarakat dan tidak sesuai dengan kebutuhan.Permasalahan-permasalahan yang terjadi pada simpang gaperta Namun ada beberapa faktor lain yang memiliki dampak kemacetan bagi pengguna jalan yang melalui simpang gaperta Medan. Terjadinya kemacetan adalah akibat dari ketidak seimbangan jaringan lalu lintas yang ada, yaitu adanya penumpukan

kendaraan yang menyebabkan kepadatan lalu lintas pada suatu jaringan jalan tertentu menjadi tinggi sehingga arus lalu lintas tersendat bahkan terhenti. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan yang akan ditinjau dimana kemacetan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,8 (PKJI,2014). Berdasarkan uraian tersebut maka penulis ingin mengambil penelitian dengan judul "Analisa Kemacetan Arus Lalu Lintas pada Simpang Gaperta Kota Medan".

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat uraian dari latar belakang diatas maka yang menjadi permasalahan dalam penulisan tersebut:

1. Bagaimana derajat kejenuhan dan panjang antrian simpang Gaperta?
2. Bagaimana Tundaan pada Simpang Gaperta?

1.3 Ruang lingkup Penelitian

Untuk mendapatkan suatu saran yang lebih terarah dan jelas, dimana ruang lingkup penelitian simpang gaperta cukup luas maka perlu diadakan ruang lingkup penelitian, hal ini dapat dilakukan untuk menghasilkan penelitian yang lebih objektif. Antara lain:

1. Penelitian dilakukan pada simpang gaperta dengan menggunakan metode PKJI, 2023.
2. Mencoba menganalisi derajat kejenuhan, tundaan, dan panjang antrian pada waktu jam sibuk yang di tinjau.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui analisa kemacetan yang terjadi di Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui Kinerja panjang antrian dan tundaan simpang Gaperta sesuai dengan ketentuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023).

2. Mengetahui derajat kejenuhan simpang Gaperta sesuai dengan ketentuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia

1.5 Manfaat Penelitian

Apapun maanfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat pertumbuhan kendaran di Kota Medan seperti volume dan kapasitas pada ruas jalan yang di teliti. Kondisi karakteristik geometrik pada arus jalan yang di teliti, dan kondisi arus lalu lintas di Kota Medan yang semakin lama semakin padat serta permasalahan lalu lintas yang lainnya terutama terkait dengan masalah pengaturan jalan untuk penelitian khususnya dan pihak terkait pada umumnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum, maka penulisan tugas akhir ini dibagi dalam 5 (lima) Bab. Pembagian ini dimaksudkan untuk mempermudah pembahasan serta penelaahannya, dimana uraian yang dimuat dalam penulisan ini dapat dengan mudah dimengerti. Pembagian yang dimaksud dilakukan sebagai berikut:

1. BAB 1. PENDAHULUAN

   Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, Ruang Lingkup, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

   Bab ini terdiri dari tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi penelitian ini.
3. BAB 3 METODE PENELITIAN

   Bab ini berisikan langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, meliputi persiapan pengumpulan data, dan teknik pengumpulan data.
4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

   Bab ini berisi tentang penyajian data serta proses tata cara perhitungan. analisis simpang empat dengan apill pada simpang gaperta kota medan
5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

   Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis terhadap analisis simpang empat dengan apill pada simpang gaperta kota medan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Persimpangan

Persimpangan adalah bagian terpenting dari sistem jaringan yang secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan volume lalu lintas dalam sistem jaringan tersebut (Alhadar, 2011).

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jalan.Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan. Di mana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan berpindah ke jalan lain (Lumintang et al., 2013).

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya.

Persimpangan jalan merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan. Hal ini disebabkan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya (Mandasari et al., 2019).

2.2 Jenis - Jenis Persimpangan

Jenis persimpangan diklasifikasikan menjadi 2 (Basalamah et al., n.d.).

2.2.1 Persimpangan Berdasarkan Elevasi

Menurut PKJI 2023, persimpangan diklasifikasikan berdasarkan elevasi menjadi dua jenis utama:

2.2.1.1 Persimpangan Sebidang

Persimpangan sebidang adalah titik pertemuan antara dua atau lebih jalan yang berada pada elevasi yang sama, memungkinkan arus lalu lintas dari berbagai

arah untuk saling berinteraksi secara langsung. Jenis persimpangan ini umum ditemukan di kawasan perkotaan dan pedesaan karena konstruksinya yang lebih sederhana dan biaya pembangunan yang relatif rendah dibandingkan dengan persimpangan tidak sebidang (Gunawan, 2019).

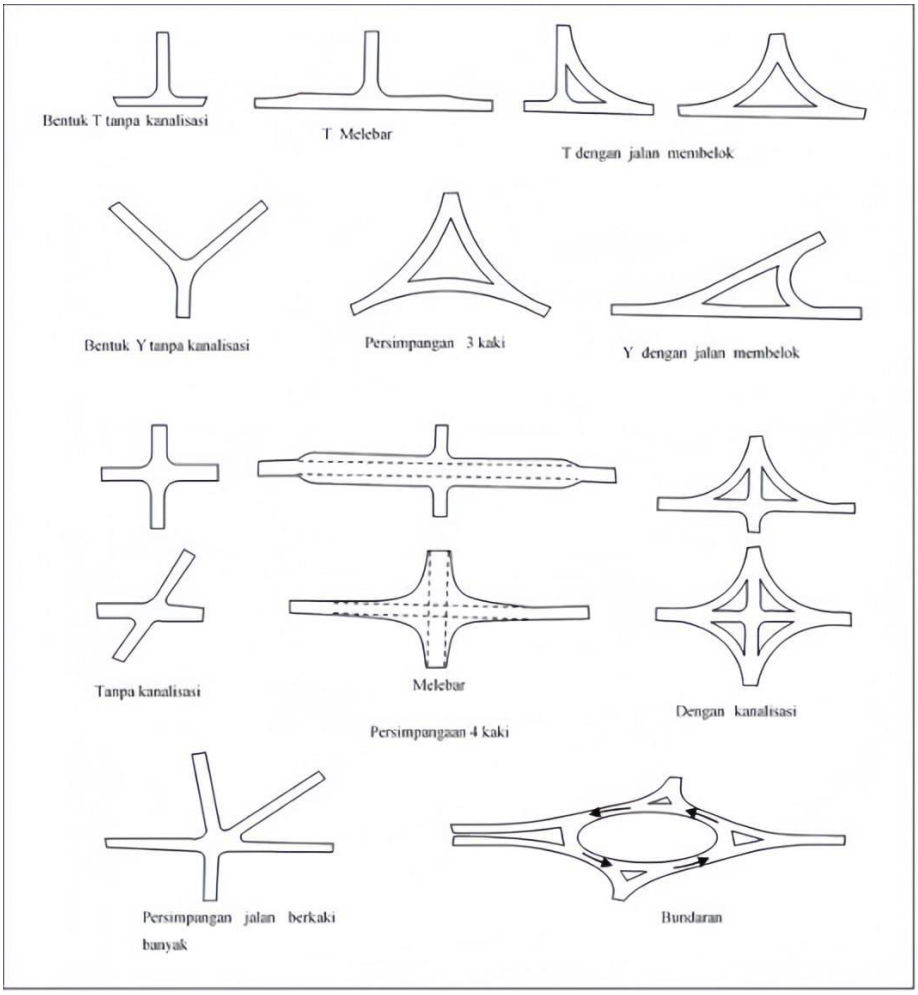
Karakteristik Persimpangan Sebidang berupa Elevasi Sama: Semua jalan yang bertemu berada pada tingkat ketinggian yang sama, sehingga kendaraan dari berbagai arah dapat berpotongan langsung.

Evaluasi kinerja persimpangan sebidang menurut PKJI 2023 melibatkan beberapa parameter:

- Derajat Kejenuhan (DJ): Merupakan rasio antara volume lalu lintas aktual dengan kapasitas persimpangan. Nilai DJ yang tinggi menunjukkan tingkat kejenuhan yang tinggi, yang dapat menyebabkan kemacetan.
- Tundaan (T): Mengukur waktu rata-rata yang dihabiskan kendaraan untuk melewati persimpangan. Tundaan yang tinggi menunjukkan efisiensi yang rendah
- Panjang Antrian (PA): Menunjukkan panjang rata-rata antrian kendaraan yang terjadi di persimpangan.

Berikut adalah beberapa gambar yang menggambarkan jenis lengan persimpangan sebidang sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023:

1. Simpang 3 Tegak Lurus (T-Intersection): Pertemuan tiga lengan jalan dengan sudut mendekati 90°, membentuk huruf "T".
2. Simpang 3 Tidak Tegak Lurus (Y-Intersection): Pertemuan tiga lengan jalan dengan sudut kurang dari 90°, membentuk huruf "Y".
3. Simpang 4 Tegak Lurus (Cross Intersection): Pertemuan empat lengan jalan dengan sudut mendekati 90°, membentuk tanda tambah "+".
4. Simpang 4 Tidak Tegak Lurus (X-Intersection): Pertemuan empat lengan jalan dengan sudut tidak tegak lurus, membentuk huruf "X".
5. Simpang 5 atau Lebih: Pertemuan lima atau lebih lengan jalan, memerlukan desain dan pengaturan lalu lintas yang lebih kompleks.
6. Bundaran (Roundabout): Simpang melingkar dengan arus lalu lintas searah jarum jam di sekitar pulau bundar.



Gambar 2.1: Bentuk - Bentuk Simpang Sebidang (PKJI, 2023)

2.2.1.2 Persimpangan Tidak Sebidang

Persimpangan Tidak Sebidang Terjadi ketika satu jalan berada di atas atau di bawah jalan lainnya, biasanya menggunakan jembatan layang atau terowongan. Desain ini bertujuan untuk menghilangkan konflik lalu lintas dan meningkatkan kelancaran arus kendaraan.kendaraan dalam detik dan dikategorikan dalam huruf A sampai F, dengan F menandakan kondisi lalu lintas sangat buruk (Wikrama, 2011).

Beberapa tantangan dalam pengelolaan simpang bersinyal adalah pertumbuhan volume kendaraan yang pesat, kepatuhan pengguna terhadap sinyal, serta kurangnya sinkronisasi antar simpang. Untuk itu, pendekatan adaptif seperti sinyal berbasis sensor atau sistem *Area Traffic Control* (ATC) dapat menjadi Solusi (Widjajanti & Ifani, 2020).

Simpang tidak sebidang adalah jenis persimpangan di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu pada level atau ketinggian yang berbeda, sehingga arus lalu lintas tidak saling berpotongan secara langsung. Tujuan utama dari desain ini adalah untuk menghilangkan konflik lalu lintas, meningkatkan kapasitas jalan, dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan (Simpang et al., 2024).

Karakteristik Simpang Tidak Sebidang berupa Desain Bertingkat yang menggunakan struktur seperti jalan layang (*flyover*), terowongan (*underpass*), atau ramp untuk memisahkan arus lalu lintas. Mengurangi Titik Konflik Dengan memisahkan arus lalu lintas secara vertikal, potensi tabrakan berkurang karena kendaraan tidak saling bersilangan secara langsung.

Kapasitas Lebih Tinggi yang Mampu menangani volume lalu lintas yang lebih besar dibandingkan simpang sebidang Biaya dan Ruang yang Memerlukan investasi yang lebih besar dan ruang yang lebih luas untuk konstruksi dibandingkan simpang sebidang (Nonreguler et al., 2014).

Berikut ini adalah jenis-jenis persimpangan tak sebidang, yang terdiri dari 7 jenis:

1. Diamond Interchange

Merupakan tipe simpang tidak sebidang yang paling sederhana dan ekonomis. Biasanya digunakan pada pertemuan antara jalan arteri dan jalan bebas hambatan. Ramp pada tipe ini membentuk pola seperti belah ketupat.

2. Trumpet Interchange

Digunakan untuk menghubungkan jalan bebas hambatan dengan jalan yang berakhir (cul-de-sac) atau jalan dengan volume lalu lintas rendah. Ramp membentuk pola seperti terompet.

3. Cloverleaf Interchange

Memiliki ramp berbentuk daun semanggi yang memungkinkan semua pergerakan belok kiri tanpa konflik silang. Namun, desain ini memerlukan lahan yang luas dan dapat menyebabkan konflik pada titik jalinan.

4. Partial Cloverleaf (Parclo) Interchange

Merupakan modifikasi dari cloverleaf interchange dengan menghilangkan beberapa ramp untuk mengurangi konflik dan kebutuhan lahan. Contohnya adalah Parclo A dan Parclo B.

5. Directional Interchange

Dirancang untuk mengakomodasi volume lalu lintas tinggi dengan menyediakan ramp langsung untuk pergerakan belok kiri dan kanan. Biasanya digunakan pada pertemuan antara dua jalan bebas hambatan.

6. Single Point Urban Interchange (SPUI)

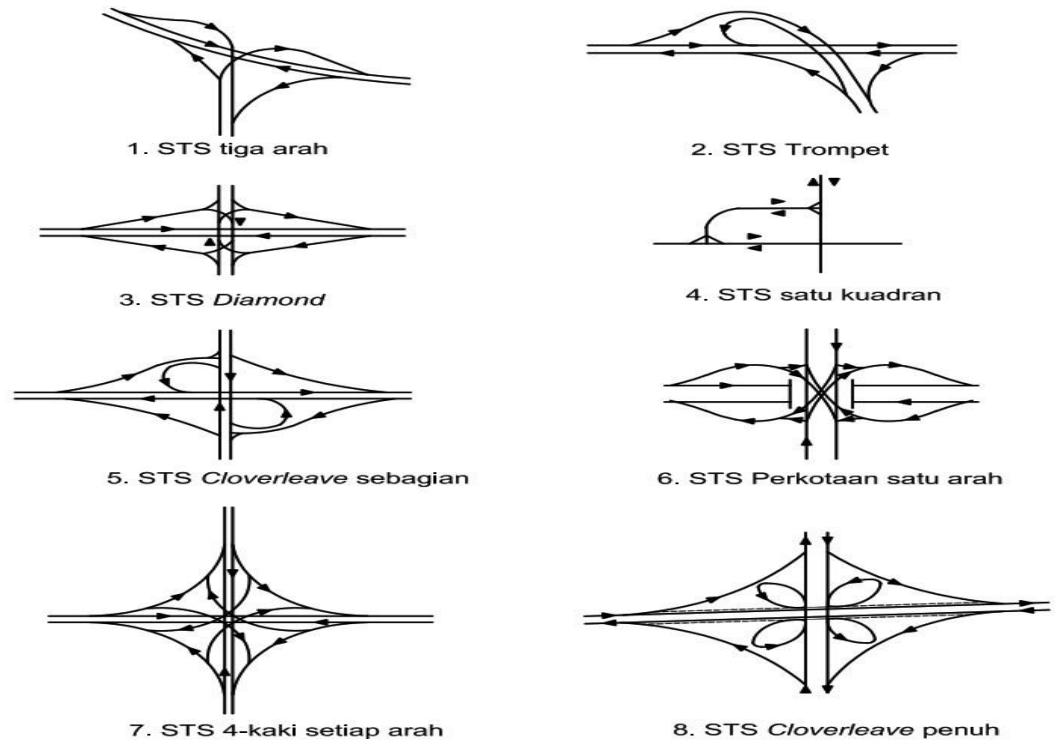
Menggabungkan semua pergerakan lalu lintas pada satu titik kontrol, biasanya menggunakan satu set lampu lalu lintas. Desain ini efisien dalam penggunaan lahan di area perkotaan padat.

7. Stack Interchange

Merupakan simpang bertingkat dengan beberapa level ramp yang memungkinkan pergerakan bebas konflik. Desain ini kompleks dan memerlukan biaya konstruksi tinggi.

8. Double Trumpet Interchange

Merupakan kombinasi dari dua trumpet interchange yang digunakan untuk menghubungkan tiga jalan. Desain ini efisien untuk mengakomodasi pergerakan lalu lintas dari tiga arah



Gambar 2.2: Bentuk - Bentuk Simpang Tidak Sebidang (PKJI, 2023)

2.2.2 Persimpangan Berdasarkan Pengendalian Lalu Lintas

2.2.2.1 Simpang Bersinyal (APILL)

Simpang bersinyal adalah persimpangan yang dilengkapi dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) yang mengatur pergerakan kendaraan melalui sinyal lampu. Sinyal ini bertujuan untuk mengendalikan konflik lalu lintas yang terjadi di simpang dan memberikan giliran pergerakan secara sistematis kepada pengguna jalan dari berbagai arah. Dengan adanya sinyal lalu lintas, risiko kecelakaan akibat konflik antar-arah dapat diminimalkan (Suryaningsih et al., 2020).

