

**KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DI BANDAR
LAMPUNG**

**(Studi Kasus : Simpang Empat Jalan Soekarno-Hatta - Jalan Urip
Sumoharjo – Jalan Endro Suratmin)**

(Skripsi)

Oleh:

Oktavia Revaldo

1855011022



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK

KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DI BANDAR LAMPUNG

(Studi Kasus : Simpang Empat Jalan Soekarno-Hatta - Jalan Urip
Sumoharjo – Jalan Endro Suratmin)

Oleh

OKTAVIA REVALDO

Lalu lintas di Kota bandar Lampung hingga saat ini hanya berorientasi terhadap waktu dan tidak menyesuaikan kondisi lalu lintas. Umumnya, lampu lalu lintas bekerja secara otomatis dengan sistem, yaitu ATCS (*Automatic Traffic Light Control System*). Hal ini membuat lampu lalu lintas dipersimpangan jalan menjadi kurang efektif dan hanya akan menimbulkan kepadatan di jalur lain saat berada pada posisi lampu merah, penelitian kinerja simpang sangat berguna untuk mengetahui kualitas simpang bersinyal tersebut apakah layak atau tidak. Metode pengumpulan data pada penelitian kinerja simpang dengan cara menghitung data volume kendaraan yang melewati lokasi penelitian dengan cara mendata dengan mencatat atau aplikasi bantuan. (1) nilai tiap fase pada simpang sebesar 112 detik, dengan waktu merah untuk fase 1 sebesar 62 detik, fase 2 sebesar 83 detik dan 3 sebesar 79 detik, sedangkan waktu merah semua pada tiap pendekat sebesar 2 detik dengan waktu antar hijau (WAH) untuk setiap pendekat sebesar 6 detik, (2) Kinerja Lalu lintas Pada Simpang Empat Jalan Soekarno Hatta – Jalan Endro Suratmin - Jalan Urip Sumoharjo. Derajat kejenuhan (DJ) rata – rata simpang sebesar 1,86 skr/jam pada ketentuan PKJI $DJ > 1,00$. Hal itu dapat diartikan simpang Jln. Soekarno Hatta – Jln. Endro Suratmin – Jln. Urip Sumoharjo ini dalam kondisi arus yang jenuh. tingkat pelayanan (*level of service*) simpang bersinyal Jalan Soekarno Hatta – Jalan Endro Suratmin – Jalan Urip Sumoharjo di Kota Bandar Lampung pada PKJI 2014 dengan tingkat pelayanan D.

Kata kunci: Simpang Bersinyal, Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian

ABSTRACT

PERFORMANCE OF THE SIGNALLED INTERNSHIP AT BANDAR LAMPUNG

**(Case Study: Simpang Empat Jalan Soekarno-Hatta - Jalan Urip Sumoharjo
- Jalan Endro Suratmin)**

By

OKTAVIA REVALDO

Until now, traffic in the city of Bandar Lampung is only time-oriented and does not adapt to traffic conditions. Generally, traffic lights work automatically with a system, namely ATCS (Automatic Traffic Light Control System). This makes traffic lights at road intersections less effective and will only cause congestion in other lanes when they are at a red light. Research on intersection performance is very useful to find out whether the quality of the signalized intersection is feasible or not. The data collection method in intersection performance research is by calculating data on the volume of vehicles passing through the research location by recording data or using assistance applications. (1) The value of each phase at the intersection is 112 seconds, with a red time for phase 1 of 62 seconds, phase 2 of 83 seconds and 3 of 79 seconds, while the red time for all approaches is 2 seconds with an inter-green time (WAH) for each approach of 6 seconds, (2) Traffic performance at the intersection of Jalan Soekarno Hatta - Jalan Endro Suratmin - Jalan Urip Sumoharjo. The average degree of saturation (DJ) of the intersection is 1.86 cur/hour under the PKJI DJ provisions > 1.00 . This can be interpreted as the intersection of Jln. Soekarno Hatta – Jln. Endro Suratmin – Jln. Urip Sumoharjo is in a saturated flow condition. level of service at the signalized intersection of Jalan Soekarno Hatta – Jalan Endro Suratmin – Jalan Urip Sumoharjo in Bandar Lampung City on PKJI 2014 with service level D.

