

EVALUASI PENERAPAN AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM TERHADAP KINERJA PERSIMPANGAN

SKRIPSI

OLEH:

**FAJAR DESMAN GEA
188110106**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/8/25

HALAMAN JUDUL

EVALUASI PENERAPAN AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM TERHADAP KINERJA PERSIMPANGAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh :

**FAJAR DESMAN GEA
188110106**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/8/25

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Penerapan Area Traffic Control System Terhadap Kinerja Persimpangan
Nama : Fajar Desman Gea
NPM : 188110106
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT
Pembimbing



Dr. Bag Supriatno, S.T., M.T
Dekan



Dr. Nurita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fajar Desman Gea
NPM : 188110106
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Penerapan Area Traffic Control System Terhadap Kinerja Persimpangan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 28 Mei 2025
Yang menyatakan

(Fajar Desman Gea)

Abstrak

Persimpangan merupakan tempat pertemuan kendaraan dari berbagai arah. Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perekonomian maka diikuti pula dengan meningkatnya jumlah pengguna jalan. Volume lalu lintas yang terus meningkat akan menyebabkan persimpangan yang merupakan titik kritis dari sistem lalu lintas kendaraan yang bertemu dari berbagai arah tidak mampu melayani kebutuhan yang meningkat tersebut. Maka dari itu diperlukan pengaturan lalu lintas atau rambu-rambu lalu lintas yang terencana dengan baik. Salah satu persimpangan yang sering mengakibatkan kemacetan terjadi di lokasi simpang empat lengan di jalan Letda Sujono, Mandala By Pass dan jalan Selamat Ketaren. Kemacetan yang terjadi di persimpangan ini umumnya disebabkan oleh perpotongan arus lalu lintas yang tidak teratur. Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah metode survei dan eksperimen. Data-data yang digunakan untuk analisa didapatkan dengan cara pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder sesuai dengan kebutuhan penelitian. Inventarisasi data diperoleh dengan melakukan survey langsung ke lapangan dan instansi-instansi terkait. Berdasarkan hasil hitungan yang diperoleh di lapangan kapasitas yang terjadi di simpang jalan Mandala pada hari Senin (pukul 17.00 – 18.00 WIB). Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan. Derajat kejenuhan yang terjadi di simpang jalan Mandala pada hari Senin pukul 17.00 – 18.00 WIB untuk masing-masing pendekat utara, barat, selatan, dan timur adalah $1,54 > 0,75$ untuk semua pendekat, dengan nilai tundaan sebesar 467,11 det/smp dan tingkat kinerja pelayanan jalannya F (buruk sekali). Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan.

Kata kunci : Evaluasi,traffic,control,persimpangan

ABSTRACT

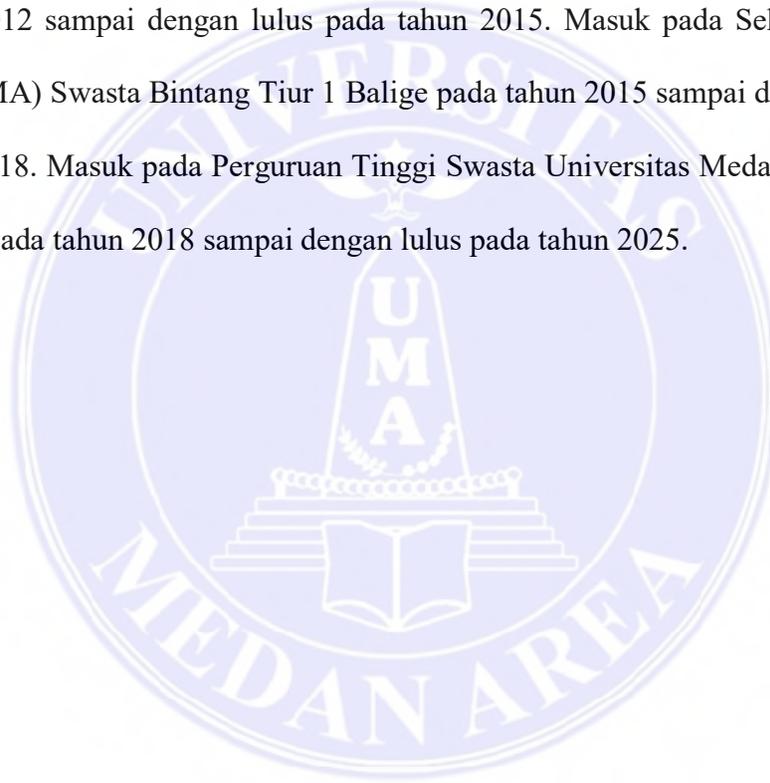
An intersection is a place where vehicles from various directions meet. With the increase in population growth and economic development, the number of road users has also increased. The continuously increasing traffic volume causes intersections, which are critical points in the traffic system where vehicles from various directions meet, to become unable to serve the rising demands. Therefore, well-planned traffic management or traffic signs are needed. One intersection that often causes congestion is located at the four-leg intersection on Letda Sujono Street, Mandala By Pass, and Selamat Ketaren Street. The congestion that occurred at this intersection was generally caused by irregular traffic flow crossings. The methodology used in this study was a survey and experimental method. The data used for analysis were obtained through the collection of primary and secondary data according to the needs of the research. Data inventory was obtained by conducting direct surveys in the field and from related agencies. Based on the calculations obtained in the field, the capacity that occurred at the Mandala street intersection on Monday (at 17:00 – 18:00 WIB) was recorded. This data was taken during the peak survey period over three days in the field. The degree of saturation that occurred at the Mandala street intersection on Monday at 17:00 –18:00 WIB for each approach—north, west, south, and east—was $1.54 > 0.75$ for all approaches, with a delay value of 467.11 sec/veh and a service performance level of F (very poor).

Keywords: Evaluation, Traffic, Control, Intersection.



RIWAYAT HIDUP

Peneliti lahir di Maliwaa 21 juli 1999 dari Ayahanda Goozatulo Gea dan Ibunda Ristawan Siburian. Peneliti anak ke-4(empat) dari 4 (empat) berdaudara. Pendidikan formal yang peneliti tempuh hingga saat ini adalah, masuk pada Sekolah Dasar (SD) Negeri 07405 maliwaa pada tahun 2006 sampai dengan lulus pada tahun 2012. Masuk pada Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Idanogawo pada tahun 2012 sampai dengan lulus pada tahun 2015. Masuk pada Sekolah Menengah Atas (SMA) Swasta Bintang Tiur 1 Balige pada tahun 2015 sampai dengan lulus pada tahun 2018. Masuk pada Perguruan Tinggi Swasta Universitas Medan Area, Fakultas Teknik pada tahun 2018 sampai dengan lulus pada tahun 2025.



KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Drainase dengan judul “Evaluasi Penerapan Area Traffic Control System Terhadap Kinerja Persimpangan (Simpang Empat Di Jalan Letda Soejono – Selamat Ketaren – Mandala By Pass)”. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh teman-teman yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Fajar Desman Gea)

DAFTAR ISI

Catalog

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGHANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2. Persimpangan.....	6
2.3. Tujuan Pengaturan Simpang.....	8
2.4. Jenis-jenis Pengaturan Simpang.....	9
2.5. Simpang Bersinyal.....	13
2.6. Model Dasar.....	22
2.7. Perencanaan Geometrik Jalan.....	24
2.8 Perhitungan Simpang Bersinyal.....	25
2.9. Arus Lalu Lintas.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1. Lokasi Penelitian.....	41
3.2. Tahapan Penelitian.....	43
3.3. Tahap Pengumpulan Data.....	43
3.4. Tahap Pengolahan Data.....	44
3.5. Analisa Data.....	46
3.6. Bagan Alir Penelitian.....	47
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1. Data Masukan.....	48
4.2 Pengolahan Data.....	54
4.3 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan.....	58
4.4 Panjang Antrian (NQ).....	59

4.5 Kendaraan Terhenti.....	61
4.6 Tundaan	62
4.7 Keperluan Untuk Perubahan.....	63
4.8 Pembahasan	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	70



DAFTAR NOTASI

• WA	= Lebar Pendekat
• Wmasuk	= Lebar Masuk
• Wkeluar	= Lebar Keluar
• We	= Lebar Efektif
• Grad	= Landai Jalan
• emp	= Ekuivalen Mobil Penumpang
• smp	= Satuan Mobil Penumpang
• <i>Type O</i>	= Arus Berangkat Terlawan
• <i>Type P</i>	= Arus Berangkat Terlindung
• <i>LT (Left Turn)</i>	= Belok Kiri
• <i>RT (Right Turn)</i>	= Belok Kanan
• <i>ST (Straight)</i>	= Lurus
• <i>LTOR (Left Turn On Red)</i>	= Belok Kiri Langsung
• <i>PRT</i>	= Rasio Belok Kanan
• <i>PLT</i>	= Rasio Belok Kiri
• <i>Q</i>	= Arus Lalu Lintas
• <i>Q_{RTO}</i>	= Arus Melawan, Belok Kanan
• <i>S</i>	= Arus Jenuh
• <i>So</i>	= Arus Jenuh Dasar
• <i>Ds</i>	= Derajat Kejenuhan
• <i>FR</i>	= Rasio Arus
• <i>IFR</i>	= Rasio Arus Simpang
• <i>PR</i>	= Rasio Fase
• <i>C</i>	= Kapasitas
• <i>NQ</i>	= Panjang Antrian
• <i>NSV</i>	= Kendaraan Henti
• <i>DT</i>	= Tundaan Lalu-lintas Rata-rata
• <i>DG</i>	= Tundaan Geometrik Rata-rata
• <i>D</i>	= Tundaan Rata-rata
• COM	= Komersial
• RES	= Pemukiman
• RA	= Akses Terbatas
• CS	= Ukuran Kota
• SF	= Hambatan Samping
• <i>I</i>	= Fase
• <i>c</i>	= Waktu Siklus
• <i>g (Green)</i>	= Waktu Hijau
• <i>g_{max}</i>	= Waktu Hijau Maksimum
• <i>g_{min}</i>	= Waktu Hijau Minimum
• <i>GR (Green Ratio)</i>	= Rasio Hijau

- *All Red* = Waktu Semua Merah
- *IG (Inter Green)* = Antar Hijau
- *LTI* = Waktu Hilang