Kinerja simpang bersinyal dinilai menggunakan beberapa parameter seperti derajat kejenuhan (DS), tundaan rata-rata kendaraan, panjang antrian, dan tingkat pelayanan (*Level of Service*/LOS). Tingkat pelayanan diukur berdasarkan tundaan kendaraan dalam detik dan dikategorikan dalam huruf A sampai F, dengan F menandakan kondisi lalu lintas sangat buruk (Wikrama, 2011).

Beberapa tantangan dalam pengelolaan simpang bersinyal adalah pertumbuhan volume kendaraan yang pesat, kepatuhan pengguna terhadap sinyal, serta kurangnya sinkronisasi antar simpang. Untuk itu, pendekatan adaptif seperti sinyal berbasis sensor atau sistem *Area Traffic Control* (ATC) dapat menjadi Solusi (Widjajanti & Ifani, 2020).

karakteristik Simpang Bersinyal dalam PKJI 2023:

1. Terdapat APILL (Lampu Lalu Lintas):

   APILL digunakan untuk mengatur giliran pergerakan lalu lintas dari setiap lengan simpang dan meminimalkan konflik antara kendaraan dari arah yang berbeda.
2. Diperuntukkan bagi Volume Lalu Lintas yang Tinggi:

   Simpang bersinyal umumnya digunakan di lokasi dengan volume lalu lintas sedang hingga tinggi, terutama di area perkotaan.
3. Pengaturan Siklus Waktu (*Cycle Time*):

   PKJI 2023 menyajikan pedoman teknis untuk menghitung siklus waktu total (*total cycle time*), waktu hijau (*green time*), waktu hilang (*lost time*), dan

efisiensi waktu sinyal berdasarkan volume lalu lintas pada masing-masing lengan.

4. Pembagian Fase Lalu Lintas:

   Pembagian fase dilakukan berdasarkan arah pergerakan utama seperti:

   - Lurus
   - Belok kiri
   - Belok kanan

   Fase-fase ini dapat diatur terpisah atau bersamaan tergantung kebutuhan kapasitas dan keselamatan.

2.2.2.2 Simpang Tidak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan yang tidak dilengkapi dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL). Pengaturan lalu lintas pada simpang jenis ini bergantung pada rambu lalu lintas, marka jalan, dan etika berkendara pengguna jalan. Simpang tak bersinyal sering ditemukan di daerah dengan volume lalu lintas rendah hingga sedang. Namun, tanpa pengaturan sinyal, simpang ini rentan terhadap konflik arus lalu lintas, terutama pada jam-jam sibuk, yang dapat menyebabkan kemacetan dan peningkatan risiko kecelakaan (Nonreguler et al., 2004).

Kinerja simpang tidak bersinyal biasanya dianalisis menggunakan parameter seperti derajat kejenuhan (DS), tundaan rata-rata, dan peluang antrian. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, derajat kejenuhan yang ideal adalah di bawah 0,85. Namun, banyak simpang tidak bersinyal di Indonesia yang memiliki DS di atas nilai tersebut, menunjukkan bahwa kapasitas simpang telah terlampaui (Hakim et al., 2023).

Kinerja simpang tidak bersinyal dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Berikut adalah penjelasan mengenai faktor-faktor tersebut:

1. Volume Lalu Lintas

Volume kendaraan yang tinggi pada simpang tidak bersinyal dapat menyebabkan peningkatan derajat kejenuhan (DS), yang mengindikasikan bahwa kapasitas simpang telah terlampaui (Bangun et al., 2024)

2. Geometri Simpang

Desain geometrik simpang, seperti jumlah lengan, lebar pendekat, dan sudut pertemuan jalan, mempengaruhi kapasitas dan efisiensi lalu lintas (Sembiring et al., 2023).

3. Hambatan Samping

Aktivitas di sekitar simpang, seperti parkir kendaraan, pedagang kaki lima, dan penyeberang jalan, dapat mengurangi lebar efektif jalan dan mengganggu aliran lalu lintas (Regency & Sumatra, 2021).

4. Rasio Belok Kanan

Tingginya rasio kendaraan yang melakukan belok kanan dapat meningkatkan konflik lalu lintas dan menyebabkan peningkatan tundaan serta peluang antrian.

5. Perilaku Pengemudi dan Kepatuhan terhadap Aturan

Perilaku pengemudi, seperti ketidakpatuhan terhadap aturan lalu lintas dan agresivitas dalam berkendara, dapat mempengaruhi kinerja simpang. Meskipun tidak secara eksplisit dibahas dalam jurnal yang tersedia, faktor ini sering disebut dalam studi lalu lintas sebagai elemen penting yang mempengaruhi efisiensi dan keselamatan di simpang tidak bersinyal.

2.2.3 Berdasarkan Bentuk Geometrinya

2.2.3.1 Simpang Tidak Kanal (*Unchannelized Intersection*)

Ciri-ciri dari simpang tidak kanal adalah tidak memiliki kanalisasi fisik seperti pulau pengarah, separator, atau median. Semua pergerakan kendaraan bercampur di satu area konflik, tingkat konflik tinggi, terutama pada simpang empat atau lima, serta umum di jalan lokal atau kawasan dengan lalu lintas rendah hingga sedang.

Kelebihan dari simpang tidak kanal adalah Biaya pembangunan rendah dan fleksibel untuk pergerakan kendaraan. Sedangkan Kekurangan dari simpang tidak kanal adalah tingkat keselamatan rendah dan potensi antrian tinggi saat lalu lintas padat.

Karakteristik Simpang Tidak Kanal (Menurut PKJI 2023):

1. Tanpa Elemen Kanalisasi

   Tidak terdapat elemen pembatas seperti pulau pengarah, median kanal, atau separator fisik yang mengarahkan pergerakan kendaraan. Kendaraan bebas bermanuver di area simpang.
2. Tingkat Konflik Lebih Tinggi

   Karena semua arus lalu lintas berbagi ruang yang sama, maka simpang ini memiliki jumlah titik konflik yang lebih banyak, khususnya pada simpang empat atau simpang lima.
3. Umumnya pada Jalan Lokal atau Kolektor

   Digunakan di lokasi dengan volume lalu lintas rendah hingga sedang, seperti jalan permukiman, jalan lingkungan, atau kawasan pedesaan.
4. Pengaturan Lalu Lintas Minimal

   Pengaturan hanya mengandalkan rambu dan marka, serta aturan prioritas (prioritas dari arah utama), bukan dengan sinyal atau elemen fisik.

2.2.3.2 Simpang Kanal (*Channelized Intersection*)

Ciri-ciri dari simpang kanal yaitu memiliki elemen pemisah fisik seperti pulau kanal untuk belok kiri atau kanan, median untuk membatasi arah, separator pada lengan masuk/keluar, pergerakan kendaraan dipisahkan secara fisik, sehingga titik konflik berkurang. Serta cocok untuk jalan kolektor dan arteri.

Kelebihan dari simpang kanal adalah dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi lalu lintas, mengarahkan kendaraan ke jalur manuver yang benar, dan dapat mengurangi tabrakan langsung (sudut konflik). Sedangkan kekurangan dari simpang kanal adalah memerlukan ruang jalan lebih besar dan biaya pembangunan lebih tinggi.

Karakteristik simpang kanal (menurut PKJI 2023 & PPTGS 2024) adalah memiliki elemen kanalisasi. Pulau kanal digunakan untuk memisahkan arus belok kiri dan kanan, median fisik untuk memisahkan arus berlawanan, dan separator untuk memandu kendaraan masuk/keluar simpang. Kemudian, simpang kanal dapat mengurangi titik konflik. Kanal mengarahkan pergerakan sehingga interaksi antar kendaraan menjadi lebih terkendali, mengubah konflik langsung menjadi konflik sudut kecil → lebih aman. Simpang kanal juga mengatur kecepatan dan

jalur belok. Pulau kanal memperlambat kendaraan yang akan berbelok kiri atau kanan dan mencegah manuver berbahaya atau terlalu tajam.

2.3 Karakteristik Lalu Lintas

2.3.1 Konflik Lalu Lintas

Konflik lalu lintas adalah situasi di mana terdapat potensi terjadinya kecelakaan atau tabrakan antara kendaraan, pejalan kaki, atau pengguna jalan lainnya. Konflik lalu lintas pada simpang bersinyal dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama:

a. Konflik Primer

Konflik primer terjadi ketika dua arus lalu lintas bertemu secara langsung di simpang, seperti pada pergerakan belok kiri berlawanan arah atau perpotongan arus lurus dari arah yang berbeda. Situasi ini berpotensi tinggi menyebabkan kecelakaan jika tidak ada pengaturan yang tepat.

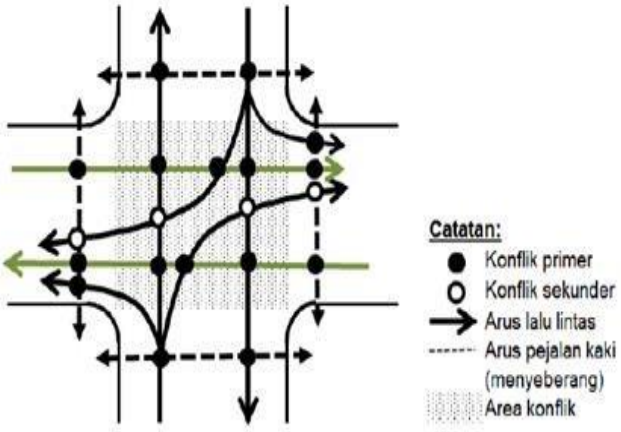
b. Konflik Sekunder

Konflik sekunder muncul sebagai akibat dari manuver kendaraan yang tidak langsung berinteraksi, seperti kendaraan yang tiba-tiba berhenti atau memperlambat laju karena adanya hambatan di depan, sehingga memaksa kendaraan di belakang untuk melakukan pengereman mendadak atau berpindah jalur.

Mengidentifikasi dan memahami jenis-jenis konflik di simpang bersinyal sangat penting untuk merancang sistem lalu lintas yang aman dan efisien. pengamatan terhadap konflik lalu lintas dapat membantu dalam mendiagnosis masalah keselamatan dan operasional di simpang, serta mengevaluasi efektivitas dari tindakan penanganan yang diterapkan. Untuk mengurangi konflik primer dan sekunder, beberapa strategi dapat diterapkan, seperti pengaturan fase sinyal yang lebih kompleks, penambahan lajur khusus untuk belok, serta penggunaan teknologi prediksi konflik secara real-time.

Memahami dan mengelola konflik primer dan sekunder di simpang bersinyal sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi lalu lintas.

Dengan pendekatan yang tepat, risiko kecelakaan dapat diminimalkan, dan kelancaran arus lalu lintas dapat terjaga.



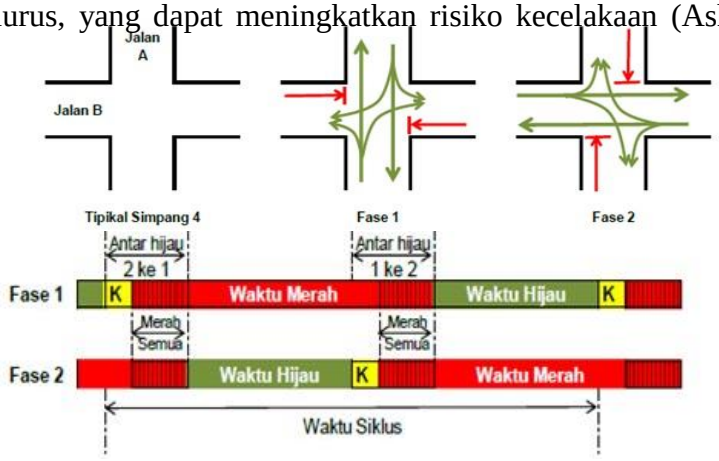
Gambar 2.3: Konflik – Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang Tidak Bersinyal dengan Empat Lengan (PKJI, 2023)

2.3.2 Pengaturan Fase

Pengaturan fase pada simpang bersinyal adalah strategi penting dalam manajemen lalu lintas untuk mengatur pergerakan kendaraan dan pejalan kaki secara bergantian, guna mengurangi konflik dan meningkatkan efisiensi serta keselamatan di persimpangan. Beberapa kasus pengaturan fase:

1. Pengaturan Dua Fase

Pengaturan dua fase adalah bentuk paling sederhana dalam pengaturan simpang bersinyal, di mana arus lalu lintas dari dua arah berlawanan diberikan waktu hijau secara bergantian. Namun, pendekatan ini sering kali tidak memisahkan konflik antara arus lalu lintas yang berlawanan, seperti belok kanan dan arus lurus, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan (Ashar & Prasetyo, 2024).



Gambar 2.4: Pengaturan Dua Fase (PKJI, 2023)

2.4 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*Level of Service*/LOS) pada simpang bersinyal adalah indikator yang digunakan untuk menilai kinerja dan efisiensi suatu persimpangan dalam mengakomodasi arus lalu lintas. Penilaian ini didasarkan pada parameter seperti tundaan rata-rata per kendaraan, panjang antrian, dan derajat kejenuhan, yang mengacu pada pedoman Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023).

Penentuan tingkat pelayanan tidak hanya bergantung pada tundaan rata-rata, tetapi juga mempertimbangkan derajat kejenuhan (DS) dan peluang antrian. Derajat kejenuhan adalah rasio antara volume lalu lintas aktual dengan kapasitas maksimum simpang. Nilai DS yang tinggi menunjukkan bahwa simpang mendekati atau telah mencapai kapasitas maksimumnya, yang dapat menyebabkan peningkatan tundaan dan antrian. Peluang antrian mengindikasikan kemungkinan terjadinya antrian pada simpang, yang juga mempengaruhi tingkat pelayanan secara keseluruhan (Isya et al., 2017).

Evaluasi tingkat pelayanan simpang bersinyal penting untuk mengidentifikasi kebutuhan perbaikan dan pengembangan infrastruktur lalu lintas. Dengan memahami kriteria tingkat pelayanan, perencana transportasi dapat merancang intervensi yang tepat, seperti penyesuaian waktu siklus sinyal, pelebaran lajur, atau penambahan fase sinyal, guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan di persimpangan.

Memahami dan mengevaluasi tingkat pelayanan pada simpang bersinyal sangat penting dalam perencanaan dan manajemen lalu lintas. Dengan menerapkan strategi yang tepat berdasarkan analisis LOS, efisiensi dan keselamatan lalu lintas di persimpangan dapat ditingkatkan secara signifikan (Kasus et al., 2023).

Berikut adalah tabel Tingkat Pelayanan (*Level of Service*/LOS) untuk simpang bersinyal berdasarkan tundaan rata-rata per kendaraan, sesuai dengan pedoman PKJI 2023:

Tingkat pelayanan	Kondisi Arus Lalu lintas	Kecepatan Kendaraan
A	Bebas Hambatan	95 km/jam
B	Arus Standart	90-95 km/jam
C	Arus Masih Stabil	80-90 km/jam
D	Arus stabil	65-80 km/jam
E	Arus Tidak Stabil	50 km /jam
F	Arus Seret	<50km/jam

Tabel 2.1: Tingkat Pelayanan (*Level of Service*/LOS) (PKJI, 2023)

2.4.1 Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas simpang bersinyal adalah kemampuan maksimum suatu simpang dalam melayani arus lalu lintas kendaraan secara efisien dalam satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan setara penumpang per jam (smp/jam). Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023), kapasitas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk arus jenuh, waktu hijau, dan waktu siklus sinyal (Jl et al., 2024).

$$(C) = J \times \frac{W_H}{s} \qquad (2.1)$$

Keterangan:

C = Kapasitas pendekat (smp/jam)

J = Kapasitas dasar pendekat (smp/jam)

W_H = Efektif waktu hijau (detik)

s = Panjang siklus (*cycle time*) (detik)

2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi kapasitas simpang bersinyal meliputi:

- Waktu siklus dan distribusi fase: Proporsi waktu hijau yang diberikan kepada setiap pendekat memengaruhi jumlah kendaraan yang dapat melewati simpang.
- Jumlah dan lebar lajur: Semakin banyak dan lebar lajur yang tersedia, semakin besar kapasitas simpang.
- Hambatan samping: Aktivitas seperti parkir di pinggir jalan, pejalan kaki, dan kendaraan yang berhenti dapat mengurangi kapasitas efektif simpang.
- Lebar pendekat efektif (Le): Lebar jalan pada pendekatan simpang yang dapat digunakan oleh kendaraan.
- Arus jenuh dasar (Jo): Arus maksimum yang dapat dilayani oleh lajur tanpa hambatan.
- Faktor penyesuaian: Meliputi faktor ukuran kota (Fcs), hambatan samping (Fsf), kelandaian (Fg), parkir (Fp), belok kanan (Frt), dan belok kiri (Flt) (Bimantara & Widayanti, 2023).