Keywords: signalized intersection, degree of saturation, queue length

**KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DI BANDAR
LAMPUNG**

**(Studi Kasus : Simpang Empat Jalan Soekarno-Hatta - Jalan Urip
Sumoharjo – Jalan Endro Suratmin)**

Oleh :

Oktavia Revaldo

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

: **KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DI
BANDAR LAMPUNG (studi Kasus: Jalan Soekarno
Hatta – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Endro
Suratmin)**

Nama Mahasiswa

: **Oktavia Revaldo**

NPM

: **1855011022**

Program Studi

: **S1 Teknik Sipil**

Fakultas

: **Teknik**



Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T.
NIP. 197107242000031001

Ir. Siti Anugrah Mulya P.O., S.T., M.T.
NIP. 199101132019032020

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP. 196911112000031002

Suyadi, S.T., M.T.
NIP. 197412252005011003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T.

Sekretaris

: Ir. Siti Anugrah Mulya Putri O., S.T., M.T.IPM.

Penguji

: Ir. Dwi Herianto, M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }

NIP 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 20 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Oktavia Revaldo

NPM : 1855011022

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DI BANDAR LAMPUNG (studi Kasus: Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Endro Suratmin)”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Juli 2024

Pembuat Pernyataan



Oktavia Revaldo

NPM. 1855011022

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Summersari pada 27 Oktober 2000. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Suharto dan Ibu Puspita Anila. Penulis memiliki Adik bernama Reza Melandri dan Farel Palopi. Penulis memulai pendidikan formal pada tahun 2005 di SD Negri 2 Rulung Helok Natar, lalu meneruskan pendidikan pada tahun 2011 di SMP Negeri 2 Natar, dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMK Muhammadiyah 3 Metro pada tahun 2014

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur seleksi SMMPTN. Penulis pernah aktif menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Departemen Usaha dan Karya pada periode 2019/2020.

Kemudian penulis tercatat sebagai anggota departemen dari Departemen Usaha dan Karya pada periode 2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata selama 40 hari pada Februari 2021 di Kelurahan Pancasila, Kecamatan Natar, Provinsi Lampung. Penulis melaksanakan Kerja Praktik selama 3 bulan.

Dalam penerapan ilmu di bidang Teknik Sipil, Penulis telah melaksanakan kegiatan Kerja Praktik (KP) di PT. Fatimah Indah Utama pada Proyek SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) Kota Bandar Lampung Indonesia selama tiga bulan pada tahun 2022.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian penelitian dan penulisan skripsi dengan judul **“KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL DI BANDAR LAMPUNG (studi Kasus: Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Endro Suratmin)”** sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana (S1) di Teknik Sipil Universitas Lampung.

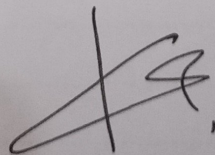
Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan ridho-Nya, serta senantiasa memberikan jalan dalam setiap urusan hamba-Nya.
2. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Suharto dan Ibu Puspita Anila yang selalu memberikan perhatian dan dukungan yang luar biasa secara moral dan materi serta doa-doa terbaik untuk penulis.
3. Keluarga besar kakek Kiar dan nenek Maimunah yang selalu memberikan doanya dan dukungannya yang sangat luar biasa untuk penulis.
4. Miawati yang telah banyak memberikan dukungan dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
6. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung
8. Bapak Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan bantuan selama proses pengerjaan skripsi.

9. Ibu Ir. Siti Anugrah Mulya Putri O., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan serta masukan-masukan selama proses pengerjaan skripsi.
10. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberi kritik dan saran yang membangun terkait isi skripsi.
11. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
12. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2018 (L18AS) yang telah berjuang bersama, berbagi kenangan dan pengalaman tak terlupakan selama di perkuliahan.
13. Teman - teman kosan yaitu Riyan, Sinung, Frendi, Yosafat, Gusji, Ajib, Azmi, Wirawan, Dafa, Agoy, Novan, Santo, Komang, dan Shandra yang telah menemani dan memberikan semangat dalam segala kondisi pada penulis.
14. Teman-teman teknik sipil 2018, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses penyusunan laporan ini

. Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT memberikan rahmat dan pahala yang berlimpah pada mereka dan menjadikannya sebagai ibadah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat, Aamiin.