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arus Lalu lintas yang Dapat Menimbulkan Konflik.....	6
Gambar 2.2 Daerah Konflik Pada Persimpangan	8
Gambar 2.3 Jenis-jenis Simpang.....	9
Gambar 2.4 Peralatan Sistem Pengendali Sinyal Lalu Lintas	12
Gambar 2.5 Konflik Lalu Lintas Persimpangan Bersinyal	14
Gambar 2.6 Lampu Lalu Lintas	22
Gambar 2.7 Titik Konflik Kritis Dan Jarak Untuk Keberangkatan Dan Kedatangan	23
Gambar 2.8 Arus Jenuh Yang Diamati per Selang Waktu Enam Detik.....	23
Gambar 2.9 Model Dasar Untuk Arus Jenuh.....	24
Gambar 2.10 Lengan Simpang Untuk Masing-masing Pendekat.....	26
Gambar 3.1 Lokasi Survei Penelitian.....	43
Gambar 3.2 Denah Lokasi Lapangan Eksisting.....	44
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian.....	50
Gambar 4.1 Kondisi Geometri Simpang.....	51
Gambar 4.2 Potongan Melintang Simpang Jalan Mandala.....	54
Gambar 4.3 Kondisi Persinyalan Simpang	55
Gambar 4.4 Grafik LaluLintas Wilayah Penelitian	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Waktu Siklus yang Disarankan	17
Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau	19
Tabel 2.3 Penyesuaian Arus Lalu Lintas dengan Lebar Pendekat	25
Tabel 2.4 Faktor penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal	28
Tabel 2.5 Kapasitas Dasar Tergantung Pada Tipe Jalan Dan Jumlah Lajur.....	33
Tabel 2.6 Tundaan Simpang Rata-Rata (LOS)	40
Tabel 2.7 Ekivalensi Mobil Penumpang	41
Tabel 4.1 Data Lingkungan Simpang Jalan Mandala, Medan.....	52
Tabel 4.2 Data Geometrik Simpang Jalan Mandala, Medan.....	52
Tabel 4.3 Hasil Penelitian Fase Sinyal.....	54
Tabel 4.4 Volume Lalu Lintas Jam Puncak Simpang Jalan Mandala, Medan	56
Tabel 4.5 Data Volume Lalu Lintas Dalam Satuan Smp/Jam.....	57
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Arus Jenuh Dasar.....	58
Tabel 4.7 Nilai Arus Jenuh.....	60
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Rasio Arus (F_R).....	61
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rasio Fase.....	62
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Waktu Hijau (g).....	63
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Kapasitas.....	63
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)	64
Tabel 4.13 Panjang Antrian.....	66
Tabel 4.14 Kendaraan Henti (NSV)	67
Tabel 4.15 Tundaan Kendaraan	69
Tabel 4.16 Hasil Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Jalan Mandala.....	69
Tabel 4.17 Nilai Waktu Hijau (g) Simulasi.....	71
Tabel 4.18 Nilai Derajat Kejenuhan (Ds) Simulasi.....	72
Tabel 4.19 Hasil Alternatif Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Jalan Mandala	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.A. Data Arus Lalu Lintas

Lampiran 1.B. Data Arus Lalu Lintas

Lampiran 1.C. Data Arus Lalu Lintas

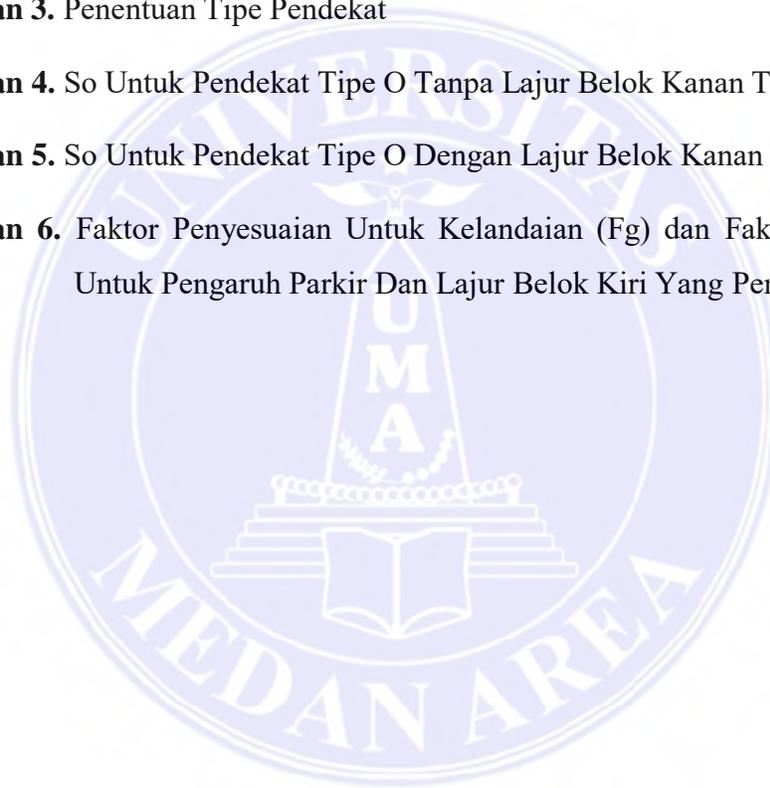
Lampiran 2. Dokumentasi

Lampiran 3. Penentuan Tipe Pendekat

Lampiran 4. So Untuk Pendekat Tipe O Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah

Lampiran 5. So Untuk Pendekat Tipe O Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

Lampiran 6. Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (Fg) dan Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir Dan Lajur Belok Kiri Yang Pendek (FP)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah transportasi merupakan salah satu masalah yang dihadapi kota Medan. Salah satu faktor penting dalam usaha menuju sistem prasarana transportasi yang baik adalah kemampuan kinerja jalan, khususnya kinerja simpang sebagai salah satu bagian dari sistem jalan secara keseluruhan. (Permasalahan kemacetan dan antrian di kota Medan pada umumnya terjadi pada persimpangan (baik persimpangan bersinyal maupun tak bersinyal), khususnya pada area sebelum dan atau kaki simpang. (Glad Y.B. Lumintang, L.I.R. Lefrandt, J.A. Timboeleng, M.R.E. Manoppno, 2013)

Permasalahan transportasi seperti kemacetan, polusi udara, kecelakaan, antrian maupun tundaan bisa di jumpai dengan tingkat kualitas yang rendah maupun besar. Permasalahan tersebut sering kita jumpai di beberapa kotadi Indonesia termasuk di Medan (Banter, B., Et., Al 2019).

Persimpangan merupakan tempat pertemuan kendaraan dari berbagai arah. Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perekonomian maka diikuti pula dengan meningkatnya jumlah pengguna jalan. Volume lalu lintas yang terus meningkat akan menyebabkan persimpangan yang merupakan titik kritis dari sistem lalu lintas kendaraan yang bertemu dari berbagai arah tidak mampu melayani kebutuhan yang meningkat tersebut. Maka dari itu diperlukan pengaturan lalu lintas atau rambu-rambu lalu lintas yang terencana dengan baik. Pengaturan lalu lintas pada simpang bersinyal pada umumnya menggunakan lampu lalu lintas (traffic light). (Kurniawan, Ir. H Komala Erwan MT₂, Sumiyatimah ST, MT₃).

Transportasi merupakan salah satu masalah yang besar yang kita hadapi. Bagaimana tidak, fasilitas-fasilitas yang ada sudah tidak mendukung lagi karena para pengguna kendaraan sudah semakin banyak. Bagian jalan yang sering menimbulkan permasalahan lalu lintas biasanya terjadi pada persimpangan yang merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan dikarenakan terdapat pergerakan lalu lintas menerus dan saling memotong kendaraan dengan kendaraan lainnya dan mencakup pergerakan perputaran yang mengakibatkan terjadinya gangguan lalu lintas (Febrina Ishak Syahabudin Theo K. Sendow , Audie L. E.Rumayar, 2015).

Salah satu persimpangan yang sering mengakibatkan kemacetan terjadi di lokasi simpang empat lengan di jalan Letda Sujono, Mandala By Pass dan jalan Selamat Ketaren. Kemacetan yang terjadi di persimpangan ini umumnya disebabkan oleh perpotongan arus lalu lintas yang tidak teratur

Berdasarkan dengan latar belakang atas, maka saya tertarik untuk mengevaluasi kinerja pada persimpangan dan membuat judul skripsi “ Evaluasi Penerapan Area Traffic Control System Terhadap Kinerja Persimpangan (Simpang empat di jalan Letda Soejono – Selamat Ketaren – Mandala by Pass).

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penerapan lampu lalu lintas pada persimpangan Jl. Letda Sujono – Mandala By Pass – Jl. Selamat Ketaren terhadap titik konflik kendaraan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaturan fase sinyal yang sesuai dengan kondisi geometrik arus lalu lintas dan lingkungan

persimpangan tersebut.

1.3 Rumusan Masalah

1. Apakah dengan adanya lampu lalu lintas jalan dapat mengurangi kemacetan jalan?
2. Apakah waktu siklus lampu lalu lintas pada persimpangan tersebut dapat meminimalkan besarnya volume arus lalu lintas untuk setiap arah dari semua pendekatan?
3. Bagaimanakah kondisi arus lalu lintas jalan setelah adanya lampu Area Traffic Control (ATCS)?

1.4 Batasan Masalah

Karena luasnya cakupan yang dihadapi serta waktu yang tidak mencukupi, maka penulis membatasi permasalahan yang akan di ambil, yaitu :

1. Evaluasi yang dilakukan hanya pada persimpangan jalan Letda Soejono – Selamat Ketaren – Mandala by Pass kota Medan.
2. Penelitian ditujukan untuk mengetahui waktu siklus lampu lalu lintas jalan pada persimpangan tersebut.
3. Data diambil sebanyak tiga kali dalam satu minggu pada jam puncak pagi,siang,dan malam.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis melakukan pengamatan dan pengumpulan data dengan cara mensurvei langsung di lapangan dan buku pendukung lainnya. Pada pengumpulan data menggunakan data Primer yang didapat langsung di lapangan, seperti kondisi geometrik, kondisi lingkungan dan

kondisi lalulintas. Sedangkan data Sekunder didapat dari buku/instansi dari dinas terkait, seperti jumlah penduduk, dsb.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Suatu persimpangan jalan yang sebidang merupakan bagian yang sukar dan rumit dari suatu sistem jalan raya. Di sinilah terjadi sebagian besar pertemuan kendaraan dan pejalan kaki, yang selalu menyebabkan keterlambatan, kecelakaan dan kemacetan. Persimpangan sebidang (maksudnya terletak dalam satu daratan, dan bukan simpang susun) dapat saja dikendalikan oleh lampu lalu lintas, persimpangan yang demikian dikenal sebagai persimpangan berlampu-lalu lintas. Namun, persimpangan lalu lintas merupakan bagian persilangan sebidang pada sebarang sistem jalan. Caroles, L. (2022) berpendapat bahwa Hak jalan diperuntungkan bagi suatu ruas jalan dengan penggunaan rambu berhenti atau rambu pengendalian kecepatan di persimpangan tanpa lalu lintas.

Persimpangan berjenjang adalah persimpangan yang berada di sebidang tanah dan bukan simpang susun. Bagaimanapun, persimpangan adalah bagian dari konvergensi yang dievaluasi pada kerangka jalan mana pun (Suhaya, A., N., 2022).

Pada persimpangan tanpa lampu lalu lintas yang dikendalikan oleh rambu berhenti dan rambu pengendalian kecepatan (yield sign), distribusi jarak pada arus lalu lintas jalan utama, yang digabungkan dengan pertimbangan pengemudi dalam memilih jarak dalam arus utama, akan membuat kapasitas cabang yang dikendalikan pada persimpangan itu tetap (Dariyono, 2022).