2.4.3 Hubungan Kapasitas dengan Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) adalah rasio antara volume lalu lintas aktual dengan kapasitas simpang. Nilai DS digunakan untuk menilai kinerja simpang:

- DJ < 0,75: Kinerja simpang baik, arus lalu lintas stabil.
- DJ 0,75 – 0,85: Simpang mendekati jenuh, arus lalu lintas mulai tidak stabil.
- DJ > 0,85: Simpang jenuh, terjadi kemacetan dan tundaan yang signifikan (Banter et al., 2019).

2.4.4 Evaluasi Kapasitas Simpang

Evaluasi kapasitas simpang bersinyal penting untuk mengidentifikasi kebutuhan perbaikan dan pengembangan infrastruktur lalu lintas. Dengan memahami kapasitas simpang, perencana transportasi dapat merancang intervensi yang tepat, seperti penyesuaian waktu siklus sinyal, pelebaran lajur, atau

penambahan fase sinyal, guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan di persimpangan.

Kapasitas simpang bersinyal sangat penting dalam perencanaan dan manajemen lalu lintas. Dengan menerapkan strategi yang tepat berdasarkan analisis kapasitas, efisiensi dan keselamatan lalu lintas di persimpangan dapat ditingkatkan secara signifikan (Syaikhu & Widodo, 2016).

2.5 Kinerja Simpang Bersinyal

2.5.1 Lampu Lalulintas

Lampu lalu lintas, atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL), adalah perangkat penting dalam sistem transportasi yang berfungsi mengatur pergerakan kendaraan dan pejalan kaki di persimpangan jalan. Dengan memberikan isyarat visual melalui lampu berwarna merah, kuning, dan hijau, lampu lalu lintas membantu mengatur arus lalu lintas secara bergantian, mencegah kemacetan, dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

Tujuan utama pemasangan lampu lalu lintas di persimpangan adalah untuk mengurangi konflik antar-arus kendaraan dan pejalan kaki, serta meminimalkan risiko kecelakaan. Dengan pengaturan waktu yang tepat, lampu lalu lintas dapat meningkatkan efisiensi pergerakan lalu lintas dan mengurangi waktu tunggu kendaraan. penggunaan lampu lalu lintas yang efektif dapat meningkatkan kelancaran arus lalu lintas dan mengurangi tingkat kecelakaan di persimpangan.

Sistem pengendalian lampu lalu lintas dapat dibagi menjadi dua jenis utama: sistem waktu tetap (*fixed time*) dan sistem adaptif. Sistem waktu tetap mengatur durasi lampu berdasarkan jadwal yang telah ditentukan, tanpa mempertimbangkan kondisi lalu lintas aktual.

2.5.2 Geometrik Simpang Bersinyal

Geometrik persimpangan bersinyal merupakan aspek krusial dalam perencanaan dan pengoperasian simpang untuk memastikan kelancaran dan keselamatan lalu lintas.

1. Lebar Jalan dan Jumlah Lajur

Lebar jalan dan jumlah lajur pada setiap pendekat persimpangan menentukan kapasitas arus lalu lintas yang dapat ditampung. Semakin banyak lajur dan semakin lebar jalan, maka kapasitas arus lalu lintas akan meningkat, sehingga dapat mengurangi kemacetan pengukuran lebar jalan dan jumlah lajur dilakukan secara langsung di lapangan untuk memperoleh data geometrik yang akurat.

2. Lebar Bahu Jalan dan Trotoar

Bahu jalan dan trotoar berfungsi sebagai area tambahan yang dapat digunakan untuk parkir darurat, pejalan kaki, atau kendaraan tidak bermotor. Keberadaan dan lebar bahu jalan serta trotoar yang memadai dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. lebar bahu jalan dan trotoar diukur untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kinerja persimpangan.

3. Median Jalan

Median jalan berfungsi untuk memisahkan arus lalu lintas berlawanan arah dan dapat digunakan sebagai tempat penampungan kendaraan yang akan berbelok. Ukuran dan keberadaan median jalan memengaruhi manuver kendaraan dan keselamatan di persimpangan. median jalan yang cukup lebar dapat mengurangi konflik antar kendaraan.

4. Radius Lengkung dan Sudut Tikungan

Radius lengkung dan sudut tikungan pada persimpangan memengaruhi kecepatan dan kenyamanan kendaraan saat berbelok. Desain yang sesuai dapat mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan efisiensi lalu lintas. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023), radius lengkung yang lebih besar memungkinkan kendaraan berbelok dengan kecepatan lebih tinggi tanpa mengurangi keselamatan.

2.5.3 Kondisi Arus Lalulintas

Arus lalulintas (Q) pada setiap gerakan (belok kiri Q_{LT}, lurus Q_{ST}, dan belok kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan.

Jenis Kendaraan	Emp untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Tertawan
Mobil Pemumpang (MP)	1,0	1,0
Kendaraan sedang (Ks)	1,3	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,25	0,4

Tabel 2.2: Emp untuk Tipe Pendekat (PKJI, 2023)

2.6 Karakteristik Sinyal dan Pergerakan Lalulintas

Karakteristik sinyal dan pergerakan lalu lintas pada simpang bersinyal sangat penting dalam mendesain dan mengevaluasi kinerja persimpangan. Sistem sinyal lalu lintas berfungsi untuk mengatur giliran pergerakan kendaraan dari berbagai pendekat agar berjalan aman dan efisien

2.6.1. Penggunaan Sinyal

1. Fase Sinyal

Pada persimpangan yang menggunakan lampu lalulintas, beberapa aliran lalulintas dimungkinkan untuk mendapatkan hak jalan bersamaan, sementara aliran lainnya dihentikan. Fase lampu lalulintas adalah periode dimana pada priode tersebut satu pergerakan atau lebih diberi lampu hijau secara bersamaan). Pengaturan antar fase diatur dengan jarak waktu penyela/waktu jeda supaya terjadi kelancaran ketika pergantian antar fase. Istilah ini disebut dengan waktu antara hijau (*intergreen*) yang berfungsi sebagai waktu pengosongan (*clearance time*). Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua

2. Waktu Antar Hijau (*Inter Green*, IG)

Maksud dari periode antara hijau (IG = kuning + merah semua) diantara dua fase yang berurutan adalah untuk:

a. Memperingatkan lalulintas yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir.

b. Menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau yang baru saja diakhiri memperoleh waktu yang cukup untuk keluar dari daerah konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki daerah yang sama.

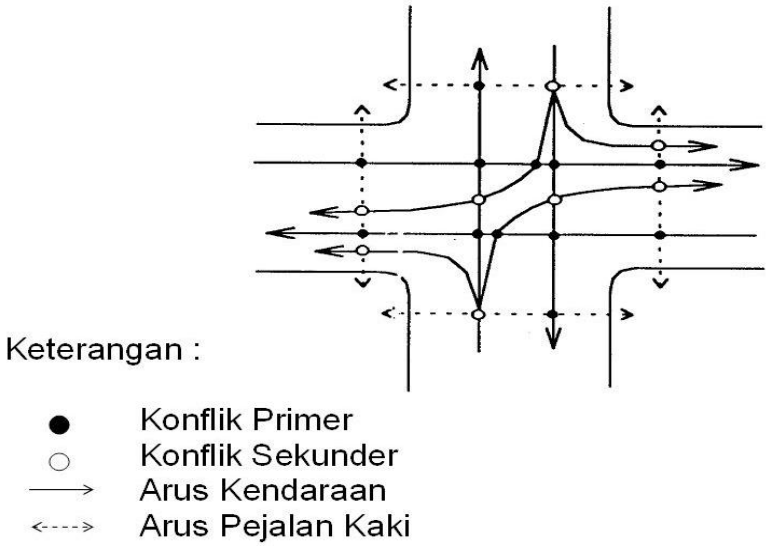
Untuk analisis operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antara hijau untuk pengosongan dan waktu hilang. Pada analisis yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut dapat dianggap sebagai nilai normal.

Tabel 2.3: Nilai Normal Waktu Antara Hijau (PKJI, 2023)

Ukuran simpang	Lebar jalan Rata rata	Nilai Normal waktu antar-hijau
Kecil	6-9 m	4 detik /fase
Sedang	10-14m	5 detik /fase
Besar	>15m	6 detik /fase

3. Waktu Merah Semua (*All Red*, AR)

Waktu merah semua adalah jumlah semua periode antara hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)). Prosedur untuk perhitungan perincian adalah sebagai berikut: Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning), berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya pada titik yang sama. Titik konflik dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan.

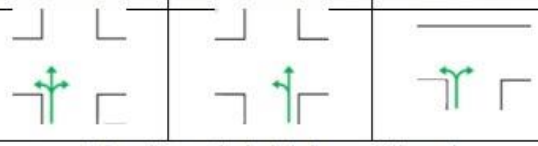
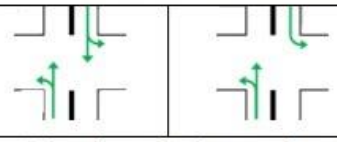
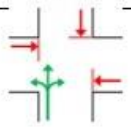
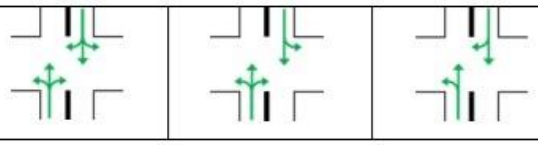


Gambar 2.7: Titik Konflik (PKJI, 2023)

2.6.2. Penentuan Waktu Sinyal

1. Tipe Pendekat Efektif

Tipe Pendekat Efektif merujuk pada konfigurasi pergerakan kendaraan dan fungsionalitas jalur (lajur) pada pendekat suatu simpang. Dalam simpang bersinyal, tidak semua jalur pada pendekat memiliki efektivitas yang sama dalam melayani arus lalu lintas. Misalnya, satu lajur mungkin khusus untuk belok kanan, sementara yang lain bisa melayani lurus dan belok kiri secara bersamaan**.**

<table>
<tr><th>Tipe Pendekat</th><th>Keterangan</th><th colspan="3">Contoh Pola-pola Pendekatan</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Terlindung
(Tipe P)</td><td rowspan="5">Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan</td><td>Jalan satu arah</td><td>Jalan satu arah</td><td>Simpang-3</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, belok kanan dibatasi</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Terlawan
(Tipe O)</td><td rowspan="2">Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan</td><td colspan="3">Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi.</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
</table>

Gambar 2.8: Tipe pendekat (PKJI, 2023)

Tipe pendekat pada persimpangan bersinyal umumnya dibedakan atas dua macam yaitu:

a. Tipe terlindung (tipe P) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan tanpa terjadi konflik antar kaki persimpangan yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.
b. Tipe terlawan (tipe O) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan dimana terjadi konflik antara kendaraan berbelok kanan dengan kendaran yang bergerak lurus atau belok kiri dari approach yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.

   Contoh Tipe Pendekat:

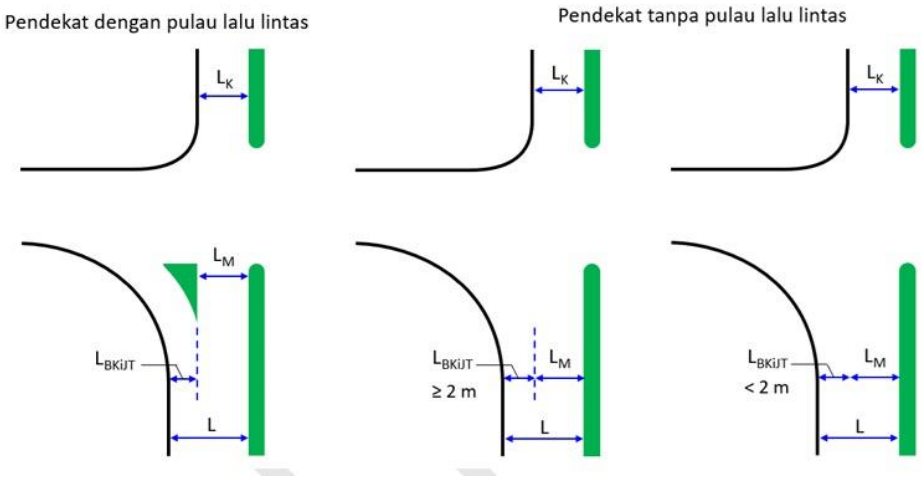
   - Pendekat satu lajur campuran (lurus dan belok)
   - Pendekat dengan lajur eksklusif belok kanan

- Pendekat dua lajur sejajar (lurus dan belok kiri)
- Pendekat tiga lajur: lurus, belok kiri, belok kanan

2. Lebar Pendekat Efektif Penentuan lebar pendekat efektif (LE) didasarkan pada beberapa parameter yaitu lebar ruas pendekat awal (L), lebar masuk (LM), dan lebar keluar (LK). Ada beberapa kondisi dalam menentukan LM yaitu

a. Untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lebar lajur tersendiri sehingga lebar masuk (LM) merupakan lebar antara tepi pulau lalu lintas dengan median yang ditunjukan pada Gambar 5-5 (kiri).

b. Untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila LBKiJT lebih dari 2 meter maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri sehingga LM = L – LBKiJT (Gambar 5-5 tengah). Sedangkan apabila LBKiJT kurang dari 2 meter maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus



Gambar 2.9: lebar efektif (PKJI, 2023)

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

a. Jika LBKiJT ≥2 m atau LBKiJT merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan BKiJT dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. LE ditetapkan sebagai berikut:

Langkah 1: Keluarkan arus B_{KiJT} (Q_{BKiJT}) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BK}$

a Tentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$LE = \text{Min}\ (L - L_{BKiJT}) \quad (2.2)$$

Langkah 2: Periksa LK (hanya untuk pendekat tipe P), jika LK

2.6.3. Arus Jenuh

Arus jenuh pada persimpangan bersinyal (*saturated flow rate*) adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu pendekat simpang dalam kondisi hijau efektif**,** dalam satuan kendaraan per jam per lajur **(**smp/jam/lajur**)** ketika kondisi arus sangat padat (jenuh). Penentuan arus jenuh dasar (S0) untuk setiap pendekatan yang diuraikan dibawah Untuk pendekatan tipe P (*Protected*), yaitu arus terlindung:

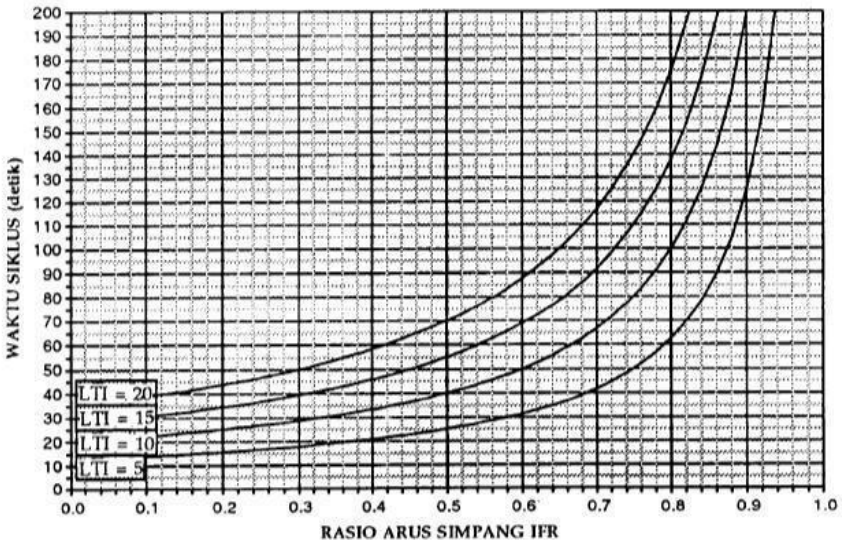
$$Jo = 600 \times Le \text{ smp/jam hijau} \quad (2.3)$$

Keterangan:
Jo = arus jenuh dasar (smp/jam).
Le = lebar jalan efektif (m).