Bandar Lampung, 10 Juli 2024
Penulis,



OKTAVIA REVALDO

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Simpang	5
2.1.1. Persimpangan Sebidang	6
2.1.2. Tipe Simpang	7
2.2. Pergerakan Lalu lintas Pada Persimpangan	8
2.2.1. Konflik di Persimpangan.....	9
2.3. Simpang Bersinyal	10
2.3.1. Pengendalian Simpang Bersinyal.....	11
2.4. Lalu Lintas	13
2.5. Arus Lalu Lintas	13
2.6. Volume lalu Lintas.....	13
2.7. Lampu Lalu Lintas	13
2.8. Sistem kerja Lampu Lalu Lintas	16
2.9. Durasi Lampu Lalu Lintas	16
2.10. Geometrik pada Simpang.....	18

2.11. Kepadatan Lalu Lintas	19
2.12. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 2014	19
2.13. Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014	20
2.13.1. Langkah A : Menetapkan Data Masukan	20
2.13.2. Langkah B : Menetapkan Penggunaan Isyarat	22
2.13.3. Langkah C : Menentukan waktu APILL.....	24
2.13.4. Langkah D : Kapasitas	30
2.13.5. Langkah E : Tingkat Kinerja Lalu Lintas	31
2.14. Tingkat Pelayanan (<i>Level of Service</i>)	34
III. METODE PENELITIAN	36
3.1. Bagan Alir Penelitian	36
3.2. Pengumpulan Data	37
3.3. Metode Pengambilan Data	40
3.4. Tenaga dan Peralatan	40
3.5. Metode Analisis Data	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Umum	45
4.1.1 Kondisi Geometri Simpang.....	45
4.1.2 Analisis Data	46
4.2 Kinerja Traffic Light Simpang Empat Jalan Soekarno Hatta	
– Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Endro Suratmia	51
4.2.1 Menentukan Rasio Belokan (PB).....	51
4.2.2 Arus Jenuh.....	53
4.2.3 Rasio Arus Jenuh ($R_{Q/S}$)	67
4.2.4 Rasio Arus Simpang (R_{AS})	58
4.2.5 Rasio Arus Fase (R_F).....	58
4.2.6 Waktu Siklus (c).....	59
4.2.7 Kapasitas (C).....	64
4.2.8 Rasio Hijau (R_H)	65
4.2.9 Hitung Derajat Kejenuhan (D_J).....	65

4.3 Kinerja Lalu Lintas Simpang Empat Jalan Soekarno Hatta – Jalan Endro Suratmin – Jalan Urip Sumoharjo.....	66
4.3.1 Panjang Antrian.....	66
4.3.2 Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})	68
4.3.3 Tundaan.....	70
V. KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	75