Umumnya, kapasitas jalan raya tergantung pada karakteristik geometrik fasilitas tersebut, bersama dengan komposisi aliran lalu lintas yang

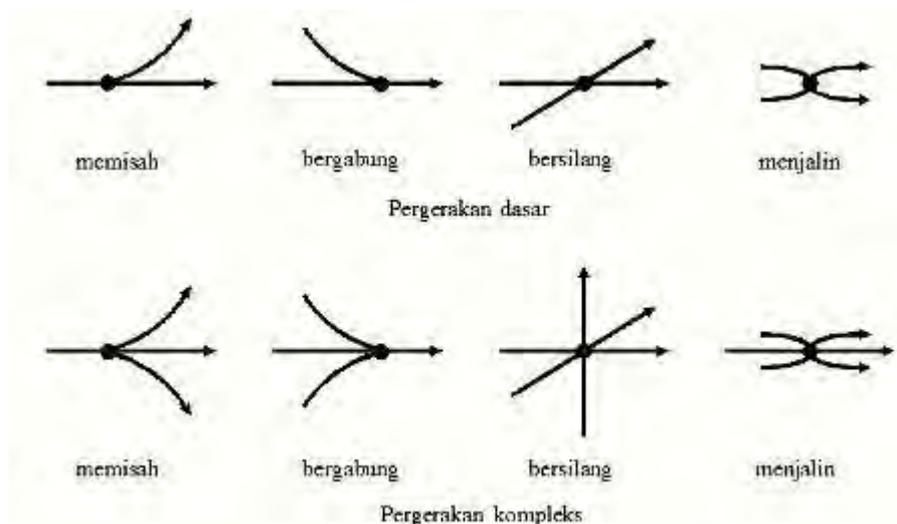
dalam hal persimpangan dengan lampu lalu lintas, kita memasuki konsep waktu, dimana lampu lalu lintas mengatur giliran bagi pergerakan lalu lintas yang menggunakan rumus yang sama. Pada persimpangan tanpa lalu lintas dikendalikan oleh rambu berhenti dan rambu pengendali kecepatan (yield sign), distribusi jarak pada ruas lalu lintas jalan utama, yang digabungkan dengan pertimbangan pengemudi dalam memilih jarak arus utama, akan membuat kapasitas cabang yang dikendalikan pada persimpangan itu tetap (Caroles, L. 2022)

Pada konvergensi tanpa lalu lintas yang dibatasi oleh rambu berhenti dan rambu kendali kecepatan (rambu peringatan), penyebaran jarak pada segmen lalu lintas jalan utama, digabungkan dengan pertimbangan pengemudi dalam memilih jarak standar, akan menjaga batas cabang terkendali di titik persimpangan tetap konsisten (Dariyono., 2022).

2.2. Persimpangan

2.2.1. Pengertian Persimpangan

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya, ataupun kendaraan dengan pejalan kaki (Dariyono. 2022). Oleh karena itu, persimpangan merupakan aspek penting dalam pengendalian lalu lintas. Pergerakan dan Konflik pada Persimpangan



Gambar 2.1. Arus Lalu lintas yang Dapat Menimbulkan Konflik (Sumber :Hanafi., A., 2022)

2.2.2. Titik Konflik Pada Persimpangan

Pada persimpangan jalan yang umumnya dengan jalur tunggal dan jalan kel terjadi suatu konflik berupa benturan antara sesama pengguna jalan. Pada gambar dapat diketahui tempat-tempat yang sering terjadi konflik dan tabrakan. Jumlah konflik masing-masing persimpangan jalan dapat langsung diketahui dengan cara mengukur volume aliran untuk setiap gerakan kendaraan. Dalam Dariyono (2022) menjelaskan, bahwa Ada jumlah titik konflik yang terdapat pada suatu persimpangan dengan empat cabang adalah 32 titik konflik yaitu :

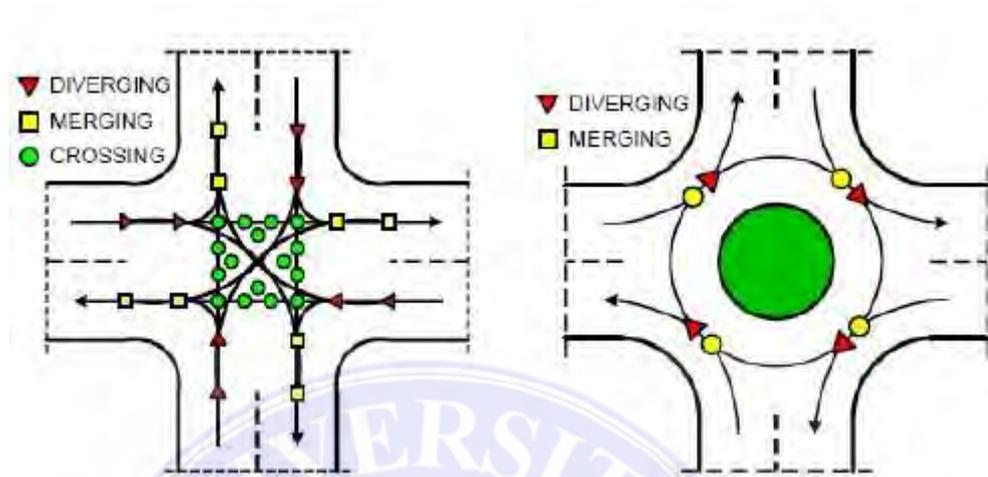
- 8 titik konflik membelok
- 8 titik konflik membaur
- 16 titik konflik memotong

Operasi yang paling sederhana ialah hanya melibatkan suatu pemutaran, penggabungan, pemindahan atau penyilangan dan memang diinginkan sepanjang itu memungkinkan, untuk menghindari gerakan yang banyak dan berkombinasi dan semuanya ini agar diperoleh pengoperasian yang sederhana, biasanya terdapat batas pemisah dari aliran yang paling disenangi dan kemudian gerakan yang terkontrol dari sebuah aliran skunder (Hanafi, A., 2022). Keputusan menerima dan menolak sebuah keputusan diserahkan kepada pengemudi dari aliran yang bukan prioritas (Kurnianingsih, D., 2020).

Menurut PKJI 2023, berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh manuver kendaraan dan keberadaan pedestrian dibedakan 2 tipe, yaitu :

- a. Konflik primer yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan dan,

- b. Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi karena gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang



Gambar 2.2 Daerah Konflik Pada Persimpangan (sumber: Anonim,2024)

2.3. Tujuan Pengaturan Simpang

Tujuan utama dari pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk menjaga keselamatan arus lalu lintas dengan memberikan petunjuk-petunjuk yang jelas dan terarah, tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas disimpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka, dan rambu-rambu yang mengatur, mengarahkan, dan memperingati.

Selanjutnya dari pemilihan pengaturan simpang dapat ditentukan tujuan yang ingin dicapai seperti berikut :

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik.
2. Menjaga kapasitas dari samping agar dalam operasinya dapat dicapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana.

3. Dalam operasinya dari pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas pasti serta sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai (Walean, et, al 2019).

2.4. Jenis-jenis Pengaturan Simpang

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, makin tinggi tingkat kompleksitas suatu simpang, makin tinggi pula kelebihanannya. Jenis pengaturan simpang sebidang dapat dikelompokkan menjadi:

- Pengaturan simpang tanpa lalu lintas
- Pengaturan simpang dengan lampu lalu lintas

Pemilihan jenis pengaturan simpang pada karakteristiknya fisik dari simpang maupun kondisi lalu lintasnya (Gulo,. Y, 2019).



Gambar 2.3 Jenis-jenis Simpang (Sumber : PKJI, 2023)

2.4.1. Pengaturan Simpang dengan Lampu Lalu Lintas

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif, terutama bentuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas yang berbeda-beda (SriHaryani,. L,. & Hadijah,. I. 2021).

2.4.2. Prinsip-prinsip Dasar

Prinsip-prinsip dasar untuk pengaturan waktu dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Tidak terdapat arus lalu lintas yang harus menunggu pada lampu merah jika dapat melewati persimpangan tanpa mengganggu arus lalu lintas lainnya.
2. Pelepasan lalu lintas selama lampu hijau dilakukan seefektif mungkin (pada tingkat arus jenuh) dalam usaha menghasilkan sekecil-kecilnya tundaan yang mungkin untuk arus lalu lintas yang mendapat arus lalu lintas.

Sinyal lalu lintas merupakan alat yang mengatur pergerakan lalu lintas disimpang melalui pemisahan waktu untuk berbagai arah pergerakan. Alat pengatur ini menggunakan indikasi lampu hijau, kuning, dan merah. Tujuan dari pemisahan waktu pergerakan ini adalah untuk menghindarkan terjadinya arah pergerakan – arah pergerakan yang saling berpotongan atau melalui titik konflik pada saat bersamaan.

Menurut peraturan pemerintah No. 22 Tahun 2009 tentang prasarana lalu lintas jalan, Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas.

Ada dua tipe dari konflik yaitu :

- Konflik Primer
- Konflik Sekunder

Konflik primer termasuk termasuk konflik antara lalu lintas dari arah tegak lurus, sedangkan konflik sekunder termasuk konflik antara arus lalu lintas belok kanan dan lalu lintas arah lainnya atau antara belok kiri dan pejalan kaki (SriHaryani,. L,. & Hadijah,. I. 2021).

2.4.3. Efek dari Sinyal Lalu Lintas

Penerapan sinyal lampu lalu lintas dari simpang diharapkan dapat memberikan efek-efek :

- a) Peningkatan keselamatan Lalu Lintas.
- b) Pemberian fasilitas kepada penyeberangan pejalan kaki.
- c) Peningkatan kapasitas dari simpang antara dua jalan yang sibuk.
- d) Pengaturan distribusi dari kapasitas berbagi arah arus lalu lintas atau kategori arus lalu lintas (kendaraan umum, bis, dll). (SriHaryani, L., & Hadijah, I. 2021).

Menurut Caroles, L. (2022), operasi perencanaan yang buruk atau kurangnya pemeliharaan sinyal lampu lalu lintas dapat menyebabkan :

- a. Meningkatkan frekuensi kecelakaan
- b. Mengakibatkan tundaan
- c. Kemungkinan sinyal tidak ditaati
- d. Perjalanan menumpuk pada alternatif

2.4.4. Peralatan Sistem Sinyal Lalu Lintas

Peralatan pengendali lalu lintas meliputi rambu, penghalang yang dapat dipindahkan, dan lampu lalu lintas. Sistem pengendalian sinyal lalu lintas terdiri dari peralatan-peralatan sebagai berikut :

- a. Kepala tiang,
- b. Detector untuk lalu lintas (bila otomatis),
- c. Pengendali local untuk menyalakan lampu sinyal pada persimpangan,

- d. Pengendali induk untuk mengkoordinasi beberapa pengatur lokal bila *area traffic control system* (ATCS)
- e. Sistem transmisi untuk menghubungkan sinyal detector pengendali lokal dan pengendali induk.



Gambar 2.4 Sistem Lampu Lalu Lintas (Sumber : Machdani, A, et al, 2019)

2.4.5. Pengaturan Waktu Sinyal Lalu Lintas

Pengaturan waktu dari persimpangan dengan sinyal secara individu mencakup penentuan dari parameter-parameter utama sebagai berikut :

- a. Periode intergreen antara phase,
- b. Waktu siklus (cycle time)“
- c. Pembagian waktu hijau ke masing-masing phase.