Menghitung Arus Lalu lintas (Q)
Menghitung Arus Lalu lintas

$$(Q) = QMP.EMPMP + QKS.EMPKS + QKS.EMPKS \quad (2.4)$$

$$QTotal = QKiri + QKanan + QLurus \quad (2.5)$$



Gambar 2.10: Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat (PKJI, 2023)

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar arus jenuh adalah jumlah lajur dalam kelompok lajur yang bersangkutan, lebar lajur, persentase kendaraan yang lewat, kemiringan memanjang jalan, adanya lajur parkir dan jumlah manuver parkir perjam, pengaruh penyesuaian kota dan penduduk, hambatan samping sebagai fungsi-fungsi dari jenis lingkungan jalan dan pengaruh membelok kekanan dan kekiri. Persamaan matematis untuk menyatakan hal diatas digunakan dalam perhitungan arus jenuh sebagai berikut:

$$J = Jo \times F_{HS} \times F_{UK} \times FG \times Fp \times F_{BKi} \times F_{BKa} \quad (2.6)$$

Keterangan:

J = Arus jenuh untuk kelompok lajur yang dianalisis, dalam kendaraan perjam waktu hijau (smp/jam)

J_0 = Arus jenuh dasar (biasanya 600 smp/jam/lajur, menurut PKJI 2023

F_{HS} = adalah faktor koreksi J_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan

F_{uk} = adalah faktor koreksi J0 akibat kelandaian memanjang pendekat

F_G = adalah faktor koreksi J0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama.

F = Faktor penyesuaian terhadap parkir.

F_{BKa} = Faktor penyesuaian belok kanan (hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, jalan dua arah).

F_{BKa} = Faktor penyesuaian belok kiri (hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, tanpa belok kiri langsung).

Pada perhitungan arus jenuh ada beberapa faktor penyesuaian. Untuk semua tipe pendekat (tipe pendekat P dan tipe pendekat O) faktor penyesuaiannya meliputi ukuran kota, hambatan samping, kelandaian dan parkir. Sedangkan faktor penyesuaian belok kanan (Frt) dan faktor penyesuaian belok kiri (Flt) hanya untuk tipe pendekat P.

2.6.4. Rasio Arus

Rasio arus (FR) masing-masing pendekat:

$$R_{Q/j} = Q / J \qquad (2.7)$$

Keterangan:

FR = Rasio Arus

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

J = arus jenuh (smp/jam hijau)

Menentukan tanda rasio arus kritis (FR_{CRLT}) tertinggi pada masing masing fase.

2.7 Faktor Penyesuaian

Pada perhitungan arus jenuh ada beberapa faktor penyesuaian. Untuk semua tipe pendekat (tipe pendekat P dan tipe pendekat O) faktor penyesuaiannya meliputi ukuran kota, hambatan samping, kelandaian dan parkir. Sedangkan faktor penyesuaian belok kanan (Frt) dan faktor penyesuaian belok kiri (Flt) hanya untuk tipe pendekat P.

2.7.1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{uk})

Besarnya jumlah penduduk suatu kota akan mempengaruhi karakteristik perilaku pengguna jalan dan jumlah kendaraan yang ada. Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4: Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{uk}) (PKJI, 2023)

Ukuran Kota CS	Penduduk Juta	Penyesuaian Ukuran Kota F_{cs}
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 Besar	>3,0	1,05

2.7.2 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_G)

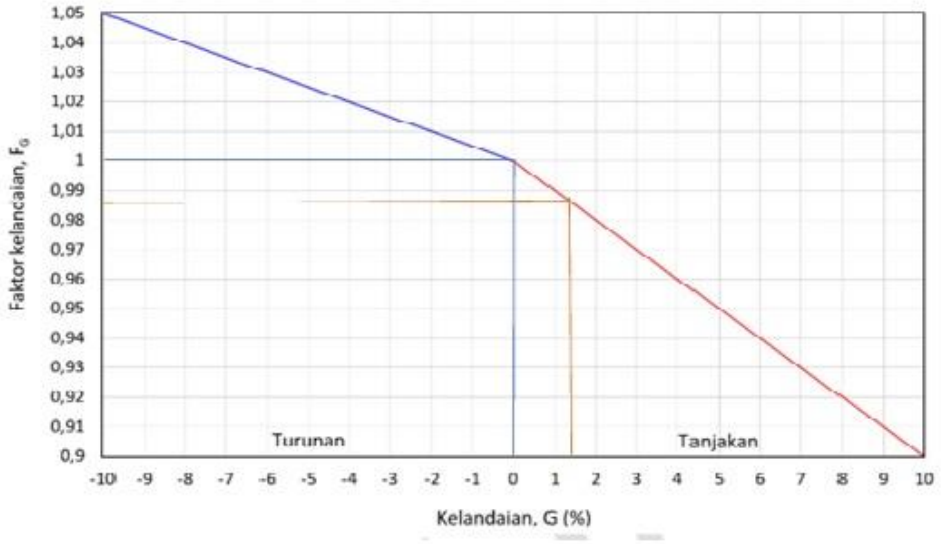
Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dengan Tabel 2.5. berikut:

Tabel 2.5: Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (PKJI, 2023).

Kelas tipe lingkungan jalan RE	Kelas hambatan samping	Rasio kendaraan tak bermotor					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	≥0.25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Permukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/sedang/rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

2.7.3 Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg)

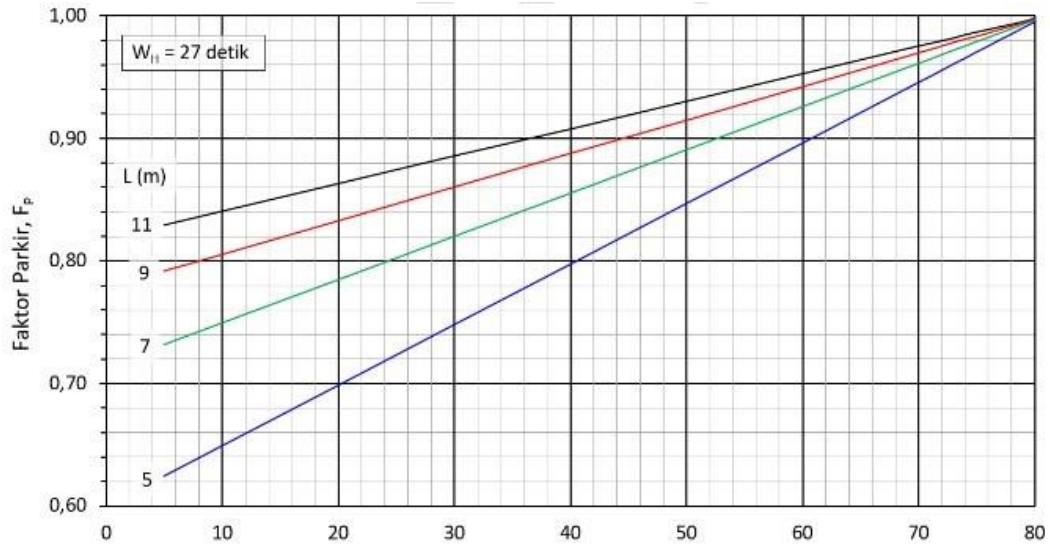
Faktor penyesuaian kelandaian (Fg) didapat dari grafik. Untuk kelandaian 0% faktor penyesuaian kelandaian (Fg) adalah Faktor penyesuaian kelandaian dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.9: Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg) (PKJI, 2023).

2.7.4 Faktor Penyesuaian Parkir (Fp)

Faktor penyesuaian parkir diperoleh dari grafik sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat. Faktor penyesuaian parkir (Fp) dapat di lihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12: Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek Fp (PKJI, 2023)

2.7.5 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa})

Untuk mencari faktor penyesuaian belok kanan (FBKa) perlu diketahui rasio kendaraan yang belok kanan (RBKa).:

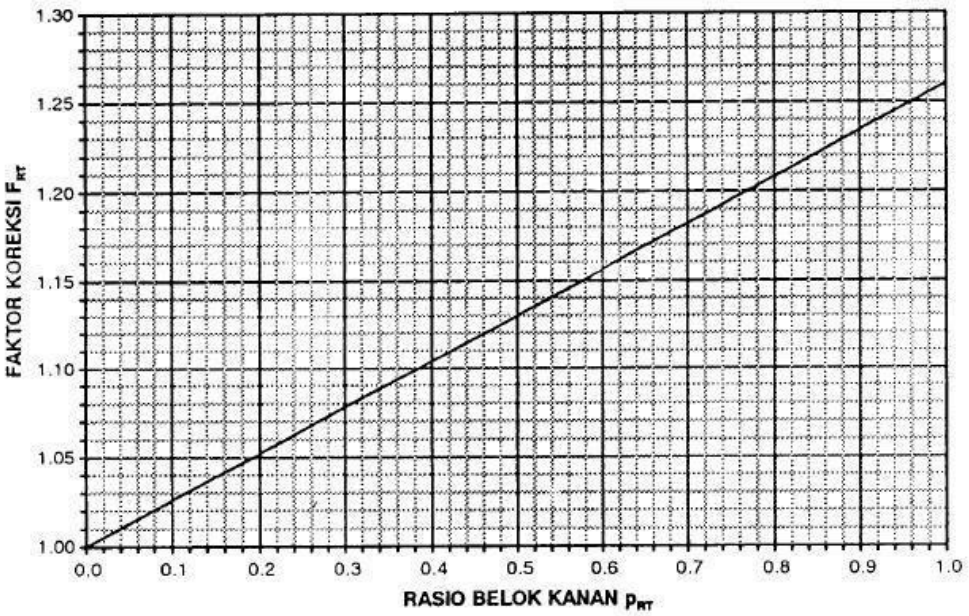
$$R_{BKA} = \frac{Q_{BKa}}{Q_{total}} \quad (2.8)$$

$$F_{BKa} = 1{,}0 + R_{BKA} \times 0{,}26 \quad (2.9)$$

Dimana:

F_{BKa} = faktor penyesuaian belok kanan,

R_{BKA} = rasio belok kanan.



Gambar 2.13: Faktor Penyesuaian Belok Kanan Frt (PKJI, 2023).

2.7.6 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKi})

Untuk mencari faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKi}) perlu diketahui rasio kendaraan yang belok kiri (R_{BKi}). Untuk mendapatkan nilai dari F_{BKi} dapat

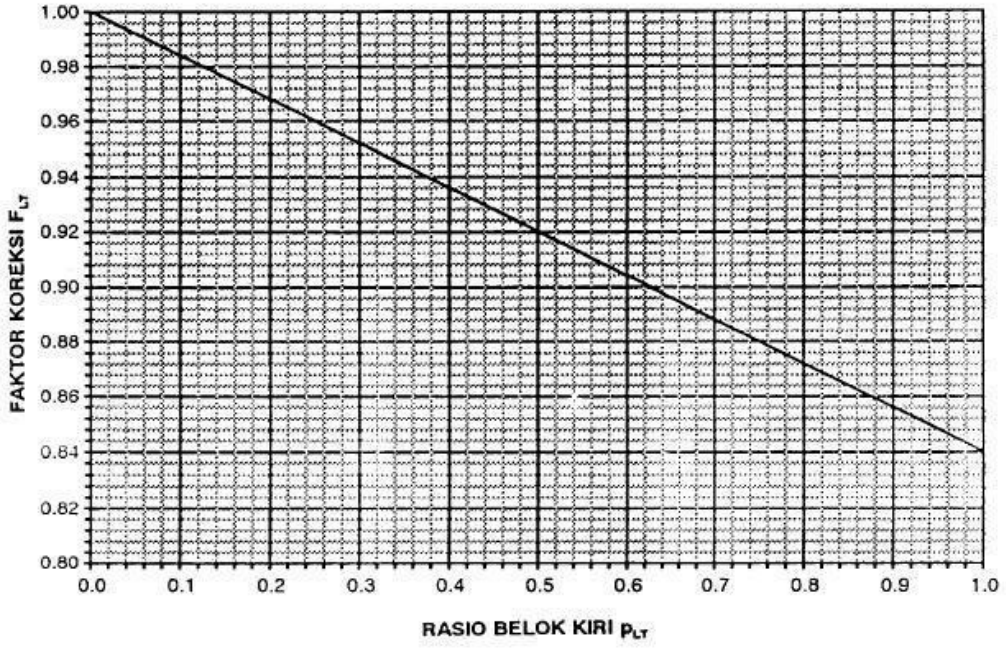
$$R_{BKI} = \frac{Q_{BKi}}{Q_{total}} \quad (2.10)$$

$$F_{BKI} = 1{,}0 - R_{BKI} \times 0{,}16 \quad (2.11)$$

Keterangan:

F_{BKI} = faktor penyesuaian belok kiri,

R_{BKI} = rasio belok kiri.



Gambar 2.14: Faktor Penyesuaian Belok Kiri (PKJI, 2023).

2.8 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

2.8.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (cua) untuk pengendalian waktu tetap, dan masukkan hasilnya kedalam kotak dengan tanda "waktu siklus".

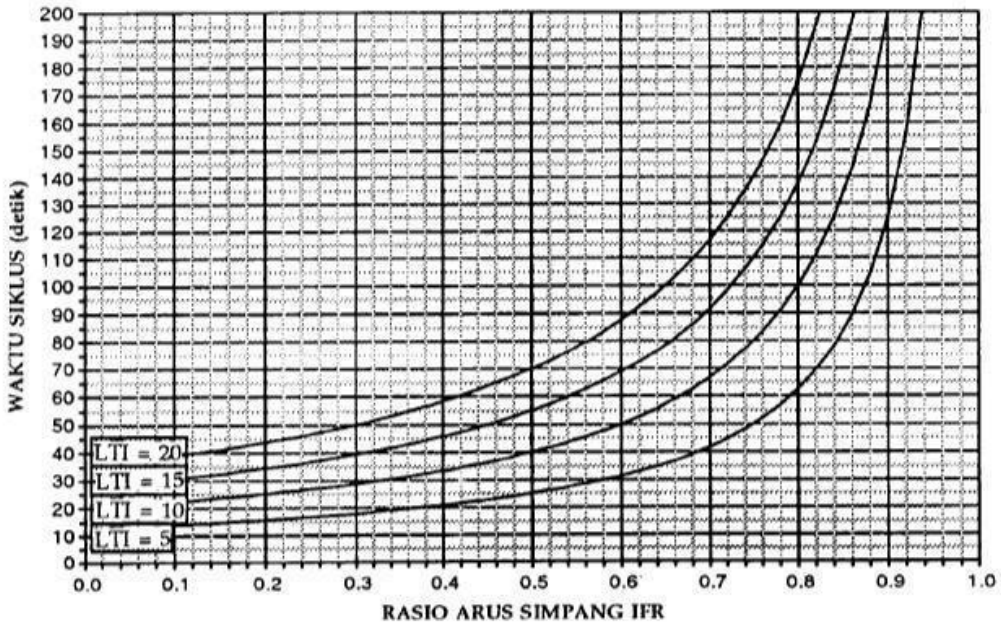
$$s = \frac{(1{,}5 \times WHH + 5)}{\frac{(1 - \Sigma Rq)}{J}} \qquad (2.12)$$

Keterangan:

s = waktu siklus (detik),

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

Rq/J = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (q/J)



Gambar 2.15: Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (PKJI, 2023)

Tabel 2.6. Waktu Siklus yang Disarankan untuk Keadaan yang Berbeda (PKJI, 2023)

Tipe pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (detik)
Pengaturan – 2 (dua) phase	40-80
Pengaturan – 3(tiga) phase	50-100
Pengaturan – 4 (empat) phase	80-130

2.8.2 Waktu Hijau

Hitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase dapat dihitung dengan:

$$W_H = (S - W_{HH}) \frac{\frac{(Rq)}{J}}{\Sigma i \frac{(Rq)}{J} i} \quad (2.13)$$

Keterangan:

W_{Hi} = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

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

Rq/J = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (q/J)

i = indeks fase untuk ke i

2.9 Rasio Kendaraan Henti

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), RKH merupakan 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.

$$RKH = RKH = 0{,}9 \times \frac{Nq}{q \times s} \times 3600 \quad (2.14)$$

Keterangan:

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

$$NKH = q \times RKH \quad (2.15)$$

2.10 Derajat kejenuhan (DJ)

dihitung menggunakan Persamaan

$$DJ = \frac{Q}{C} \quad (2.16)$$

Keterangan:

DJ adalah derajat kejenuhan.

C adalah kapasitas segmen jalan, dalam SMP/jam.

q adalah volume lalu lintas, dalam SMP/jam,

2.11 Tundaan

Tundaan pada suatu Simpang APILL terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas (TLL), dan 2) tundaan geometri (TG). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i.

Ti = TLLi + TGi (2.17)

Tundaan kendaraan akibat harus berhenti di simpang.