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tipe Simpang 4	7
2. Tipe Simpang 3	7
3. Tipe <i>Diverging</i>	8
4. Tipe <i>Merging</i>	8
5. Tipe <i>Weaving</i>	9
6. Tipe <i>Crossing</i>	9
7. Konflik primer dan konflik sekunder pada simpang APILL 4 lengan	10
8. Persimpangan dengan lampu lalu lintas	11
9. Penentuan tipe pendekat	18
10. Pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas	19
11. Tipikal pengaturan fase APILL pada simpang 3	22
12. Tipikal pengaturan fase APILL pada simpang 4 dengan 2 dan 3 fase khususnya pemisahan pergerakan belok kanan (4A, 4B, 4C)	23
13. Tipikal pengaturan fase APILL pada simpang 4 dengan 4 fase	23
14. Faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G)	28
15. Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_p)	28
16. Bagan Alir Penelitian	35
17. Lokasi Penelitian	39
18. Titik Penempatan Surveyor	42
19. Sketsa Simpang 4 Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno Hatta) -Jalan Urip Sumoharjo-Jalan Endro Suratmin, Kota Bandar Lampung	42
20. Sketsa Simpang	45
21. Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian	54
22. Diagram Siklus Sinyal Persimpangan	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tipe simpang.....	7
2. Nilai Norma Waktu Antar Hijau.....	18
3. Nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan.....	21
4. Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota.....	26
5. Faktor penyesuaian akibat hambatan samping	27
6. Data penduduk Kota Bandar Lampung.....	27
7. Faktor penyesuaian kelandaian jalur pendekat	27
8. Tingkat layanan (LOS) <i>Level Of Service</i>	35
9. Waktu siklus <i>traffic light</i> simpang Jalan Soekarno - Hatta – Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin.....	46
10. Volume Lalu Lintas	47
11. Arus Lalulintas.....	50
12. Kondisi Geometrik Pada Simpang Empat Bersinyal pada Jalan Soekarno Hatta – Jln. Urip Sumoharjo – Jln. Endro Suratmin.	50
13. Rekapitulasi Hasil Analisis Rasio Belokan (P_B).....	52
14. Rekapitulasi Analisis Perhitungan Arus Jenuh Dasar (SO).....	53
15. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})	55
16. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FBKa) ...	55
17. Rekapitulasi Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BK_i}).....	56
18. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Arus Jenuh (S).....	57
19. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Rasio Arus Jenuh ($R_{Q/S}$)	58
20. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Rasio Arus Fase (R_F).....	59
21. Rekapitulasi Perhitungan Nilai (L_{KBR} dan L_{KDT})	60
22. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Merah Semuar.....	61
23. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Hijau masing – masing fase.	63
24. Perhitungan Kapasitas masing – masing Kaki Simpang.....	64
25. Perhitungan Rasio Hijau (RH) pada masing - masing kaki simpang.....	65

26. Perhitungan Derajat Kejenuhan (D_j)	66
27. Rekapitulasi hasil perhitungan NQ_1 , NQ_2 , NQ , Q , P_A	68
28. Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) masing – masing kaki simpang.	69
29. Rekapitulasi Perhitungan Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_H)	70
30. Rekapitulasi Perhitungan dan Analisis Tundaan Lalulintas (T_L) pada masing – masing kaki simpang	71
31. Rekapitulasi Dan Analisis Nilai Tundaan Geometrik (T_G) masing – masing kaki simpang.	72
32. Rekapitulasi Perhitungan Tundaan Rata – Rata (T) tiap kaki simpang	73
33. Rekapitulasi dan Analisis Perhitungan Tundaan Rata-Rata Seluruh Simpang (T_I)	73
34. Rekapitulasi dan Analisis Perhitungan Tingkat Pelayanan Simpang	74

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi menjadi salah satu bagian yang penting di perkotaan. Hal ini karena transportasi bersangkutan dengan kebutuhan orang-orang dari berbagai lapisan masyarakat. Transportasi bersangkutan langsung kepada para pelajar yang hendak menuju sekolah, masyarakat yang hendak mengunjungi tempat hiburan dan perbelanjaan, dan bepergian ke tempat tertentu atau ke luar kota. Selain mengangkut orang, transportasi juga melayani kebutuhan untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainnya.

Sejalan dengan berkembangnya kota, sistem transportasi sebagai penyusunnya juga ikut berkembang. Pengadaan dan manajemen sistem transportasi yang tepat, sesuai dan seimbang menurut kondisi dan wilayah kota terus diupayakan dalam rangka menciptakan sistem transportasi yang ideal. Semakin besarnya angka pertumbuhan penduduk disuatu wilayah maka semakin kompleksnya mobilitas atau pergerakan dalam ruang wilayah tersebut. Mobilitas atau pergerakan ini ada karena perbedaan karakteristik ruang dalam suatu wilayah sehingga terjadi peningkatan aktivitas dan kebutuhan akan transportasi.