Menurut Suwardjoko R. Warpani (2007), alat pemberi isyarat lalu lintas berfungsi untuk mengatur lalu lintas kendaraan dan atau pejalan. Alat ini terdiri dari :

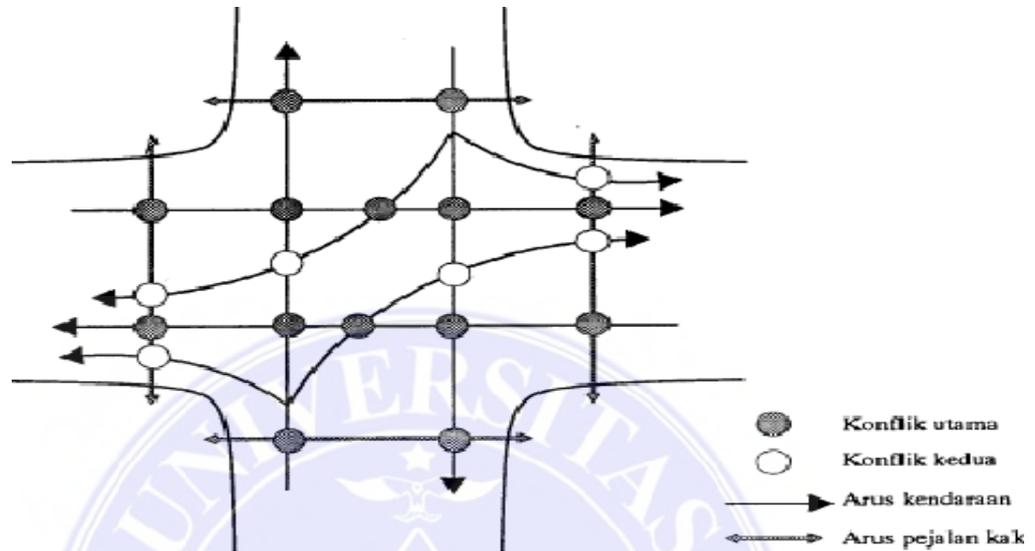
- 1) Lampu tiga warna, untuk mengatur kendaraan,
- 2) Lampu dua warna, untuk mengatur kendaraan atau pejalan kaki,
- 3) Lampu satu warna, untuk member peringatan bahaya kepada pengguna jalan.

2.5. Simpang Bersinyal

Menurut PKJI 2023, simpang bersinyal merupakan tata cara menentukan waktu sinyal, kapasitas dan perilaku lalu lintas (tundaan, panjang antrian, dan rasio kendaraan terhenti) pada simpang di daerah perkotaan dan semi perkotaan). Simpang bersinyal adalah dimana pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas, jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya. Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari alasan berikut (PKJI 2023) :

- a. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
- b. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk /memotong jalan utama.
- c. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan - kendaraan dari arah yang bertentangan.

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna pada traffic light (merah, kuning, hijau) dilakukan untuk dapat memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu yang terjadi secara bersamaan.



Gambar 2.5 Konflik Lalu Lintas Persimpangan Bersinyal (Sumber: PKJJI, 2023)

2.5.1. Karakteristik Sinyal Lalu Lintas

Sinyal lalu lintas adalah alat kontrol elektris untuk lalu lintas di persimpangan jalan yang berfungsi untuk memisahkan arus kendaraan berdasarkan waktu, yaitu dengan memberikan kesempatan berjalan secara bergiliran kepada kendaraan dari masing-masing kaki simpang/pendekat dengan menggunakan isyarat dari lampu lalu lintas (Amir Sanjaya, Eti Sulandari, Said Basalim, 2016). Fungsi pemisahan arus ini menjadi sangat penting karena pertemuan arus kendaraan terutama dalam volume yang cukup besar akan membahayakan kendaraan yang melalui simpang dan dapat mengacaukan sistem lalu lintas di persimpangan.

Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan (*vehicle group movements*) dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak mengganggu antar arus yang ada. Ada berbagai jenis kendali dengan menggunakan kendali lampu lalu lintas dimana pertimbangan ini

sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan yang ada seperti volume dan geometrik simpang.

Berdasarkan cakupan jenis kendali lampu lalu lintas pada persimpangan dibedakan antara lain :

- a. Lampu lalu lintas terpisah (*isolated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perencanaannya hanya didasarkan pertimbangan pada satu tempat persimpangan saja tanpa pertimbangkan simpang lain yang terdekat.
- b. Lampu lalu lintas terkoordinasi (*coordinated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya mempertimbangkan cakupan beberapa simpang yang terdapat pada suatu jalur/arah tertentu.
- c. Lampu lalu lintas jaringan (*networking traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya mempertimbangkan cakupan beberapa simpang yang terdapat dalam suatu jaringan jalan dalam suatu kawasan.

Menurut PKJI 2023, dalam pengaturan dan pengoprasian sinyal lampu lalu lintas ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- 1) Fase sinyal, yaitu bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas,
- 2) Waktu siklus, yaitu waktu untuk ukuran lengkap dari indikasi sinyal.

waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya keadaan rata-rata. Jika nilai rasio arus (FR) mendekati atau lebih dari satu maka

simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif. Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang lebih dari batas yang disarankan, maka hal ini menunjukkan bahwa kapasitas dari simpang tidak mencukupi. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Waktu Siklus yang Disarankan (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI 2023)

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Pengaturan 2 fase	40 – 80
Pengaturan 3 fase	50 – 100
Pengaturan 4 fase	80 – 130

3) Waktu hijau (*g*), yaitu waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (detik).

Waktu hijau dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

- a). waktu hijau maksimum (*g_{max}*) adalah waktu hijau maksimal yang diijinkan dalam suatu fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (detik) dan,
- b) waktu hijau minimum (*g_{min}*) adalah waktu hijau minimum yang diperlukan (contoh : adanya penyeberangan pejalan kaki).

4) Rasio hijau (*green ratio*), yaitu perbandingan antara waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat

$$(GR=g/c).....(1)$$

5) Waktu merah semua, yaitu waktu di mana sinyal merah menyala bersama dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (detik),

6) Waktu hilang, yaitu jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (detik). Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)

waktu antar hijau sebaiknya ditentukan dengan menggunakan metodologi yang sesuai sehingga lama nyala hijau dapat disesuaikan dengan lebar jalan yang dapat menjadikan nyala hijau yang efektif (tidak terlalu lama), dan,

- 7) Waktu kuning, yaitu waktu di mana lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam suatu pendekatan.

Menurut PKJI (2023), ada beberapa pertimbangan pengaturan sinyal lalu lintas antara lain sebagai berikut :

- 1) Pengaturan waktu tetap umumnya dipilih bila simpang tersebut merupakan bagian dari sistem sinyal lalu lintas terkoordinasi.
- 2) Pengaturan sinyal aktuasi (detektor hanya dipasang pada jalan minor atau tombol penyeberangan pejalan kaki) umumnya simpang tersebut terisolir dan terdiri dari sebuah jalan minor atau penyeberangan pejalan kaki dan berpotongan dengan jalan arteri. Pada keadaan ini sinyal selalu hijau untuk jalan utama bila tidak ada kebutuhan dari jalan minor.
- 3) Pengaturan sinyal aktuasi penuh adalah model pengaturan yang paling efisien untuk simpang terisolir di antara jalan-jalan dengan kepentingan dan kebutuhan lalu lintas yang sama atau hampir sama.
- 4) Pengaturan sinyal terkoordinasi umumnya diperlukan bila jarak antara simpang bersinyal berdekatan adalah kecil (kurang dari 200 m).

Untuk analisa operasional dan perencanaan disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau (IG) dan waktu hilang (LTI). Waktu antar hijau adalah periode kuning + merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (detik). Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau

dalam siklus yang lengkap (detik). Nilai normal waktu antar hijau dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI 2023)

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

Perhitungan waktu merah semua yang diperlukan antara pengosongan pada akhir setiap fase harus memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama di fase berikutnya (melewati garis henti sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi, merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang (dari garis henti sampai ke titik konflik) dan panjang dari kendaraan yang berangkat.

Titik-titik konflik pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua (i) terbesar dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$MERAH\ SEMUA\ (i) = \frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

L_{EV}, L_{AV} : Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

I_{EV} : Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV} , V_{AV} : Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/dt).

Perhitungan waktu hilang (LTI), dihitung setelah ditetapkan periode merah semua untuk masing-masing akhir fase. Waktu hilang untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau seperti persamaan berikut.

$$LTI = \Sigma(MERAH SEMUA + KUNING) i = \Sigma IGi..... (3)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

Lampu lalu lintas dapat dikoordinasikan dalam beberapa cara, tetapi tiga teknik yang paling banyak dilakukan adalah system simultan, system alternatif, dan system progresif fleksibel (C. Jotin Khisty, B. Kent Lall, 2003:315).

1. System simultan : dalam teknik ini, seluruh lampu lalu-lintas disepanjang bagian jalan yang dikoordinasi menampilkan aspek yang sama kepada aliran lalu lintas, yang sama pada waktu yang sama.
2. Sistem alternatif : dalam sistem ini lampu lalu-lintas alternatif atau kelompok lampu lalu-lintas menunjukkan tanda yang berlawanan pada waktu yang sama, yang berarti bahwa jika sebuah kendaraan melintasi jarak antara dua persimpangan dalam waktu setengah siklus, maka kendaraan tersebut tidak perlu berhenti.
3. System progresif : terdapat dua jenis system progresif yang digunakan. Dalam system progresif yang sederhana, berbagai muka sinyal yang mengendalikan suatu jalan, menampilkan warna hijau sesuai dengan jadwal waktu untuk tetap menjaga agar iring-iringan kendaraan tetap dapat bergerak

pada kecepatan yang telah direncanakan. Pada system progresif fleksibel, interval waktu pada lampu lalu lintas dapat diselesaikan secara independen tergantung persyaratan lalu-lintas dan dimana warna hijau pada setiap lampu lalu-lintas dapat saja menyala secara independen pada saat yang akan memberikan efisiensi maksimum.

2.5.2 Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah merupakan peralatan yang menjadi alat bantu dalam memberikan signal yang di operasikan secara manual ataupun otomatis. Lampu lalu lintas merupakan petunjuk yang berganti-ganti untuk memberikan dan membolehkan kendaraan untuk maju. Lampu lalu lintas terdiri dari :

- Hijau (*green*) artinya boleh jalan
- Kuning (*yellow*) artinya hati-hati
- Merah (*red*) artinya semua kendaraan supaya berhenti

Di Indonesia khususnya urutan lampu lalu lintas adalah hijau, kemudian kuning, lalu merah kemudian langsung hijau. Urutan ini disebut siklus sinyal (*signal cycle*) dan lamanya disebut waktu siklus (*signal cycle time approach*).