$T_{LL} = S \frac{(1-R_h)^2}{1-R_h x D_j} + \frac{NQ_1}{c} x\ 3600$ (2.18)

atau bisa juga digunakan rumus empiris dari PKJI 2023:

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat i dapat diperkirakan penggunakan

TG =(1−RKH)×PB×6+(RKH×4) (2.19)

Keterangan:

d = Tundaan rata-rata (detik/kendaraan)

S= Panjang siklus (detik)

g = Waktu hijau efektif (detik)

Q = Volume lalu lintas

C = Kapasitas

Dj= Derajat kejenuhan (Dj)

PB=porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

2.12 Panjang Antrian

Panjang antrian (*queue length*) pada simpang bersinyal merujuk pada jumlah kendaraan yang tertahan atau mengantre di belakang garis henti selama fase merah. Panjang antrian ini penting dalam mengevaluasi efisiensi suatu simpang, karena berkaitan langsung dengan tundaan kendaraan dan kemacetan yang terjadi.

Panjang antrian digunakan untuk menilai apakah kapasitas simpang mencukupi. Jika panjang antrian melebihi panjang penyimpanan pendekat

(*storage length*), maka terjadi *overflow*, yang dapat mengganggu pendekat lainnya dan menyebabkan konflik lalu lintas.

Panjang Antrian(PA)

Diperkirakan dengan rumus empiris:
Jika DJ ≤0,5 maka Nq1 = 0;

maka Jika DJ >0,5

$$NQ_1 = 0{,}25 \times S \times (DJ - 1)\sqrt{(Dj - 1^2) + \frac{8 \times (Dj - 0{,}5)}{s}}$$

(2.20)

Keterangan:

S = Waktu siklus(detik)

dj= Derajat Kejenuhan (detik/kendaraan)

h = *Headway* rata-rata (detik) antar kendaraan

$$NQ_2 = S \ \frac{1 - R_h}{1 - R_h \ x \ Dj} \ X \ \frac{q}{3600} \qquad (2.21)$$

Panjang Antrian (PA)

$$P_A = \frac{NQ_{maks \times 20}}{L_{masuk}} \qquad (2.22)$$

Keterangan:

PA = Panjang antrian (kendaraan atau meter)

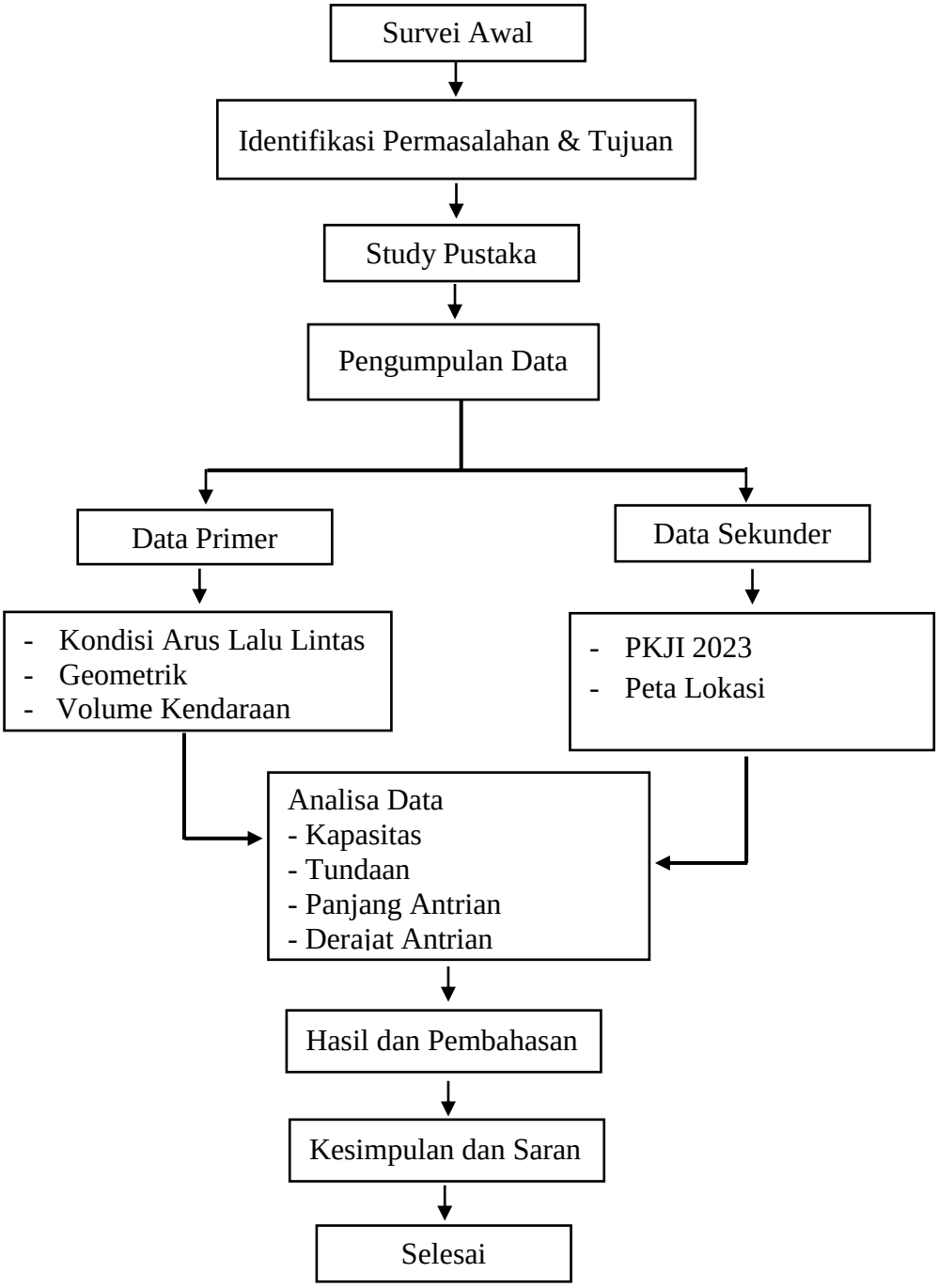
NQmaks= Tundaan rata-rata (jam)

L = Lebar

BAB 3

METODE PENELITIAN

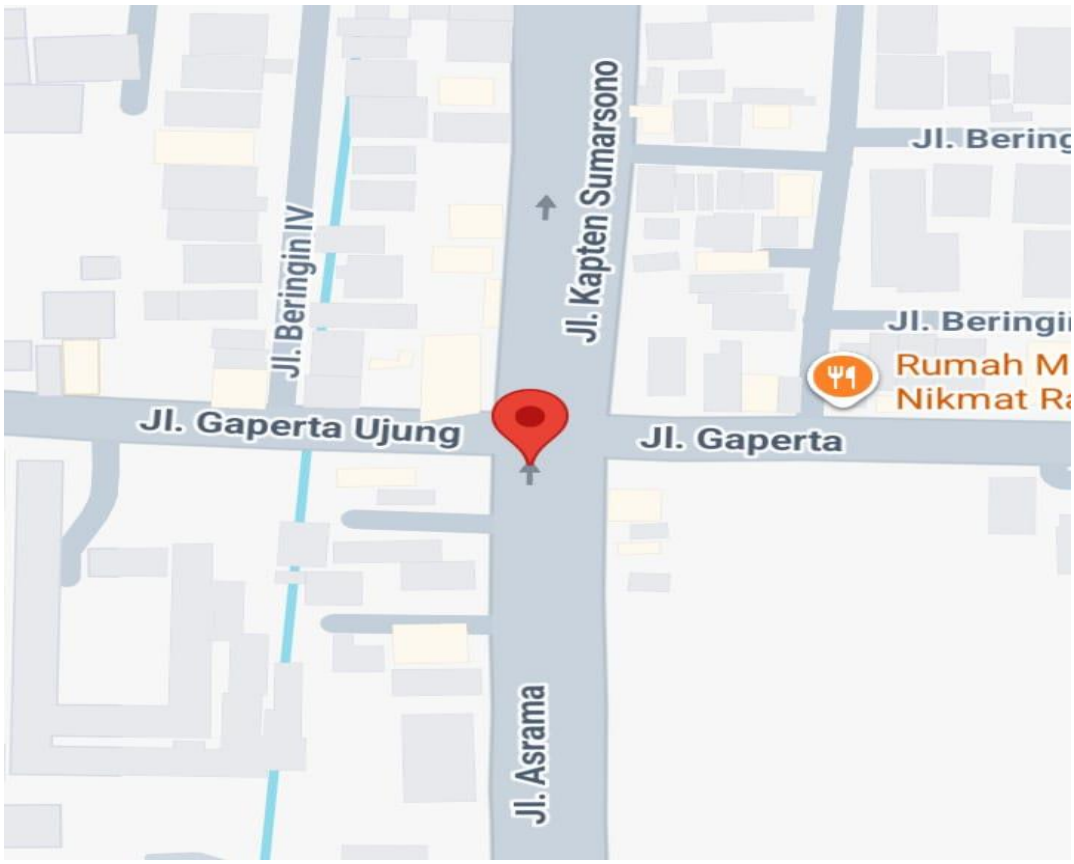
3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah simpang Gaperta bersinyal di jalan Asrama – jalan gaperta ujung Medan dengan jumlah kendaraan yang keluar masuk pada tiap-tiap lengan dapat menimbulkan masalah pada kinerja simpang tersebut, adapun simpang yang diambil adalah yang mempunyai volume kendaraan yang tinggi pada tiap-tiap lengan, yaitu kaki simpang jalan jalan Asrama – jalan gaperta ujung peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Lokasi Penelitian, Google maps

3.3 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Tahap ini dilakukan dengan penyusunan rencana sehingga diperoleh efisiensi serta efektifitas waktu dan pekerjaan. Tahap ini juga dilakukan pengamatan pendahuluan agar didapat gambaran umum dalam mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang ada di lapangan. Tahap persiapan ini meliputi:

1. Studi pustaka terhadap materi untuk proses evaluasi dan perencanaan.
2. Metode pengumpulan data volume lalau lintas di lakukan secara manual agar dapat dijadikan sumber data.
3. Pengadaan persyaratan untuk pengumpulan data. Menentukan kebutuhan data, yaitu pengambilan data di lapangan dengan penempatan surveyor di 4 lokasi yang ditinjau. Penempatan surveyor disetiap-setiap lokasi di tempatkan 2 petugas untuk mencatat jumlah kendaraan yang melintas.

3.4 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal setelah tahap persiapan dalam proses pelaksanaan evaluasi dan perencanaan yang sangat penting, karena dari sini dapat ditentukan permasalahan dan rangkaian penentuan alternatif pemecahan masalah yang akan diambil. Adapun beberapa metode yang dilakukan dalam rangka pengumpulan data ini antara lain:

3.4.1 Metode Studi Pustaka

Metode studi pustaka yaitu dengan meminjam data dari instansi terkait sebagai landasan permasalahan yang ada sekaligus pembanding keadaan saat ini. Data yang diperoleh dari instansi terkait ini biasa disebut data sekunder. Data lalulintas harian rata-rata merupakan data sekunder pada penelitian ini yang berfungsi untuk mengetahui angka pertumbuhan lalu lintas sehingga dapat diketahui kapasitas jalan yang ditinjau.

3.4.2 Metode Survei

Metode survei yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung keadaan aktual pada saat ini, sehingga diharapkan tidak terjadi kesalahan dalam evaluasi dan perencanaan. Data yang diperoleh dari kegiatan survei ini disebut data primer. Data primer adalah data utama yang diperoleh dengan cara observasi ke lapangan.

3.4.3 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 7 hari secara berurutan, dengan hari yang telah ditentukan berdasarkan kondisi di lapangan. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21 Juli 2025 sampai tanggal 27 Juli 2025 Pada pukul 07.00 – 09.00 WIB, 12.00 - 14.00 WIB dan pada pukul 16.00 - 18.00 WIB.

3.4.4 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian disesuaikan dengan kebutuhan, antara lain:

1) Formulir penelitian jumlah kendaraan yang keluar pada tiap-tiap lengan.
2) Pita ukur (*roll meter*) untuk mendapatan data geometrik jalan dan ukuran Kendaraan.
3) Jam tangan sebagai penunjuk waktu selama pelaksanaan survei.
4) Alat tulis dan peralatan tulis lainnya.
5) Laptop Komputer sebagai alat untuk menghitung dan mengolah data.
6) Camera sebagai alat pemotretan kondisi jalan.

3.5 Rencana Penelitian

3.5.1 Variabel yang di Ukur

Variabel utama yang diukur yaitu, Jumlah dari masing-masing kendaraan yang melintas di persimpangan jalan yang telah ditetapkan tersebut, yaitu:

1) Kendaraan Ringan (LV)/Mobil penumpang dan truk kecil.
2) Kendaraan Berat (HV)/Bis,truk 2 as dan truk kombinasi.
3) Sepeda motor (MC)/Sepeda motor dan kendaraan roda 3.
4) Kendaraan tak bermotor (UM)/Sepeda dan becak dayung.

3.5.2 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survai yang akan dipilih dan jam puncak (*peak hour*) dan juga kondisi lingkungan di sekitar simpang. Adapun hal-hal yang fungsi diadakan survai ini yaitu:

1) Penempatan tempat atau titik lokasi survai yang memudahkan pengamat.
2) Penentuan arah lalu lintas dan jenis kendaraan yang disurvai.
3) Membiasakan para pensurvai dalam menggunakan alat yang akan digunakan untuk survei.
4) Memahami kesulitan yang memugkinkan muncul pada saat pelaksanan survai dan melakukan revisi sesuai dengan keadaan lapangan serta kondisi yang mungkin di hadapi.

3.6 Tahap Pembahasan

Analisis dan pengolahan dilakukan berdasarkan data yang telah diperoleh, selanjutnya dikelompokkan sesuai dengan identifikasi jenis permasalahan sehingga diperoleh analisis pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Tahap ini dilakukan analisis dan pengolahan data dari kinerja lalu lintas di simpang empat bersinyal di simpang jalan jalan Asrama – jalan gaperta ujung Medan.

3.6.1 Analisis Simpang

Analisis diperhitungkan terhadap data kondisi saat ini untuk melihat kemampuan dan kapasitas jalan supaya tidak terjadi kemacetan lalu lintas dan dapat meningkatkan kapasitas simpang yang ditinjau, adapun analisis yang akan dibahas adalah:

1) Kapasitas (C).
2) Derajat kejenuhan (DJ).
3) Tundaan (T).
4) Peluang Antrian (PA).

3.6.2 Metode Pemecahan Masalah

Setelah didapatkan analisis data maka langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif solusi yang memungkinkan untuk memecahkan permasalahan yang ada. Alternatif penyelesaian masalah di bawah ini dapat dipilih sesuai dengan kondisi simpang yang ada, diantaranya adalah:

a. Penataan geometri dan pemanfaatan ruas jalan secara optimal.
b. Koordinasi dua simpang yang berdekatan hal ini dilakukan untuk menata fase sinyal antara dua simpang yang berdekatan dengan tujuan untuk mengurangi atau menanggulangi panjang antrian dan tundaan yang terjadi.
c. Penambahan lebar pendekat, Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai FR Kritis tertinggi.
d. Melakukan perencanaan pembangunan *Flyover* jika situasi sudah tidak memungkinkan untuk perlebaran jalan karna sudah tidak ada lahan lagi untuk perlebaran karena ada sungai dan fasilitas umum lainya.
e. Perubahan fase sinyal Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan dan mempunyai rasio belok kanan tinggi menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi (FR > 0,8), suatu rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalu lintas belok kanan mungkin akan sesuai. Rencana fase yang hanya dengan dua fase mungkin memberikan kapasitas lebih tinggi. Persyaratannya adalah apabila gerakan-gerakan belok kanan tidak terlalu tinggi (< 200 smp/jam).
f. Pelarangan gerakan - gerakan belok kanan. Pelarangan bagi satu atau lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Persyaratannya adalah harus ada simpang alternatif yang sejajar untuk membelok.