Sistem perlampuan lalu lintas menggunakan jenis nyala lampu sebagai berikut (PKJI, 2003) :

- a. Lampu hijau (*green*) : Fase untuk kendali lalu-lintas aktuasi kendaraan (*det*).
- b. Lampu kuning (*amber*) : Waktu di mana lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam sebuah pendekat (*det*).
- c. Lampu merah (*red*) : kendaraan yang mendapat isyarat harus berhenti sebelum di garis henti (*stop line*)

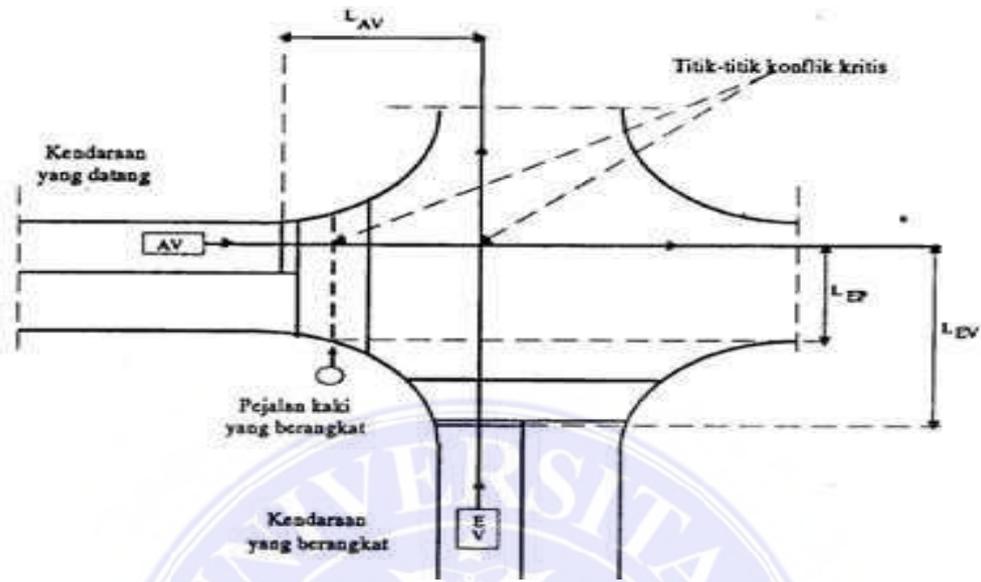


Gambar 2.6 Lampu Lalu Lintas (Sumber : Pengelolaan Lalu-lintas dan Angkutan Jalan, 2008)

2.5.3 Sinyal Lalu Lintas (Traffic signal)

Sinyal lalu lintas adalah suatu alat pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik berfungsi untuk mengontrol arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki pada persimpangan ataupun tempat lain yang dianggap perlu untuk dipasang. Setiap pemasangan sinyal lalu lintas bertujuan untuk :

1. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalulintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalulintas puncak.
2. Menurunkan tingkat frekwensi kecelakaan
3. Mempermudah menyeberangi jalan utamam bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

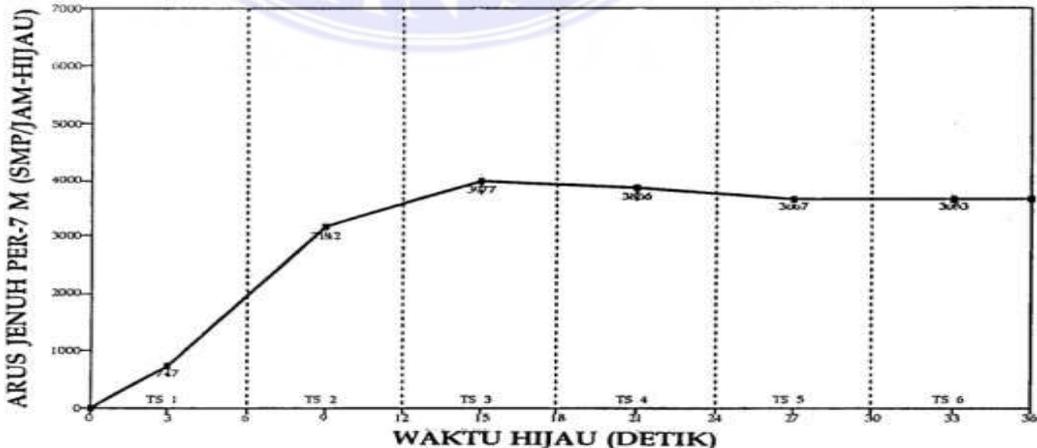


Gambar 2.7 Titik Konflik Kritis Dan Jarak Untuk Keberangkatan Dan Kedatangan (Sumber : (PKJI 2023)

2.6. Model Dasar

Kapasitas pendekatan simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

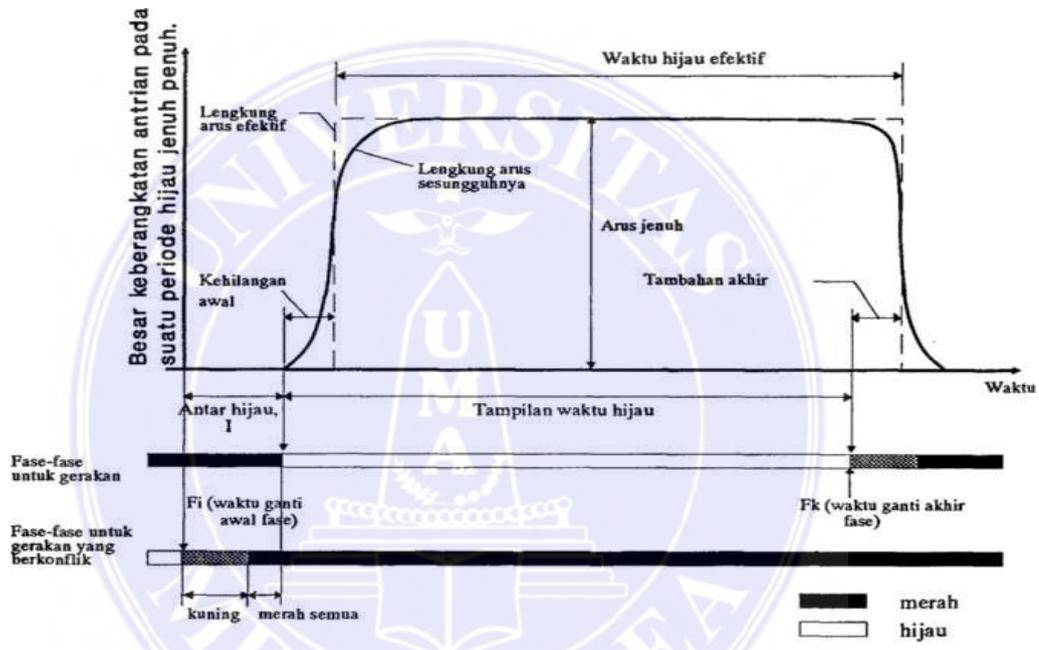
$$C = S \times g/c \dots\dots\dots (7)$$



Gambar 2.8 Arus Jenuh Yang Diamati per Selang Waktu Enam Detik (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI, 2023

Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang tersebut sebagai „Kehilangan awal“ dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu „Tambahan akhir“ dari waktu hijau efektif. Jadi besarnya waktu hijau efektif, yaitu lamanya waktu hijau di mana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S, dapat kemudian dihitung sebagai berikut :

Waktu Hijau Efektif = Tampilan Waktu Hijau - Kehilangan Awal + Tambahan Akhir



Gambar 2.9 Model Dasar Untuk Arus Jenuh (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI,2023)

Arus jenuh dapat dinyatakan sebagai Hasil perkalian dari arus jenis dasar (S₀) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan factor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dan kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya

2.7. Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter yaitu sebagai berikut :

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan.

b. Kecepatan

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Biasanya dinyatakan dalam km/jam. Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain.

Menurut PKJI 120223, lebar-lebar pendekat sewajarnya harus disesuaikan menurut ketidakseimbangan dalam rasio arus antara jalan yang berpotongan dan pendekat-pendekatnya. Untuk analisa simpang bersinyal pada tingkat perencanaan dan perancangan maka lebar pendekat dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 2.3 Penyesuaian Arus Lalu Lintas dengan Lebar Pendekat (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI 2023)

Arus Lalu Lintas Yang Masuk ke Simpang (smp/jam)	Lebar Pendekat Rata-Rata (m)
< 2500	4,5
2500-4000	7
4000-5000	10 (Lebar belok kanan terpisah)
> 5000	Rencana lebih besar

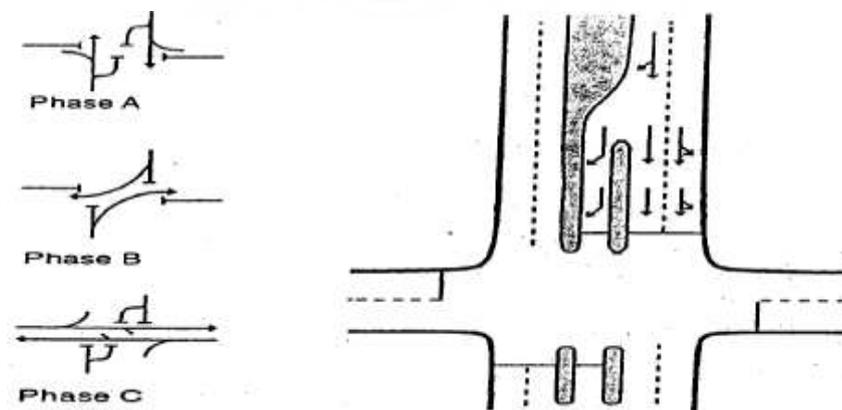
Tipe jalan dapat menunjukkan perilaku berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu. Tipe jalan ditunjukkan dengan tipe potongan melintang jalan berdasarkan jumlah lajur dan arah suatu segmen jalan. Tipe jalan dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD).
- b. Jalan empat lajur dua arah tak terbagi (4/2 UD) dan atau terbagi(4/2D).
- c. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D).
- d. Jalan satu arah dan lajur bebas hambatan.

2.8 Perhitungan Simpang Bersinyal

2.8.1 Data masukan

Menurut PKJI 2023, kondisi geometrik pengaturan lalu lintas dan kondisi lingkungan perhitungannya dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan Simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok kanan dan/atau belok kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu-lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu-lintas dalam pendekat.



Gambar 2.10 Lengan Simpang Untuk Masing-masing pendekat (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI 2023)

2.8.2 Penentuan waktu sinyal

Untuk menentukan waktu sinyal dapat dilakukan dengan 5 pendekatan sebagai berikut:

1. Tipe pendekat (*approach*)

Pendekat merupakan daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. Apabila gerakan lalu-lintas kekiri atau kekanan dipisahkan dengan pulau lalu-lintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat yaitu pendekat terlindung (P) atau terlawan (O).

2. Lebar pendekat efektif

Lebar efektif merupakan lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas, yaitu dengan pertimbangan terhadap W_A , W_{masuk} dan W_{keluar} dan gerakan lalu-lintas membelok. Untuk pendekat tipe O (Terlawan).