3.6.3 Data Arus Lalulintas

Tabel 3.1: Data Arus Lalu Lintas

Hari Senin Tanggal : 21 Juli 2025 Pukul : 07.00 – 12.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	211	673	274	171	572	127	253	150	274	175	350	115
Kendaraan Sedang (KS)	13	177	27	25	113	13	17	12	13	12	13	23
Sepeda Motor (SM)	357	1753	712	548	1194	237	387	175	349	387	210	331
Hari Senin Tanggal : 21 Juli 2025 Pukul : 12.00 – 17.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	197	646	254	137	549	103	227	134	232	142	332	102
Kendaraan Sedang (KS)	4	156	13	11	144	6	4	7	8	10	11	15
Sepeda Motor (SM)	323	1527	547	282	1067	228	342	132	323	364	201	319
Hari Senin Tanggal : 21 Juli 2025 Pukul : 17.00 – 22.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan

Mobil Penumpang (MP)	257	796	305	175	593	134	278	163	293	186	377	137
Kendaraan Sedang (KS)	16	189	31	29	127	17	19	16	15	17	14	29
Sepeda Motor (SM)	379	2043	865	659	1478	253	396	197	367	393	231	353

Hari Senin Tanggal : 21 Juli 2025
Pukul : 22.00 – 07.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	77	243	83	63	179	56	126	66	134	72	148	59
Kendaraan Sedang (KS)	15	89	24	11	57	5	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	153	356	273	232	358	163	114	132	129	197	147	`169

Hari Selasa Tanggal : 22 Juli 2025
Pukul : 07.00 – 12.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	191	667	224	159	558	106	234	136	259	158	343	103
Kendaraan Sedang (KS)	15	179	29	27	115	12	14	19	16	11	12	21
Sepeda	367	1781	747	563	1252	251	393	189	368	399	217	352

Motor (SM)												

Hari Selasa Tanggal : 22 Juli 2025
Pukul : 12.00 – 17.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	186	632	235	123	537	115	219	124	229	139	327	129
Kendaraan Sedang (KS)	5	122	12	10	129	7	5	13	12	14	19	13
Sepeda Motor (SM)	339	1729	592	287	1248	249	356	144	348	379	221	334

Hari Selasa Tanggal : 22 Juli 2025
Pukul : 17.00 – 22.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	269	808	323	192	607	157	289	178	297	197	399	149
Kendaraan Sedang (KS)	12	178	33	29	117	11	13	14	12	15	12	26
Sepeda Motor (SM)	390	2143	875	669	1498	263	376	179	386	395	235	367

Hari Selasa Tanggal : 22 Juli 2025
Pukul : 22.00 – 07.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan

Mobil Penumpang (MP)	78	242	82	64	175	59	128	68	137	72	146	53
Kendaraan Sedang (KS)	16	88	23	12	56	7	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	154	354	272	231	359	165	116	134	131	195	145	`169

Hari Rabu Tanggal : 23 Juli 2025
Pukul : 07.00 – 12.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	217	678	277	173	577	123	259	159	277	179	353	117
Kendaraan Sedang (KS)	12	179	30	27	119	12	18	13	15	14	19	21
Sepeda Motor (SM)	361	1758	719	552	1203	241	392	183	354	395	217	339

Hari Rabu Tanggal : 23 Juli 2025
Pukul : 12.00 – 17.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	189	647	249	147	597	124	287	156	275	143	333	147
Kendaraan Sedang (KS)	5	122	12	10	129	7	5	13	12	14	19	13
Sepeda Motor	339	1729	592	287	1248	249	356	144	348	379	221	334

(SM)												

Hari Rabu Tanggal : 23 Juli 2025
Pukul : 17.00 – 22.00

Tipe kendaraan	Pendekat Selatan			Pendekat Utara			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	257	783	295	167	584	126	266	154	282	173	367	124
Kendaraan Sedang (KS)	14	184	27	27	123	11	12	15	13	16	13	28
Sepeda Motor (SM)	383	2011	853	646	1457	233	385	179	356	378	226	348

Hari Rabu Tanggal : 23 Juli 2025
Pukul : 22.00 – 7.00

Tipe kendaraan	Pendekat Selatan			Pendekat Utara			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Mobil Penumpang (MP)	78	242	82	64	175	59	128	68	137	72	146	53
Kendaraan Sedang (KS)	16	88	23	12	56	7	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	154	354	272	231	359	165	116	134	131	195	145	`169

Hari Kamis Tanggal : 24 Juli 2025

Pukul : 07.00 – 12.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	185	653	217	149	567	114	254	124	272	135	323	153
Kendaraan Sedang (KS)	11	163	21	22	123	19	16	19	15	10	11	20
Sepeda Motor (SM)	375	1793	756	592	1337	235	413	174	372	383	224	341

Hari Kamis Tanggal : 24 Juli 2025

Pukul : 12.00 – 17.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	184	632	234	127	539	117	214	123	227	136	326	127
Kendaraan Sedang (KS)	5	136	12	10	135	7	5	13	19	15	15	15
Sepeda Motor (SM)	346	1735	627	297	1257	258	364	157	359	385	229	339

Hari Kamis Tanggal : 24 Juli 2025

Pukul : 17.00 – 22.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	279	816	329	203	626	168	296	185	302	216	403	332
Kendaraan	13	172	32	21	129	10	12	11	13	12	19	23

Sedang (KS)												
Sepeda Motor (SM)	394	2149	883	679	1505	279	387	187	411	402	245	358

Hari Kamis Tanggal : 24 Juli 2025
Pukul : 22.00 – 7.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	77	243	83	63	179	56	126	66	134	72	148	59
Kendaraan Sedang (KS)	15	89	24	11	57	5	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	153	356	273	232	358	163	114	132	129	197	147	`169

Hari Jumat Tanggal : 25 Juli 2025
Pukul : 07.00 – 12.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	258	838	387	198	614	165	294	186	306	235	432	156
Kendaraan Sedang (KS)	14	187	33	33	125	11	13	14	12	13	13	29
Sepeda Motor (SM)	397	2254	889	676	1521	272	385	186	396	421	253	385

Hari Jumat Tanggal : 25 Juli 2025 Pukul : 12.00 – 17.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	267	843	398	223	625	174	314	197	343	243	456	165
Kendaraan Sedang (KS)	16	171	37	34	111	10	15	17	18	12	12	21
Sepeda Motor (SM)	385	2221	873	663	1515	287	376	173	376	415	222	345

Hari Jumat Tanggal : 25 Juli 2025 Pukul : 17.00 – 22.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	272	854	376	212	615	164	324	179	325	247	459	156
Kendaraan Sedang (KS)	19	175	39	38	121	13	17	21	22	11	13	24
Sepeda Motor (SM)	388	2227	867	653	1523	276	345	167	343	423	227	378
Hari Jumat Tanggal : 25 Juli 2025 Pukul : 22.00 – 7.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	77	243	83	63	179	56	126	66	134	72	148	59

Kendaraan Sedang (KS)	15	89	24	11	57	5	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	153	356	273	232	358	163	114	132	129	197	147	`169

Hari Sabtu Tanggal : 26 Juli 2025
Pukul : 07.00 – 12.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	172	654	276	112	415	134	224	134	247	223	397	143
Kendaraan Sedang (KS)	19	175	37	37	119	13	15	22	23	14	12	23
Sepeda Motor (SM)	335	1658	662	543	1233	246	305	147	243	316	201	297

Hari Sabtu Tanggal : 26 Juli 2025
Pukul : 12.00 – 17.00

Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	191	734	283	121	428	145	237	143	254	234	402	157
Kendaraan Sedang (KS)	21	167	37	36	121	14	17	27	27	16	13	25
Sepeda Motor (SM)	339	1678	678	556	1243	254	321	154	254	323	224	321

Hari Sabtu Tanggal : 26 Juli 2025 Pukul : 17.00 – 22.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	195	668	226	153	559	111	237	139	261	161	353	111
Kendaraan Sedang (KS)	15	182	29	27	121	12	14	19	16	12	13	22
Sepeda Motor (SM)	369	1671	747	563	1252	251	393	189	368	399	217	352
Hari Sabtu Tanggal : 26 Juli 2025 Pukul : 22.00 – 7.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	77	243	83	63	179	56	126	66	134	72	148	59
Kendaraan Sedang (KS)	15	89	24	11	57	5	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	153	356	273	232	358	163	114	132	129	197	147	`169

Hari Minggu Tanggal : 27 Juli 2025 Pukul : 07.00 – 12.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil	121	547	234	149	548	156	224	146	249	168	323	113

Penumpang (MP)												
Kendaraan Sedang (KS)	17	182	23	29	117	11	12	13	17	15	14	22
Sepeda Motor (SM)	369	1432	521	232	1214	231	373	199	328	333	223	381
Hari Minggu Tanggal : 27 Juli 2025 Pukul : 12.00 – 17.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	198	670	230	168	567	123	247	149	267	198	354	123
Kendaraan Sedang (KS)	12	174	27	28	123	15	16	17	17	12	13	22
Sepeda Motor (SM)	376	1778	721	543	1264	265	402	197	376	403	223	365
Hari Minggu Tanggal : 27 Juli 2025 Pukul : 17.00 – 22.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	259	784	297	168	587	129	265	159	286	178	365	122
Kendaraan Sedang (KS)	13	176	29	22	121	12	18	16	12	17	13	25
Sepeda Motor (SM)	387	2025	833	656	1459	223	398	156	389	397	234	389

Hari Minggu Tanggal : 27 Juli 2025 Pukul : 22.00 – 7.00												
Tipe kendaraan	Pendekat utara			Pendekat selatan			Pendekat Timur			Pendekat Barat		
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan	Kiri	Lurus	kanan
Mobil Penumpang (MP)	77	243	83	63	179	56	126	66	134	72	148	59
Kendaraan Sedang (KS)	15	89	24	11	57	5	9	4	3	9	7	11
Sepeda Motor (SM)	153	356	273	232	358	163	114	132	129	197	147	`169

3.6.4 data waktu siklus

Tabel 3.2 : Data waktu Siklus

Pendekat	waktu nyala				waktu sikus (detik)
	Hijau	kuning	Merah	All Red	
Utara	92	3	148	1	244
Selatan	145	3	109	1	258
Barat	65	3	205	1	274
Timur	75	3	170	1	249



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Lalulintas

Data yang digunakan untuk proses perhitungan dalam penelitian ini adalahdata primer. Dimana data primer merupakan data riil yang didapat dari pengamatan langsung dan perhitungan dilapangan, dengan lokasi penelitian di simpang Gaperta .

4.1.1. Data Arus Lalulintas

Utara :

Kiri:

- MP $= \frac{(742+724+741+725+874+635+655)}{7}$ = 728 kendaraan/hari

  $= \frac{728}{24}$ =31 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(48+48+47+44+64+70+57)}{7}$ = 54 kendaraan / hari

  $= \frac{54}{24}$ = 3 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(1212+1250+1237+1268+1323+1197+1285)}{7}$=1254 kendaraan/hari

  $= \frac{1254}{24}$ = 53 kendaraan/jam

Lurus:

- MP $= \frac{(2358++2349++2350+2344+2778+2299)}{7}$ = 2069 kendaraan/hari

  $= \frac{2069}{24}$ =87 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(611+567+573+579+622+613+621)}{7}$ = 598 kendaraan / hari

  $= \frac{598}{24}$ = 25 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(5679+6007+5852+6033+7058+3852+5591)}{7}$=4863 kendaraan/hari

$= \frac{4863}{24}$ = 203 kendaraan/jam

Kanan:

- MP $= \frac{(916++864+903+863+1244+900+844)}{7}$ = 934 kendaraan/hari

  $= \frac{934}{24}$ =39 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(82+95+92+89+133+127+103)}{7}$ = 103 kendaraan / hari

  $= \frac{103}{24}$ = 4 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(2397+2486+2436+2539+2902+2360+2358)}{7}$=2142 kendaraan/hari

  $= \frac{2142}{24}$ = 90 kendaraan/jam

Selatan :

Kiri:

- MP $= \frac{(546+538+551+542+696+449+548)}{7}$ = 3870 kendaraan/hari

  $= \frac{3870}{24}$ =162 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(76+78+76+64+116+111+90)}{7}$ = 611 kendaraan / hari

  $= \frac{611}{24}$ = 26 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(2721+1750+1718+1800+2224+1894+1663)}{7}$=1968 kendaraan/hari

  $= \frac{1968}{24}$ = 82 kendaraan/jam

Lurus:

- MP $= \frac{(1893+1875+1933+1911+2033+1581+1881)}{7}$ = 1873 kendaraan/hari

  $= \frac{1873}{24}$ =78 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(439+417+427+444+414+418+418)}{7}$ = 426 kendaraan / hari

  $= \frac{426}{24}$ = 18 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(4097+4357+4267+4457+4717+3785+4295)}{7}$=4283 kendaraan/hari

  $= \frac{4283}{24}$ = 179 kendaraan/jam

Kanan:

- MP $= \frac{(420+437+378+455+559+446+464)}{7}$ = 452 kendaraan/hari

  $= \frac{452}{24}$ = 18 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(41+37+37+41+39+44+43)}{7}$ = 41 kendaraan / hari

  $= \frac{41}{24}$ = 2 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(881+928+888+935+998+914+882)}{7}$=918 kendaraan/hari

  $= \frac{918}{24}$ = 39 kendaraan/jam

Timur :

Kiri:

- MP $= \frac{(884+870+940+890+1058+824+862)}{7}$ = 904 kendaraan/hari

  $= \frac{904}{24}$ =38 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(63+41+44+42+54+55+55)}{7}$ = 51 kendaraan / hari

  $= \frac{51}{24}$ = 3 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(1239+1241+1249+1278+1220+1133+1287)}{7}$=1236 kendaraan/hari

  $= \frac{1236}{24}$ = 52 kendaraan/jam

Lurus:

- MP $= \frac{(513+506+537+497+628+628+482)}{7}$ = 542 kendaraan/hari

  $= \frac{542}{24}$ =23 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(39+50+45+47+56+72+50)}{7}$ = 52 kendaraan / hari

  $= \frac{52}{24}$ = 2 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(636+646+640+650+658+622+684)}{7}$ = 648 kendaraan/hari

  $= \frac{648}{24}$ = 27 kendaraan/jam

Kiri:

- MP $= \frac{(933+922+971+935+1108+896+936)}{7}$ = 958 kendaraan/hari

  $= \frac{958}{24}$ = 40 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(39+43+43+50+55+69+49)}{7}$ = 50 kendaraan/hari

  $= \frac{50}{24}$ = 2 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(1168+1233+1189+1271+1244+994+1222)}{7}$ = 1188 kendaraan/hari

  $= \frac{1188}{24}$ = 50 kendaraan/jam

Barat :

Kanan:

- MP $= \frac{(575+646+567+559+797+690+616)}{7}$ = 636 kendaraan/hari

  $= \frac{636}{24}$ = 27 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(48+49+53+46+45+51+53)}{7}$ = 50 kendaraan/hari

  $= \frac{50}{24}$ = 3 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(1341+1368+1347+1367+1456+1235+1330)}{7}$ = 1350 kendaraan/hari

  $= \frac{1350}{24}$ = 57 kendaraan/jam

Lurus:

- MP $= \frac{(1207+1215+1199+1200+1475+1300+1190)}{7}$ = 1256 kendaraan/hari

  $= \frac{1256}{24}$ =53 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(45+50+58+52+45+45+47)}{7}$ = 49 kendaraan / hari

$= \frac{49}{24}$ = 2 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(789+818+809+845+849+789+827)}{7}$ = 818 kendaraan/hari

  $= \frac{818}{24}$ = 35 kendaraan/jam

Kanan:

- MP $= \frac{(413+434+441+671+536+470+417)}{7}$ = 484 kendaraan/hari

  $= \frac{484}{24}$ = 21 kendaraan /jam

- KS $= \frac{(78+71+73+69+85+81+80)}{7}$ = 77 kendaraan/hari

  $= \frac{77}{24}$ = 3 kendaraan /jam

- SM $= \frac{(1172+1222+1190+1207+1277+1139+1304)}{7}$ = 1216 kendaraan/hari

  $= \frac{1216}{24}$ = 51 kendaraan/jam

Tabel 4.1 waktu merah semua

SIMPANG APILL							
		Kota: Medan					
WAKTU MERAH SEMUA		Simpang: Gaoerta					
WAKTU HILANG HIJAU		Ukuran kota: 112. Ribu jiwa					
TOTAL		Perihal: Pengaturan simpang empat fase hijau awal					
		Periode: Jam puncak sore hari kerja					
Kode Pendekat	**Jarak** (m)		**Kecepatan** (m/detik)			**Waktu Tempuh** (detik)	**W_{MS}** (detik)
			Berangkat V_{KBR}	**Datang** V_{KDT}	**Pejalan Kaki** V_{PK}		
S	Jarak berangkat, $L_{KBR}+P_{KBR}$	20	10			2,0	**0,2**
	Jarak datang, L_{KDT}	18		10		1,8	
	Jarak pejalan kaki, L_{PK}						
U	Jarak berangkat, $L_{KBR}+P_{KBR}$	22,5	10			2,25	**0,58**
	Jarak datang, L_{KDT}	16,7		10		1,67	
	Jarak pejalan kaki, L_{PK}						
T	Jarak berangkat, $L_{KBR}+P_{KBR}$	23	10			2,3	**1,2**
	Jarak datang, L_{KDT}	11		10		1,1	
	Jarak pejalan kaki, L_{PK}						
B	Jarak berangkat, $L_{KBR}+P_{KBR}$	32	10			3,2	**2,02**
	Jarak datang, L_{KDT}	11.8		10		1,18	
	Jarak pejalan kaki, L_{PK}						
. . .	Jarak berangkat, $L_{KBR}+P_{KBR}$						
	Jarak datang, L_{KDT}						
	Jarak pejalan kaki, L_{PK}						
. . .	Jarak berangkat, $L_{KBR}+P_{KBR}$						
	Jarak datang, L_{KDT}						
	Jarak pejalan kaki, L_{PK}						