Jika $W_{LTOR} > 2.0$ meter, maka $W_e = W_A - W_{LTOR}$

Jika $W_{LTOR} < 2.0$ meter, maka $W_e = W_A \times (1 + PLTOR) - W_{TOR}$

Keterangan:

W_A : Lebar pendekat

W_{LTOR} : Lebar pendekat lengan belok kiri langsung

Untuk pendekat tipe P (Terlindung)

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - PRT - PLTOR)$

Keterangan:

PRT : Rasio kendaraan belok kanan

$PLTOR$: Rasio kendaraan belok kiri langsung.

3. Arus jenuh dasar (So)

Arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau). Untuk pendekat tipe P (arus terlindung),

$$S0 = 600 \times We \text{ smp/jam} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

$$S0 = \text{Arus jenuh dasar (smp/jam)}$$

$$We = \text{Lebar jalan efektif (m)}$$

4. Faktor Penyesuaian Arus Jenuh

a. Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Ditentukan berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik pada kota yang ditinjau. Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.4 Faktor penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal (Sumber : Simpang Bersinyal PKJI 2023)

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
> 3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

b. Faktor penyesuaian kelandaian,

c. Faktor penyesuaian parkir (FP) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$FP = [\{ LP/3 - \{ WA - 2 \} \times \{ LP/3 - g \} / WA] / g \dots\dots\dots(9)$$

Dengan,

LP : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)

panjang dari lajur pendek

WA : Lebar Pendekat (m)

g : Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik)

d. Faktor penyesuaian hambatan samping (FSF) pada perhitungan simpang bersinyal adalah fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor.

e. Faktor penyesuaian arus belok kiri (FLT) dan arus belok kanan (FRT),

Faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar hanya pada pendekat tipe P (Terlindung) adalah sebagai berikut.

1. Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (F_{RT}). Pertemuan jalan untuk tipe P (terlindung), tanpa median dan jalan dua arah dengan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dapat digunakan persamaan berikut :

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26 \dots \dots \dots (10)$$

2. Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

Faktor penyesuaian belok kiri (PLT) dengan pendekat terlindung (pendekat tipe P) tanpa belok kiri langsung ($LTOR$) dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dapat digunakan dengan persamaan berikut :

$$FLT = 10 - PLT \times 0,16 \dots \dots \dots (11)$$

Pada pendekat-pendekat terlindung tanpa menyediakan belok kiri langsung, kendaraan yang belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat tipe O

(terlawan) pada umumnya lebih lambat, maka tidak perlu penyesuaian untuk rasio belok kiri.

5. Rasio arus / rasio arus jenuh

Rasio arus Simpang merupakan jumlah dari rasio arus kritis untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus. Rasio Arus (FR) masing-masing pendekat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FR = Q / S \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

Untuk rasio arus Simpang (IFR) dihitung dengan rumus:

$$IFR = \Sigma (FR_{crit})$$

Keterangan:

IFR = Rasio arus Simpang

FRcrit = Rasio arus kritis

Hitung Rasio Fase (IFR) masing-masing fase sebagai rasio antara FRCRIT dan IFR. Untuk arus kritis dihitung dengan rumus:

$$PR = FR_{crit} / IFR \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

PR = Rasio fase

FRcrit = Rasio arus kritis

IFR = Rasio arus Simpang

6. Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus adalah waktu hijau menyala pada satu fase hingga hijau menyala berikutnya pada fase yang sama atau waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal dan waktu hijau merupakan waktu nyala dalam suatu pendekatan (det). Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) untuk pengendalian waktu tetap.

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus Simpang (FRCRIT)

Menghitung waktu hijau g untuk masing-masing fase yaitu menggunakan rumus:

$$gi = (Cua - LTI) \times Pri \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan:

gi = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

Pri = Rasio fase FRCRIT / Σ (FRCRIT)

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

$$c = \Sigma g + LTI \dots \dots \dots (16)$$

Keterangan:

c = Waktu siklus (det)

Σg = Total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang (det)

2.8.3. Kapasitas

Kapasitas menurut PKJI 2023, perhitungan kapasitas dapat dibuat dengan pemisahan jalur tiap pendekat, pada satu lengan dapat terdiri dari satu atau lebih pendekat, misal dibagi menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini diterapkan jika gerakan belok kanan mempunyai fase berbeda dari lalu lintas yang lurus atau dapat juga dengan merubah fisik jalan yaitu dengan membagi pendekat dengan pulau lalu lintas (*canalization*).

Kapasitas (C) dari masing-masing pendekat adalah :

$$C = S \times g/c \text{ (detik)}$$

dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam)

G = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus (detik)

Kapasitas dapat didefinisikan sebagai arus lalu lintas yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu dalam satuan kendaraan/ jam atau smp/jam. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas suatu Simpang adalah kondisi fisik Simpang dan operasi, yaitu ukuran dan dimensi lebar jalan, kondisi parkir dan jumlah lajur, kondisi lingkungan, yaitu faktor jam sibuk pada suatu simpang, karakteristik gerakan lalu lintas, yaitu gerakan membelok dari kendaraan, karakteristik lalu lintas kendaraan berat, yaitu truk dan

bus melewati simpang.

Definisi kapasitas adalah jumlah maksimum kendaraan atau orang yang dapat melintasi suatu titik pada lajur jalan pada periode waktu tertentu dalam kondisi jalan tertentu atau merupakan arus maksimum yang bisa di lewatkan pada suatu ruas jalan. Dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam (PKJI 2023). Kapasitas satu ruas jalan dalam satu sistem jalan raya adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut, baik satu maupun dua arah dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum.

Ada beberapa jenis kapasitas jalan yaitu sebagai berikut :

a. Kapasitas Dasar (Basic Capacity)

Kapasitas dasar digunakan sebagai dasar perhitungan untuk kapasitas rencana. Kapasitas dasar tergantung pada tipe jalan dan jumlah lajur dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kapasitas Dasar Tergantung Pada Tipe Jalan Dan Jumlah Lajur. (Sumber: Simpang Bersinyal PKJI 2023)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi (4/2D) atau jalan 1 arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

b. Kapasitas Rencana (Design Capacity)

Merupakan jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama satu jam pada kondisi jalan dan

lalu lintas yang sedang berlaku tanpa mengakibatkan kemacetan, keterlambatan, dan bahaya yang masih dalam batas-batas yang diinginkan.

c. Kapasitas yang Mungkin (Possible Capacity).

Merupakan jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama satu jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang sedang berlaku (pada saat itu). Kapasitas yang mungkin harus lebih kecil dari kapasitas rencana.

Factor-faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan adalah sebagai berikut :

1. Kondisi fisik dan operasi

a. Lebar jalan pada persimpangan

Lebar jalan pada persimpangan dapat dilihat dari jumlah lajur. Semakin banyak jumlah lajur yang dipergunakan maka semakin besar kapasitas jalan tersebut.

b. Kondisi parkir

Semakin banyak kendaraan yang parkir di atas lebar efektif jalan, maka akan mengurangi kapasitas jalan tersebut.

c. Jalan satu arah versus Jalan dua arah

Pertemuan jalan satu arah dengan jalan dua arah, akan mempengaruhi besar kapasitas.

2. Lingkungan

a. Faktor beban

b. Faktor beban yang dibawa kendaraan yang melintas akan sangat berpengaruh pada kapasitas jalan, berat beban akan mempengaruhi

kecepatan sehingga mengurangi kapasitas jalan dalam satu periode.

b. Faktor jam sibuk (Peak Hour factor / PHF)

Besar kapasitas suatu jalan akan terlihat pada saat jam sibuk, karena pada jam sibuk dapat diketahui jumlah kendaraan terbanyak.

3. Karakteristik Lingkungan

a. Gerakan membelok

Gerakan membelok akan mengurangi kecepatan arus terlawan dalam satu periode dan dapat menyebabkan konflik.

b. Truk dan bis berjalan lurus

Truk dan bis yang menaik-turunkan penumpang tidak pada halte dapat mengurangi besarnya kapasitas

c. Bis angkutan lokal

Bis angkutan yang menaik-turunkan penumpang sembarangan dapat mengurangi besarnya kapasitas jalan.

4. Tolak ukur pengendalian

Adalah Kepadatan lalu lintas (traffic density) yaitu jumlah kendaraan rata-rata yang menempati jalan sepanjang 1 mil pada satu periode. Kapasitas lalu lintas merupakan salah satu ukuran kuantitas yang menerangkan kondisi seperti yang dinilai oleh pembina jalan. Kapasitas pendekat diperoleh dari perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat. Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan:

g = Waktu hijau (det).

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

C = Kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur (smp/jam).

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

2.8.4. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas jalan. Biasanya digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu-lintas pada suatu segmen jalan dan Simpang. Dalam PKJI 1997, jika analisis DS dilakukan untuk analisa tingkat kinerja, maka volume lalu lintasnya dinyatakan dalam emp. Factor yang mempengaruhi emp adalah :

- a) Jenis jalan, seperti jalan luar kota, atau jalan bebas hambatan.
- b) Tipe alinyemen, seperti medan datar, berbukit atau, pegunungan, dan
- c) Volume jalan

Nilai arus jenuh diasumsikan tetap selama fase hijau, namun pada kenyataannya kendaraan masih berhenti saat mulai hijau, kemudian perlahan naik dan mencapai puncak antara 10-15 detik dan akan menurun perlahan-lahan sampai hijau berakhir. Kendaraan yang terlepas relatif tetap selama waktu kuning dan waktu merah semua sampai akhirnya turun selama 5-10 detik setelah awal sinyal merah.

Berdasarkan defenisi derajat kejenuhan, maka persamaan untuk mencari besarnya kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = Qsmp/ C \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan:

$Q_{smp} =$ Arus total (smp/jam)

$DS =$ Derajat kejenuhan

$C =$ Kapasitas jalan (smp/jam)

Perlu diperhatikan untuk analisa operasional dan peningkatan Simpang bersinyal untuk tidak melewati rasio arus/kapasitas = 0,75 selama jam puncak, jika nilai $DS > 0,75$ maka layak menggunakan lampu lalu lintas (*traffic light*).

2.8.5 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1), ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2):

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (19)$$

$$NQ_1 = 0,25 \times C [(DS-1) + \sqrt{[(DS-1)]^2 + (8 \times (DS-0,5))/C}]$$

Jika $DS > 0,5$, selain dari itu $NQ_1 = 0$

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

Dimana :

NQ_1 : Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : Jumlah smp yang datang selama fase merah

GR : Rasio hijau

c : Waktu siklus (det)

C : Kapasitas (smp/jam)

Q : Arus lalu lintas pada pendekat tersebut

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{MAX} \times 20 / W_{MASUK} \dots\dots\dots (20)$$

2.8.6 Angka Henti

Angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung sebagai :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (21)$$

Dimana c adalah waktu siklus (det) dan Q adalah arus lalu-lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau.