CATATAN:

Dari fase 3 ke 4 tidak memerlukan W_{MS} karena arus dari barat tetap berjalan

$$w_{MS} = Max \begin{cases} \frac{L_{KBR}}{V_{KBR}} + \frac{P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \\ \frac{L_{PK}}{V_{PK}} \end{cases}$$

Penentuan W_{MS}	
Fase 1 → Fase 2	1
Fase 2 → Fase 3	1
Fase 3 → Fase 4	1
Fase 4 → Fase 1	3
W_K semua fase (3 detik per fase)	12
W_{HH} = □ □ W_{MS} + W_K □ SEMUA FASE, (detik/siklus)	16

Berikut merupakan perhitungan Volume Lalu Lintas ,$R_{BKa,}R_{BKi}$ dengan menggunakan Persamaan 2.4, 2.5, 2.8, 2.10 persamaan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 : Data Survey

SIMPANG APILL																	
ARUS LALU LINTAS		Kota: Medan			Perihal: Pengaturan simpang empat fase hijau awal												
		Simpang: Gaperta															
		Ukuran Kota: 112.339 Jiwa															
Kode Pendekat	**Arah**	**KENDARAAN BERMOTOR**														KEND. TAK BERMOTOR	
		Mobil Penumpang (MP)			**Kendaraan Berat (KB)**			**Sepeda Motor (SM)**			**Total Kendaraan Bermotor**			**Rasio Belok ke Kiri** R_{BKi}	**Rasio Belok ke Kanan** R_{BKa}	**KTB** kend / jam	R_{KTB} **Rasio arus KTB terhadp arus total**
		EMP terlindung =		1,00	EMP terlindung =		1,30	EMP terlindung =		0,15							
		EMP terlawan =		1,00	EMP terlawan =		1,30	EMP terlawan =		0,40							
		kend/jam	Terlindung SMP / jam	Terlawan SMP / jam	kend/jam	terlindung SMP / jam	Terlawn SMP / jam	kend/jam	terlindung SMP / jam	Terlawan SMP / jam	kend/jam	Terlindung SMP / jam	Terlawan SMP / jam				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	BKi / BKiJT	**31**	**31**	**31**	**3**	**3,9**	**3,9**	**53**	**7,95**	**21,2**	**87**	**42,86**	**61,2**	**0,17**		**0**	
	Lurus	**87**	**87**	**87**	**25**	**32,9**	**32,9**	**203**	**30,45**	**81,2**	**315**	**149,95**	**201,1**			**4**	
	BKa	**39**	**39**	**39**	**4**	**44**	**44**	**90**	**13,5**	**36**	**133**	**57,7**	**119**		**0,23**	**0**	
	Total	**157**	**157**	**157**	**32**	**107,9**	**107,9**	**346**	**51,9**	**138,4**	**586**	**250,5**	**381,3**			**4**	**0,006**
S	BKi / BKiJT	**162**	**162**	**162**	**26**	**33,8**	**33,8**	**82**	**12,3**	**32,8**	**270**	**198,1**	**228,6**	**0,6**		**2**	
	Lurus	**78**	**78**	**78**	**18**	**23,4**	**23,4**	**179**	**26,85**	**71,6**	**275**	**128,25**	**173**			**3**	
	BKa	**18**	**18**	**18**	**2**	**2,6**	**2,6**	**39**	**5,85**	**15,6**	**59**	**26,45**	**36,2**		**0,1**	**2**	
	Total	**258**	**258**	**258**	**46**	**39,8**	**39,8**	**300**	**45**	**120**	**604**	**352,8**	**437,8**			**7**	**0,012**
T	BKi / BKiJT	**38**	**38**	**38**	**3**	**3,9**	**3,9**	**52**	**7,8**	**20,8**	**93**	**49,7**	**62,7**	**0,38**		**10**	
	Lurus	**23**	**23**	**23**	**2**	**2,6**	**2,6**	**27**	**4,05**	**10,8**	**52**	**29,65**	**36,4**			**6**	
	BKa	**40**	**40**	**40**	**2**	**2,6**	**2,6**	**50**	**7,5**	**20**	**92**	**50,1**	**62,6**		**0,38**	**1**	
	Total	**101**	**101**	**101**	**7**	**9,1**	**9,1**	**129**	**19,35**	**51,6**	**237**	**129,45**	**161,7**			**17**	**0,07**
B	BKi / BKiJT	**27**	**27**	**27**	**3**	**3,9**	**3,9**	**57**	**8,55**	**22,8**	**87**	**39,45**	**53,6**	**0,30**		**2**	
	Lurus	**53**	**53**	**53**	**2**	**2,6**	**2,6**	**35**	**5,25**	**14**	**90**	**60,85**	**69,6**			**6**	
	BKa	**21**	**21**	**21**	**3**	**3,9**	**3,9**	**51**	**7,65**	**20,4**	**75**	**32,55**	**45,3**		**0,25**	**1**	
	Total	**101**	**101**	**101**	**8**	**10,4**	**10,4**	**143**	**21,45**	**57,2**	**252**	**132,88**	**168,5**			**9**	**0,03**

Pendekat terlindung

S= 250,5

U= 352,8

B= 129,45

T= 132,88

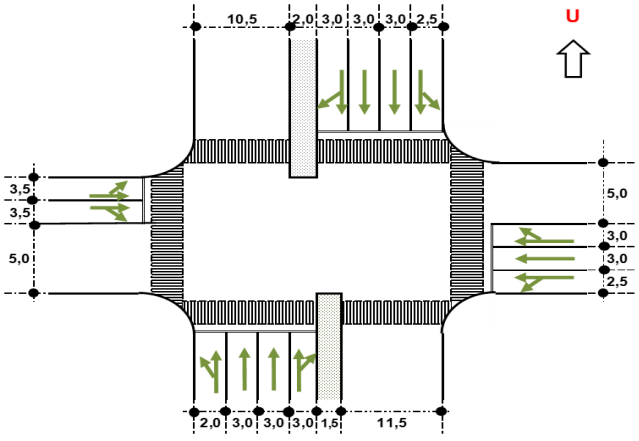
Tabel 4.2 : Hambatan Samping

SIMPANG APILL DATA: GEOMETRI PENGATURAN LALU LINTAS LINGKUNGAN	Tanggal: 24 Januari 2012	Ditangani oleh : HI, AN
	Kota: Jakarta	
	Simpang: Jalan Iskandarsyah - Jalan Wijaya	
	Ukuran kota: 8,3 juta jiwa	
	Perihal: Pengaturan simpang empat fase hijau awal	
	Periode: Jam puncak sore hari kerja	

Sketsa Fase APILL

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	**Waktu siklus** s = 30 detik **Waktu hilang hijau total** W_{HH} = W_{AH} = 16 detik
W_H=	W_H=	W_H=	W_H=	W_H= waktu hijau
W_{AH}=	W_{AH}=	W_{AH}=	W_{AH}=	W_{AH}= waktu antar hijau

Sketsa simpang



Kondisi Lapangan

Kode pendekat U, S, T, B	**Tipe lingkungan jalan** KIM, KOM, AT	**Kelas Hambatan samping** T (tinggi), R (rendah)	**Median** Y (ada) atau T (tidak)	**Kelandaian pendekat** + (nanjak) atau - (turun) %	**B_{KiJT}** Y (ada) atau T (tidak)	**Jarak ke kendaraan parkir pertama** m	**Lebar pendekat (m)**			
							pada awal lajur **L** m	pada garis henti **L_M** m	pada lajur belok kiri **L_{BKiJT}** m	pada lajur keluar **L_K** M
U	KOM	R	Y	0	Y	0	9,0	7,0	2,0	7,0
S	KIM	R	Y	0	Y	0	9,5	7,5	2,0	7,5
T	KIM	R	T	0	Y	0	7,5	5,5	2,0	5,5
B	KIM	R	T	0	Y	0	7,0	5,0	2,0	5,0

Data Lebar Efektif Lengan Berikut merupakan data lebar efektif pada setiap pada simpang.

1. Lebar Efektif Utara = 9-2 = 7 m
2. Lebar Efektif Selatan = 9,5-2= 7,5 m
3. Lebar Efektif Timur = 7,5-2= 5,5 m
4. Lebar Efektif Barat = 7-2=5 m

4.1.2 Arus Jenuh

Berikut merupakan perhitungan Arus Jenuh dengan menggunakan Persamaan 2.3 persamaan adalah sebagai berikut.

Utara = 600 x 7 = 4200

Selatan = 600 x 7,5 = 4500

Timur = 600 x 5,5 = 3300

Barat =600 x 5 = 3000

F_{uk} Karna jumlah penduduk Medan Helvetia adalah 112.339 jiwa, Maka digunakan nilai untuk F_{uk} nya adalah 0,88 (terdapat data tabel 2.4)

F_{uk} = 1

FG = 1

FP = 1

Berikut merupakan perhitungan Faktor belok kiri dan faktor belok kanan dengan menggunakan Persamaan 2.9 dan 2.11 persamaan adalah sebagai berikut.

F_{bka} = = 1,0 – 0,96 x 0,26 = 0,75

F_{bki} = 1,0 – 1,45 x 0,16 = 0,77

Tabel Berikut merupakan perhitungan Arus jenuh dengan menggunakan Persamaan 2.6 persamaan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 :Arus Jenuh

Lebar Efektif (m)	Rasio aruh jenuh smp/jam hijau								Arus lalu lintas smp/jam
	Nilai dasar	Faktor Penyesuaian						Arus yang disesuaikan	
		Semua tipe pendekat				Hanya tipe p			
L_e	Arus jenuh smp/jam hijau J_0	Ukuran kota F_{UK}	Hambatan samping F_{HS}	Kelandaian F_G	Parkir F_P	Belok kanan F_{bka}	Belok kiri F_{bki}	J smp/jam	q
7	4200	0,88	1	1	1	0,75	0,77	2.134,4	250,5
7,5	4500	0,88	1	1	1	0,75	0,77	2.286,9	316,8
5,5	3300	0,88	1	1	1	0,75	0,77	1.677	129,45
5	3000	0,88	1	1	1	0,75	0,77	1.524,6	132,88

4.1.3 Rasio Arus Jenuh $\frac{RQ}{J}$

Tabel Berikut merupakan perhitungan Rasio arus jenuh dengan menggunakan Persamaan 2.7 persamaan adalah sebagai berikut

Tabel 4.4 : Rasio Arus Jenuh(RQ/j)

Pendekat	J	Q	$\frac{RQ}{j}$
Utara	2.134,4	250,5	0,12
Selatan	2.286,9	316,8	0,14
Barat	1.677	129,45	0,08
Timur	1.524,6	132,88	0,09
TOTAL			0,43

4.1.4 Waktu siklus

Berikut merupakan perhitungan Waktu sinyal dengan menggunakan Persamaan 2.12 dan 2.13 persamaan dan dengan data waktu hijau dan waktu siklus menggunakan Tabel 3.2 dan tabel 4.4 adalah sebagai berikut

$S_{utara} = \frac{(1{,}5\times 92+5)}{(1-0{,}12)}$ = 163 Detik

$S_{Selatan} = \frac{(1{,}5\times 145+5)}{(1-0{,}14)}$ = 259 Detik

$S_{Barat} = \frac{(1{,}5\times 65+5)}{(1-0{,}08)}$ = 112 Detik

$S_{Timur} = \frac{(1{,}5\times 75+5)}{(1-0{,}08)}$ = 130 Detik

W_{Hutara} =(163−92) $\frac{0{,}12}{(0{,}43)\times 4}$ = 20 detik

$W_{HSelatan}$ =(259−145) $\frac{0{,}14}{(0{,}43)\times 4}$ = 33 detik

W_{Hbarat} =(112−65) $\frac{0{,}08}{(0{,}43)\times 4}$ = 9 detik

W_{HTimur} =(130−75) $\frac{0{,}09}{(0{,}43)\times 4}$ = 12 detik

4.1.5 Kapasitas (C)

Berikut merupakan perhitungan Kapasitas dengan menggunakan Persamaan 2.1 persamaan dan dengan data waktu hijau dan waktu siklus menggunakan Tabel 3.2 adalah sebagai berikut:

C_{Utara} = 2.134,4× $\frac{20}{163}$ =261.9 smp/jam

$C_{Selatan}$ = 2.286,9× $\frac{33}{259}$ =291,4 smp jam

C_{Barat} = 1.677 × $\frac{9}{112}$ =134.8smp/jam

C_{Timur} = 1.524,6× $\frac{12}{130}$ =140,8 smp/jam

4.2 Derajat Kejenuhan(Dj)

Berikut merupakan perhitungan Kapasitas dengan menggunakan Persamaan 2.16 persamaan adalah sebagai berikut:

$Dj_{utara} = \frac{250,5}{1229,4} = 0,95$

$Dj_{Selatan} = \frac{316,8}{291,4} = 1,1$

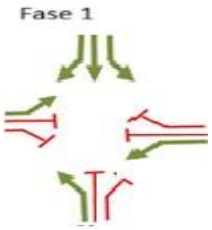
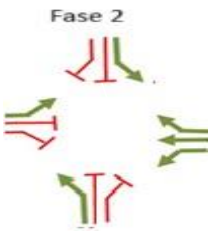
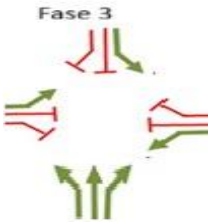
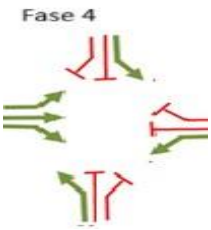
$Dj_{Barat} = \frac{129,45}{134,8} = 0.96$

$Dj_{Timur} = \frac{132,88}{140,8} = 0.94$

4.5 Tabel Penentuan Waktu Isyarat Kapasitas

	SIMPANG APILL PENENTUAN WAKTU ISYARAT KAPASITAS	Tanggal:	Ditangani oleh:
		Kota: Medan	
		Simpang:Gaperta	
		Ukuran kota:112.339 jiwa	
		Perihal:	
		Periode:	

Distribusi arus lalu lintas:

Distribusi arus lalu lintas, SMP/jam	Fase 1:	Fase 2:	Fase 3:	Fase 4:

Kode pendekat	Hijau dalam fase ke-	Tipe pendekat	Rasio kendaraan belok			Arus belok kanan		Lebr Efektif	Arus jenuh								Arus lalu lintas	Rasio Arus	Rasio Fase	Waktu Hijau per fase (i)	Kapasitas C (21)	Derajat kejenuhan
									Arus jenuh dasar	Faktor-faktor penyesuaian						Arus jenuh yang disesuaikan						
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			R_{BKiJT}	R_{BKi}	R_{BKa}	dari arah ditinjau	dari arah berlawanan	L_E	J_0	F_{HS}	F_{UK}	F_G	F_P	F_{BKi}	F_{BKa}							
									$J_0 = 600 \times L_E$ $J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa}$													
						SMP/jam	SMP/jam	m	SMP/jam							SMP/jam	SMP/jam	(18)/(17)	R_{AS}		SMP/jam	(18)/(22)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U	2	P	0,17		0,23			7	4200	0,88	1	1	1	0,75	0,77	2.134,4	250,5	0,12	0,233	20	261,9	0,95
S	1	P	0,6		0,1			7,5	4500	0,88	1	1	1	0,75	0,77	2.286,9	316,8	0,14	0,282	33	291,4	1,1
T	4	O	0,38		0,38	50	51	5,5	3300	0,88	1	1	1	0,75	0,77	1.677	129,45	0,08	0,394	9	134,8	0,96
/B	4	O	0,30		0,25	51	50	5	3000	0,88	1	1	1	0,75	0,77	1.524,6	132,88	0,09	0,45	12	140,8	0,94

Waktu hilang hijau total, W_{HH} =		detik	Waktu siklus pra penyesuaian, S_{PD} =		Detik	$s = \frac{(1{,}5 \times w_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q_{kritis}})}$		Rasio Arus Simpang $R_{AS} = \Sigma_i (R_{q/J_{kritis}})_I$ =			$w_{Hi} = s - w_{HH} \times R_F$
			Waktu siklus disesuaikan, s =		Detik						