2.8.7 Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal :

1. Tundaan lalu-lintas (DT), karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang,
2. Tundaan geometrik (DG), karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai :

$$Dj = DTj + DGj \dots\dots\dots (22)$$

Dimana : Dj = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

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

DGj = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk suatu pendekat j dapat ditentukan

dari rumus berikut (didasarkan pada Akcelik 1988) :

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1-GR)^2}{(1-GRXDS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \dots\dots\dots (23)$$

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat j dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$DG = (1 - Psv) \times PT \times 6 + (Psv \times 4) \dots\dots\dots (24)$$

Dimana : Psv = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

PT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

2.8.8 Level of service (LOS)

Tingkat pelayanan adalah ukuran kecepatan laju kendaraan yang dikaitkan dengan kondisi dan kapasitas jalan (Suwardjoko R. Warpani, 2002). Tujuan dari adanya tingkat pelayanan adalah untuk melayani seluruh kebutuhan lalu-lintas (*demand*) dengan sebaik mungkin. Baiknya pelayanan dapat dinyatakan dalam tingkat pelayanan (*Level of Service*).

Level Of Service (LOS) merupakan ukuran kualitas sebagai rangkaian dari beberapa faktor yang mencakup kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan, kebebasan untuk manuver, keamanan, kenyamanan mengemudi dan ongkos operasi (*operation cost*),

Tabel 2.6 Tundaan Simpang Rata-Rata (LOS) (Sumber : Highway Capacity Manual, 2008 (HCM))

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

2.9. Arus Lalu Lintas

Menurut Direktorat Jenderal Bina marga (2014), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu persatuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam. Arus lalu lintas yang melewati suatu ruas jalan ataupun persimpangan terdiri dari berbagai jenis kendaraan, seperti kendaraan ringan, kendaraan berat, kendaraan bermotor dan kendaraan tak bermotor.

Tabel 2.7 Ekuivalensi Mobil Penumpang (Sumber: Simpang Bersinyal PKJI 2023)

Jenis Kendaraan	Persimpangan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3
Kendaraan Bermotor (MC)	0.5

Untuk masing-masing pendekatan rasio kendaraan belok kiri (PLT) dan rasio belok kanan (PRT) didapatkan dari rumus berikut :

$$P_{LT} = \frac{LT(\text{smp/jam})}{\text{Total}(\text{smp/jam})} \dots\dots\dots(4)$$

$$P_{RT} = \frac{RT(\text{smp/jam})}{\text{Total}(\text{smp/jam})} \dots\dots\dots(5)$$

Untuk rasio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor (QUM) kend/jam dengan arus kendaraan bermotor (QMV) kend/jam didapatkan dengan rumus berikut :

$$P_{UM} = Q_{UM}/Q_M \dots\dots\dots(6)$$

2.9.1. Volume Lalu Lintas

Volume merupakan jumlah kendaraan yang lewat pada satu titik pengamatan di ruas jalan, atau pada suatu lajur selama interval waktu tertentu.

Satuan dari volume secara sederhana adalah “kendaraan”, walaupun dapat dinyatakan dengan cara lain yaitu satuan mobil penumpang (smp) tiap satu satuan waktu.

2.9.2 Optimasi Simpang Bersinyal

Dalam mengoptimalkan suatu simpang bersinyal diperlukan pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Tujuan utama pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang terarah dan tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka dan rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperhatikan lalu lintas.

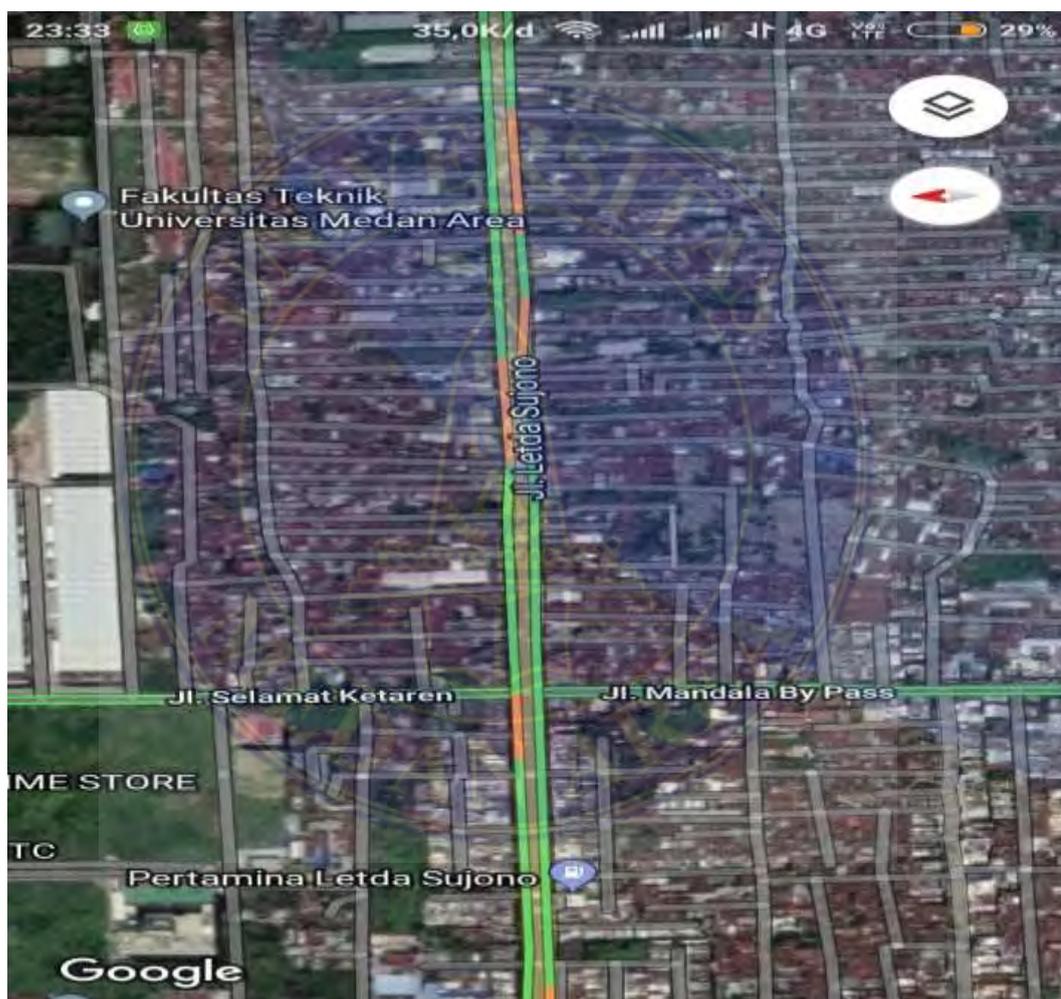
Selanjutnya dari pemilihan pengaturan simpang dapat ditentukan dengan tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik.
2. Menjaga kapasitas dari simpang dalam operasinya sehingga dapat dicapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana.
3. Dalam operasinya, pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai.

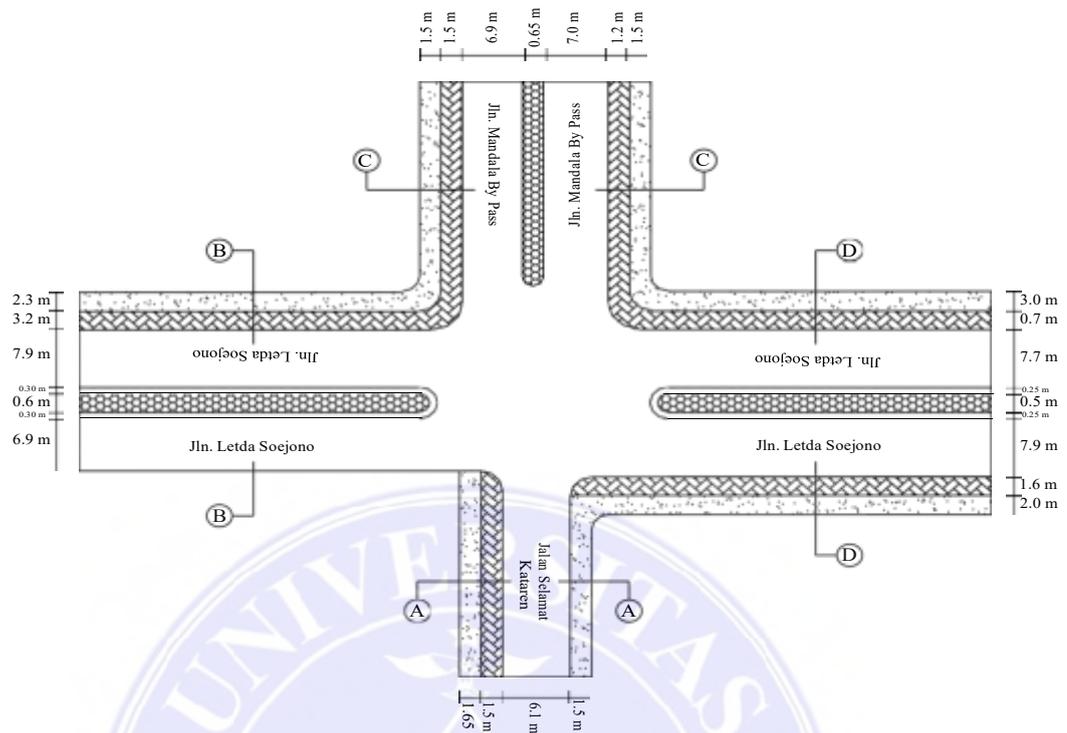
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pesimpangan bersinyal jalan Letda Soejono –
Selamat Ketaren – Mandala By Pass



Gambar 3.1 Lokasi Survei Penelitian (Sumber : <https://maps.google.com>)



Gambar 3.2 Denah Lokasi Lapangan Eksisting (Sumber : Hasil Survei Penelitian 2004)

3.1.2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah metode survei dan eksperimen. Data-data yang digunakan untuk analisa didapatkan dengan cara pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder sesuai dengan kebutuhan penelitian. Inventarisasi data diperoleh dengan melakukan survey langsung ke lapangan dan instansi-instansi terkait.

Kondisi lapangan didapatkan dari data hasil survei lapangan yang meliputi jumlah fase yang ada, waktu siklus, waktu hilang total, denah geometrik simpang, lebar pendekat, dan kondisi lingkungan simpang. Penentuan arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survey lapangan.

Adapun alat-alat yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah :

1. Stop watch
2. Meteran gulung
3. Jam sebagai petunjuk waktu
4. Board (papan sebagai alat tulis)
5. Alat-alat tulis seperti kertas dan pena.

3.2. Tahapan Penelitian

3.2.1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap ini dilakukan penyusunan rencana agar diperoleh waktu yang efektif dan efisien dalam mengejarkan penelitian ini. Lingkup pekerjaan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut :

- a. Studi pustaka terhadap materi terkait dengan penelitian yang dilakukan;
- b. Meentukan data;
- c. Mendata instansi/institusi yang dapat dijadikan sumber data

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal setelah tahap persiapan dalam proses penelitian. Adapun beberapa metode yang dilakukan yaitu antara lain :

3.3.1. Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil survei yang dilakukan langsung dilapangan. Data yang diperlukan sebagai bahan analisis perhitungan lampu lalu lintas meliputi:

1. Data geometrik simpang
2. Data volume lalu lintas
3. Data sinyal
4. Hambatan samping

3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari dinas terkait, seperti dinas, kantor, dan lainnya. Data sekunder yaitu data kependudukan dan peta jaringan jalan. Pengumpulan data sekunder yaitu dengan cara meminta kepada dinas/kantor terkait.

3.4. Tahap Pengolahan Data

3.4.1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk mengetahui data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survei yang akan dipilih, jam puncak dan kondisi lingkungan disekitar simpang.

3.4.2. Persiapan Survei

Tahapan ini dilakukan agar pelaksanaan survei dapat berjalan dengan baik sesuai yang diinginkan. Persiapan yang disiapkan antara lain: membuat formulir penelitian (untuk pencacahan volume lalu lintas) dan pengujian efektif dari formulir yang digunakan.

3.4.3. Jadwal Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan 3 hari senin, rabu dan sabtu untuk mendapatkan data yang akurat.

3.4.4 Pengumpulan Data Lapangan

Untuk memperoleh tujuan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya maka dilakukan pengumpulan data. Pengumpulan data tersebut digolongkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil dari lapangan meliputi kondisi geometrik, kondisi lingkungan, hambatan samping, volume lalu lintas, pencatatan waktu siklus dan fase sinyal. Untuk data sekunder adalah data yang didapat dari sumber lain, sumber ini didapat dari instansi swasta dan instansi pemerintah antara lain dapat berupa laporan penelitian, laporan sensus, peta, dan foto.

a. Pengamatan geometrik simpang dan pengukuran geometrik simpang dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Mencatat jumlah lajur dan arah.
- 2) Menentukan kode untuk masing-masing pendekat (Utara, Selatan, Timur dan Barat) dan tipe pendekat (P = terlindung, O = terlawan).
- 3) Menentukan ada tidaknya median jalan.
- 4) Menentukan kelandaian jalan.
- 5) Mengukur lebar pendekat, lebar masuk, dan lebar keluar.

b. Pengamatan kondisi lingkungan adalah dengan menentukan simpang tersebut sebagai lahan komersial, permukiman, atau daerah dengan akses terbatas.

c. Penentuan fase sinyal dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Mencatat lamanya waktu menyala tiap fase dengan alat pencatat waktu.
- 2) Waktu siklus diperoleh dengan cara mencatat lamanya waktu semua fase dari saat menyala, berhenti sampai menyala kembali.
- 3) Waktu hilang diperoleh dengan menjumlahkan fase merah semua dan fase

kuning.

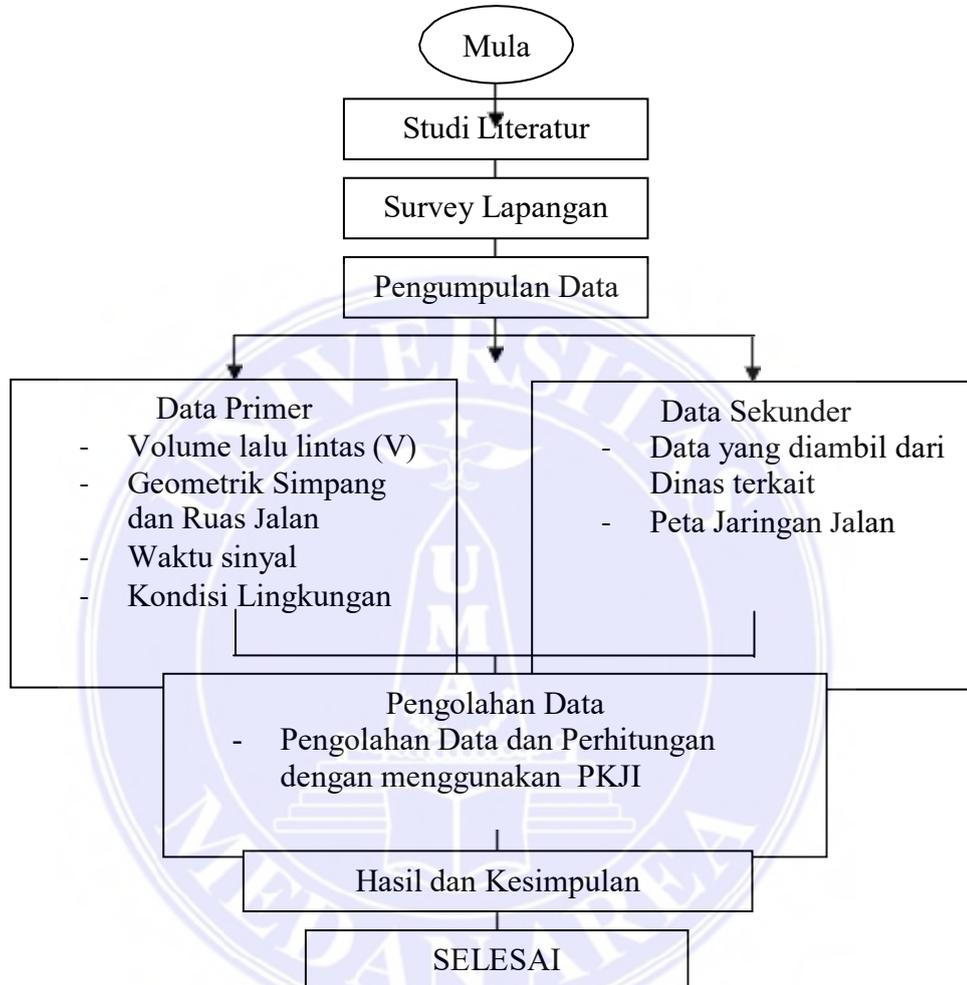
- d. Survei lalu lintas dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor jumlah kendaraan, arah gerakan waktu pengamatan dan periode jam sibuk. Setiap pengamat mencatat semua kendaraan yang melewati pendekat (Kendaraan ringan, Kendaraan berat, dan Sepeda motor) baik untuk gerakan lurus, belok kiri, dan belok kanan, serta memasukkan data tersebut ke dalam formulir pencacahan yang telah diberikan. Pengumpulan data volume lalu lintas pada simpang dilakukan dengan mencatat semua kendaraan yang lewat pada dua buah titik pengamatan atau garis pengamatan pada ruas jalan dan simpang yang diamati oleh surveyor, kendaraan digolongkan kedalam tiga kategori yaitu :
- a. Sepeda Motor / Motorcycle (MC)
 - b. Kendaraan ringan / Light Vehicle (LV)
 - c. Kendaraan berat / Heavy Vehicle (HV)

3.5. Analisa Data

Data yang sudah dikumpulkan akan diolah sesuai dengan keperluan analisis data yang terdapat pada PKJI sebagai pembanding, seperti kondisi geometrik, data arus lalu lintas, waktu sinyal, dan perhitungan lampu lalu lintas.

3.6. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alur (flowchart) urutan kerja penelitian yang akan dilakukan :



Gambarr 3.3 Bagan Alir Penelitia

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil hitungan yang diperoleh di lapangan kapasitas yang terjadi di simpang jalan Mandala pada hari Senin (pukul 17.00 – 18.00 WIB). Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan.
2. Derajat kejenuhan yang terjadi di simpang jalan Mandala pada hari Senin pukul 17.00 – 18.00 WIB untuk masing-masing pendekatan utara, barat, selatan, dan timur adalah $1,54 > 0,75$ untuk semua pendekatan, dengan nilai tundaan sebesar 467,11 det/smp dan tingkat kinerja pelayanan jalannya F (buruk sekali). Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan.
3. Dari hasil alternatif didapat nilai waktu siklus yang lebih sedikit, yaitu waktu siklus 100 detik. Dengan waktu siklus yang lebih singkat maka arus lalu lintas sudah mulai stabil dan lancar, sehingga kepadatan lalu lintasnya sudah mulai berkurang dan pengendara aman dalam berlalu-lintas, sehingga di dapat nilai Derajat Kejenuhannya (DS) = 0,95. Tundaan rata-rata simpangnya didapat sebesar 15,08 det/smp dengan tingkat pelayanannya C (sedang) yang artinya arus stabil, kecepatan dapat dikontrol oleh lalu lintas.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran atau usulan sebagai berikut :

1. Perlunya penambahan lebar jalan pada pendekatan Utara serta mengubah waktu hijau pada pengaturan traffic light.
2. Untuk kendaraan angkutan umum diharapkan tidak menaikkan dan menurunkan penumpang pada area persimpangan agar tidak mengganggu arus lalu lintas.
3. Melakukan penelitian-penelitian lainnya yang masih berhubungan dengan analisis traffic light, hal ini diharapkan dapat menunjang dan mendukung serta mempunyai suatu tindak lanjut terhadap kelancaran arus lalu lintas pada persimpangan seperti pada penelitian yang sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga
- Anonim. (2024). *Transportasi Geodesi*. Dikunjungi Juli 23, 2024, di tinjau dari [www.wordpress.com: https://geotranspot.wordpress.com/](https://www.wordpress.com/geotranspot.wordpress.com/)
- Banter, B., Zaini, A. K., & Boer, A. (2019). Analisis Simpang Bersinyal Pada Bundaran Kantor Gubernur Pekanbaru: Analysis of Signalized Intersections at the Pekanbaru Governor's Office Roundabout. *Jurnal Saintis*, 19(1), 35-40.
- Caroles, L. (2022). *Pengantar Preservasi Dan Survey Kondisi Jalan*. Jawa tengah: Wawasan Ilmu
- Dariyono. (2022). Analisa Simpang Tak Bersinyal Pada Ruas Jalan Gajah Mada – Dr. Harun Di Bandar Lampung. *Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)*. (2) 1
- Gulo, Y. (2019). *Analisa Perhitungan Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Terhadap Titik Konflik Kendaraan* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Gusty, S., Wulansari, I., Mustika, W., Kusuma, A., Abduh, N., Muslimin, E., ... & Iskandar, A. C. S. (2023). *Dasar-Dasar Transportasi*. Makasar: Tohar Media.
- Hanafi, A., (2022). *Rekayasa Lalu-Lintas: Mengatur Jalur Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Sultan Mansur Di Kelurahan Gam Tufkange*. Academia Edu.
- Kurniasih, D. (2020). *Failure in Safety Systems: Metode Analisis Kecelakaan Kerja*. Sidoarjo: Zifatama Jawara
- Machdani, A., Attamimi, S., & Husodo, B. (2019). Sistem Kontrol Lampu Lalu Lintas Untuk Layanan Darurat Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Teknologi Elektro*, 10(3), 188-193.
- Suhaya, A. N. (2022). *Penerapan Sistem Satu Arah (One Way) Di Ruas Jalan Tol Jakarta-Cikampek Pada Masa Mudik Lebaran Dihubungkan Dengan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan* (Doctoral Dissertation, Fakultas Hukum Universitas Pasundan).
- Sriharyani, L., & Hadijah, I. (2021). Analisa Kinerja Simpang Pasar Unit 2 Kabupaten Tulang Bawang Propinsi Lampung Dengan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(1), 1-12.

Walean, A., Kaunang, M., & Kimbal, M. (2019). Strategi Dinas Perhubungan Dalam Mengatasi Kemacetan Di Kota Manado Provinsi Sulawesi. *Jurnal Administrasi Publik*, 5(79).



LAMPIRAN



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/8/25

71

Access From (repository.uma.ac.id)22/8/25