4.3 Panjang Antrian

Berikut merupakan perhitungan Kapasitas dengan menggunakan Persamaan 2.20,2.21,2.22 persamaan adalah sebagai berikut:

- Utara

NQ_1 $= 0{,}25 \times 163 \times (0{,}95 + 1)\sqrt{(0{,}95 - 1)^2 + \frac{8 \times (0{,}95 - 0{,}5)}{163}}$

$= 12{,}5$ smp

NQ_2 $= S \ \frac{1 - R_h}{1 - R_h \ x \ Dj} \ X \ \frac{q}{3600}$

R_h $= \frac{92}{244} = 0{,}37$

NQ_2 $= 163 \ \frac{1 - 0{,}37}{1 - 0{,}37 x \ 0{,}95} \ X \ \frac{250{,}5}{3600}$

NQ_2 $= 11$ Smp

NQ $= NQ1 + NQ2$

$= 12{,}5 + 11$

$= 23{,}5$ Smp

P_A $= \frac{NQ_{maks} \times 20}{L_{masuk}}$

$= \frac{23{,}5 \times 20}{7}$

$= 67{,}14$m

- Selatan

- NQ_1 =0,25 x 259 x(1,1 + 1)$\sqrt{(\ 1{,}1-1)^2+\frac{8\times(\ 1{,}1-0{,}5)}{259}}$

  = 23 Smp

NQ_2 = $S\ \frac{1-R_h}{1-R_h\ x\ Dj}\ X\ \frac{q}{3600}$

R_h = $\frac{145}{258}$ = 0,56

NQ_2 = 259 $\frac{1-0.56}{1-0.56x\ 1{,}1}\ x\ \frac{316{,}8}{3600}$

NQ_2 = 26,12 Smp

NQ = NQ1 + NQ2

= 23 + 26,12

= 49,12 Smp

P_A = $\frac{NQ_{maks\ \times 20}}{L_{masuk}}$

= $\frac{49{,}12\times 20}{7{,}5}$

= 131,4 m

- Barat

NQ_1 =0,25 x 112 x(0,96 + 1)$\sqrt{(\ 0{,}96-1)^2+\frac{8\times(\ 0{,}96-0{,}5)}{112}}$

= 10,2 Smp

NQ_2 = $S\ \frac{1-R_h}{1-R_h\ x\ Dj}\ X\ \frac{q}{3600}$

R_h = $\frac{65}{274}$ = 0,24

NQ_2 = 112 $\frac{1-0{,}24}{1-0{,}24x\ 0{,}96}\ x\ \frac{129{,}45}{3600}$

NQ_2 = 4 Smp

NQ = NQ1 + NQ2

= 10,2 + 4

= 14,2 Smp

$P_A = \frac{NQ_{maks} \times 20}{L_{masuk}}$

$= \frac{14,2 \times 20}{5,5}$

= 51,63 m

- Timur

$NQ_1 = 0,25 \times 130 \times (0,94 + 1)\sqrt{(0,94 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,94 - 0,5)}{130}}$

= 11 Smp

$NQ_2 = S \frac{1 - R_h}{1 - R_h \, x \, Ds} X \frac{q}{3600}$

$R_h = \frac{75}{249} = 0,3$

$NQ_2 = 130 \frac{1 - 0,3}{1 - 0,3x \, 0,94} X \frac{132,88}{3600}$

NQ_2 = 4,68 Smp

NQ = NQ1 + NQ2

= 11+ 4,68

= 15,68 Smp

$P_A = \frac{NQ_{maks} \times 20}{W_{masuk}}$

$= \frac{15,68 \times 20}{5}$

= 57 m

4.4 Tundaan

Berikut merupakan perhitungan Kapasitas dengan menggunakan Persamaan 2.17, persamaan adalah sebagai berikut:

- Utara

T = $163 \frac{(1-0,37)^2}{1-0,37\times0,95} + \frac{12,5}{261,9} \times 3600$

= 271,6 detik

- Selatan

T = $259 \frac{(1-0,56)^2}{1-0,56\times1,1} + \frac{23}{291,4} \times 3600$

= 414,7 detik

- Barat

T = $112 \frac{(1-0,24)^2}{1-0,24\times0,96} + \frac{10,2}{134,8} \times 3600$

= 356,5 detik

- Timur

T = $s \frac{(1-R_h)^2}{1-R_h x D_j} + \frac{NQ_1}{c} \times 3600$

= $130 \frac{(1-0,3)^2}{1-0,3\times0,94} + \frac{11}{140,8} \times 3600$

= 370 detik

SIMPANG APILL

PANJANG ANTRIAN
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI
TUNDAAN

Kota: Medan
Simpang: Gaperta
Ukuran kota: 112 ribu jiwa
Perihal: Pengaturan simpang empat fase hijau awal
Periode: total

Kode Pendekat	Arah lalu lintas q SMP/jam	Kapasitas C SMP/jam	Derajat Kejenuhan D_J	Rasio Hijau R_H	Jumlah kendaraan antri N_{q1} SMP	N_{q2} SMP	N_q SMP	N_{qMAX} SMP	Panjang Antrian P_A m	Rasio Kendaraan Terhenti R_{KH}	Jumlah Kendaraan Terhenti N_{KH} SMP	Tundaan lalu lintas rata-rata T_L detik	Tundaan geometri rata-rata T_G detik	Tundaan rata-rata T (13)+(14) detik	Tundaan Total (2)x(15) SMP.detik
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	250,5	261,9	0,95	0,37	12,5	11	23,5	23,5	67,14	0,915	1129	271,6	3,8	41,4	51061
T	316,8	291,4	1,1	0,56	23	26,12	49,12	49,12	131,4	0,898	1311	414,7	3,9	38,5	56229
S	129,45	134,8	0,96	0,24	10,2	4	14,2	14,2	51,63	0,894	655	356,5	3,7	36,5	26786
B	132,88	140,8	0,94	0,3	11	4,68	15,68	15,68	57	0,736	619	370	3,6	27,8	23365
...															
...															
...															
B_{KiT}	506											0	6	6	3036
Q_{total}	4774				Total jumlah kendaraan terhenti =						3713	Total tundaan =			160476
$Q_{dikoreksi}$					Rasio kendaraan terhenti rata-rata =						0,78	Tundaan simpang rata-rata, detik/SMP =			33,6

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

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

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

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M}$$

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

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

$$T_L = s \times \frac{0{,}5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_J)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C}$$

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

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. simpang Gaperta tahun 2025 dengan memiliki derajat kejenuhan simpang pada Pendekat Utara 0,95 , Pendekat Selatan 1,1, Pendekat Barat 0,96, Pendekat Timur 0,94. Sedangkan Panjang Antarian simpang pada Pendekat Utara
   67,14 m, Pendekat Selatan 131,4 m, Pendekat Barat 51,63 m, Pendekat Timur 57 m.
2. simpang Gaperta tahun 2025 dengan memiliki Tundaan simpang pada Pendekat Utara 271,6 detik , Pendekat Selatan 414,7 detik, Pendekat Barat 356,5 detik, Pendekat Timur 370 detik detik

5.2 Saran

1. Melihat besarnya volume lalulintas pada lengan persimpangan perlu dilakukan perencanaan ulang waktu siklus sehingga tidak terjadi tundaan yang cukup besar lagi.
2. Perkembangan lalulintas perlu dianalisa terus menerus secara kontinu sehingga dapat diketahui pengaruh perkembangan jumlah kendaraan terhadap lalulintas.
3. Perlunya penerapan disiplin berlalulintas khususnya kepatuhan terhadap rambu-rambu lalulintas.

DAFTAR PUSTAKA

Alhadar, A. (2011). Analisis Kinerja Jalan Dalam Upaya Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Pada Ruas Simpang Bersinyal Di Kota Palu. *Jurnal Smartek*, *Nopember 2011*, *9*(4), 327–336.

Ashar, A. S., & Prasetyo, T. T. (2024). *Analisis Fase Dan Waktu Siklus Simpang Apill Dalam Upaya Peningkatan Keselamatan Lalu Lintas Menggunakan Simulasi PTV Vissim Dan Software Surrogate Safety Assessment Model*. *11*(2), 92–103. Https://Doi.Org/10.46447/Ktj.V11i2.628

Bangun, M., Agustina, D. H., & Kusmawan, E. (2024). *ANALISIS KINERJA SIMPANG TIDAK BERSINYAL BERDASARKAN MKJI 1997 (Studi Kasus Ruas Jalan Tengku Sulung Dan Jalan Raja M . Saleh)*. *7*(2), 439–447.

Banter, B., Zaini, A. K., & Boer, A. (2019). *Analisis Simpang Bersinyal Pada Bundaran Kantor Gubernur Pekanbaru*. *19*(April), 35–40. Https://Doi.Org/10.25299/Saintis.2019.Vol19(1).2811

Basalamah, A., Lukman, A., Batubara, H., & Tanjung, D. (N.D.). *ANALISA KINERJA SIMPANG JALAN RAJAWALI JALAN MERAK JALAN RAJAWALI JALAN KASUARI DIKELURAHAN SEI SIKAMBING B . KECAMATAN MEDAN SUNGGAL KOTA MEDAN*. *3814*, 196–201.

Bimantara, W., & Widayanti, A. (2023). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jalan Raya Mastrip- Jalan Raya Menganti Surabaya Performance Analysis Of Signalized Intersection On Mastrip Highway - Highway Menganti Surabaya*. *1*(3), 262–276.

Gunawan, M. B. (2019). *Kinerja Persimpangan Dengan Dan Tanpa Lampu Lalu Lintas Pada Jalan Sangkuriang – Jalan Kolonel Masturi , Kota Cimahi*. *5*(3), 10–19.

Hakim, A. L. N., Kurniawan, A. D., Pratama, N. G., Mardiani, H. P., & Abror, A. H. (2023). Desain Perencanaan Kinerja Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal Pada Jalan Gayung Kebonsari Dengan Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, *1*(1), 20–24.

Isya, M., Sipil, M. T., Teknik, F., Kuala, U. S., Sipil, J. T., Teknik, F., & Kuala, U. S. (2017). *Kinerja Dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal Pada Simpang Remi Kota Langsa*. *1*(September), 67–74.

Kasus, S., Jalan, S., Timur, L., Kasai, P., Cenaku, B., Studi, P., Sipil, T., Teknologi, I., Studi, P., Sipil, T., Teknologi, I., Soeprapto, J. R., Telp, N., Hulu, K. I., & Indonesia, R. (2023). *Analisis Tingkat Pelayanan Persimpangan Dengan Metode MKJI 1997*. *1*(1).

Kumalawati, A., Seran, L. M., & Karels, D. W. (2023). Analisis Karakteristik Lalu Lintas Terhadap Tingkat Pelayanan Pada Ruas Jalan Ij Kasimo Kabupaten Belu. *Jurnal Teknik Sipil*, *12*(2), 185–192.

Https://Sipil.Ejournal.Web.Id/Index.Php/Jts/Article/View/829%0Ahttps://Sipil.Ejournal.Web.Id/Index.Php/Jts/Article/Download/829/399

Kusmaryono, I. (2021). *Rekayasa Jalan Raya 1*. 94.

Lumintang, G. Y. B., Teknik, F., Teknik, J., Universitas, S., & Ratulangi, S. (2013). *KINERJA LALU LINTAS PERSIMPANGAN LENGAN EMPAT BERSIGNAL (STUDI KASUS : PERSIMPANGAN JALAN WALANDA MARAMIS MANADO). 1*(3), 202–208 *Jurnal Edukasi*.

Mandasari, T., Timang, J. H., Raya, P., & Riani, D. (2019). *ANALISIS PERSIMPANGAN PADA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL STUDI KASUS (JALAN TAMBUN BUNGAI – JALAN R . A. 2*(2), 177–185. *Jurnal Edukasi*

Mustikarani, W., & Suherdiyanto. (2016). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Lalu Lintas Di Sepanjang Jalan H Rais A Rahman (Sui Jawi) Kota Pontianak. *Jurnal Edukasi*, *14*, 143–155.

NGURAH PURNAMA JAYA, G. (2018). Evaluasi Karakteristik Lalu Lintas Dan Tingkat Pelayanan Jalan Di Kawasan Simpang Kecamatan Parung Kabupaten Bogor. *Jurnal Teknik | Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, *19*(1). Https://Doi.Org/10.33751/Teknik.V19i1.1686

Nonreguler, P., Teknik, F., Hasanuddin, U., Ali, N., Jurusan, D., Sipil, T., Teknik, F., Hasanuddin, U., Hustim, M., Jurusan, D., Sipil, T., Teknik, F., & Hasanuddin, U. (2004). *STUDI KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL YANG TIDAK SEBIDANG DI KOTA MAKASSAR : STUDI KASUS SIMPANG JALAN URIP SUMOHARJO-JALAN LEIMENA*. *4*(1), 79–84. *Jurnal Edukasi*

Pembangunan, J. E., Ekonomi, F., & Ruratulangi, U. S. (2020). *ANALISIS DAMPAK KEMACETAN TERHADAP EKONOMI*. *20*(01), 83–93. *Jurnal Edukasi*

Radestya, S., Choiri Windari, A., Sari, R. N., Warianti, K., & Yunita, N. (2024). *Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Menggunakan Metode Logaritmik Greenberg Dan Eksponensial Underwood (Studi Kasus: Jalan RS Fatmawati Raya, Kota Jakarta Selatan)*. *6*(1), 2715–7296.

Regency, L., & Sumatra, N. (2021). *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Persimpangan Pasar Sibuhuan , Kabupaten Padang Lawas , Sumatera Utara Performance Analysis Of Non Signal Intersection At Sibuhuan Market Intersection , Padang*. *L*. Https://Doi.Org/10.25299/Saintis.2021.Vol21(01).6507

Roma Andika. (2022). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Meningkatkan Keselamatan Dengan Pengaturan Ulang Waktu Siklus Apill Di Simpang Empat Maya Kota Tegal. *Jurnal Universal Technic*, *1*(2), 84–95. Https://Doi.Org/10.58192/Unitech.V1i2.413

Sembiring, J., Batubara, H., Sibuea, D. T., & Silitonga, E. M. R. (2023). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Serta Penataannya Pada Simpang Jalan Karya Wisata – Jalan Eka Rasmi Menggunakan Program PTV Vissim.

SMART: Jurnal Teknik Sipil, Manajemen Konstruksi, Dan Arsitektur, *1*(1), 29. Https://Doi.Org/10.24114/Smart.V1i1.51368

Simpang, A., Sebidang, T., Simpang, P., Jalan, E., & Sakti, G. (2024). *Analisis Simpang Tak Sebidang Pada Simpang Empat Jalan Garuda Sakti Jalan Kubang Raya - Jalan HR Soebrantas Kota Pekanbaru*. *2*, 1–6.

Sipayung, M. C., Sudarsono, B., & Waluddin, M. (2019). Analisis Perubahan Lahan Untuk Melihat Arah Perkembangan Wilayah Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kota Medan). *Jurnal Geodesi Undip*, *9*(1), 373–382.

Suryaningsih, O. F., Hermansyah, H., & Kurniati, E. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *INERSIA: Lnformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, *16*(1), 74–84. Https://Doi.Org/10.21831/Inersia.V16i1.31317

Syaikhu, M., & Widodo, E. (2016). *ANALISA KAPASITAS DAN TINGKAT KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG TIGA PURWOSARI KABUPATEN PASURUAN)*. *1*(1), 1–9.

Vii, B. A. B., Pencacahan, S., & Lalu, V. (2020). *Karakteristik Lalu Lintas Udara*. *13*(2).

Wahidmurni. (2017). *Karakteristik Arus Lalu Lintas Arus*. 2588–2593.

Widjajanti, E., & Ifani, D. G. S. (2020). *Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Simpang Gandul Depok*. *X*(1), 9–16.

Wikrama, A. A. N. A. J. (2011). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *15*(1), 1–14.

BIODATA PENULIS



Nama	: Muhammad Aldi Triputra
Tempat/Tanggal lahir	: Medan, 03 Maret 2003
Jenis Kelamin	: Laki- laki
Alamat	: Jalan Kapten Muslim Gg. Setia
Agama	: Islam
Nama orang tua	
Ayah	: Zulian Effendi
Ibu	: Ratna Sariwati
No. Hp	0895415356014
E-mail	: maldi3740@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa	:200721001
Fakultas	: Teknik
Jurusan	: Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Mukhtar Basri BA. No. 3 S 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Kartika I-I	2014
2	SMP	MTSN 3 MEDAN	2017
3	SMA	MAN 1 MEDAN	2020
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 sampai selesai		