Kota Bandar Lampung merupakan pusat sentral di Provinsi Lampung. Sebagai ibu kota Provinsi Lampung, Kota Bandar Lampung menjadi pusat perekonomian sehingga pergerakan atau mobilitas masyarakat sangat tinggi. Sejalan dengan perkembangan teknologi serta perekonomian yang begitu pesat, maka menyebabkan semakin banyak pula persoalan-persoalan yang dihadapi oleh masyarakat. Dimana kemacetan lalu lintas adalah suatu permasalahan yang selalu dirasakan masyarakat pengguna jalan, terlebih lagi bagi masyarakat di kota-kota besar, seperti Kota Bandar Lampung. Kemacetan yang merupakan sebuah permasalahan ternyata membentuk berbagai macam permasalahan lainnya. dari pemborosan waktu hingga polusi. Hal itu tentunya memakan banyak ruang di jalan raya dan merupakan hal yang tidak efektif. Kondisi ini

menimbulkan ketidakseimbangannya antara pertumbuhan panjang jalan dengan pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia. Menurut data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan pada tahun 2017 sampai tahun 2018 meningkat 16%. Bandingkan dengan panjang jalan pada tahun 2017 sampai tahun 2018 hanya meningkat sekitar 0,0012% (Badan Pusat Statistik). Hal ini membuktikan bahwa setiap harinya, arus lalu lintas di Indonesia semakin padat. Salah satu cara untuk mengurangi kepadatan lalu lintas adalah dengan adanya lampu lalu lintas. Namun dalam beberapa kondisi, lampu lalu lintas kurang efisien untuk menangani masalah tersebut.

Simpang empat Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo-Jalan Endro Suratmin) merupakan salah satu persimpangan yang padat di Kota Bandar Lampung karena Jalan Lintas Sumatera merupakan jalan nasional yang menghubungkan antar provinsi di Pulau Sumatera. Jalan ini dilalui berbagai macam jenis kendaraan, mulai dari kendaraan roda dua hingga kendaraan besar seperti truk tronton. Simpang ini merupakan simpang bersinyal dimana lampu lalu lintas yang mengatur pergerakan kendaraan ada pada persimpangan ini. Lalu lintas di Kota bandar Lampung hingga saat ini hanya berorientasi terhadap waktu dan tidak menyesuaikan kondisi lalu lintas. Umumnya, lampu lalu lintas bekerja secara otomatis dengan sistem, yaitu ATCS (*Automatic Traffic Light Control System*) yang mengatasi kemacetan lalu lintas dengan pembagian durasi lampu hijau sama rata untuk semua jalur, tanpa melihat jumlah kendaraan yang ada pada masing-masing jalur. Akibatnya, jalur yang sedang sepi kendaraan mendapatkan lampu hijau yang lebih lama dari yang dibutuhkan sehingga menyebabkan lampu merah pada simpang jalan lainnya. Hal ini membuat lampu lalu lintas dipersimpangan jalan menjadi kurang efektif dan hanya akan menimbulkan kepadatan di jalur lain saat berada pada posisi lampu merah.

Kondisi inilah yang membuat penulis termotivasi untuk melakukan penelitian mengenai kinerja sistem lampu lalu lintas. Penelitian ini dilakukan pada persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-

Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin. Persimpangan ini dipilih karena penulis sering melalui simpang ini dan menilai simpang ini sering terjadi antrian kendaraan yang menyebabkan kemacetan pada waktu tertentu.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil tahap (fase) lampu lalu lintas (*Traffic Light*) pada setiap persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin?
2. Apa faktor-faktor penyebab terjadinya antrian kendaraan ?
3. Bagaimana tingkat pelayanan (*Level Of Service*) pada setiap persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin?

1.3. Batasan Penelitian

Batas masalah pada penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian dilakukan pada salah satu persimpangan bersinyal di Kota bandar Lampung. Simpang tersebut adalah persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta) - Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin.
2. Dimensi jalan yang diteliti adalah Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta) dengan 4 lajur terbagi (4/2 D), Jalan Urip Sumoharjo dengan 2 lajur terbagi (2/2 D) dan Jalan Endro Suratmin dengan 2 lajur terbagi (2/2 D).
3. Pengambilan data dilapangan dilakukan selama satu hari kerja pada jam-jam puncak di pagi hari jam 06.30 WIB s.d. 08.30 WIB, 12.00 WIB s.d. 14.00 WIB di siang hari, dan 16.00 WIB s.d. 18.00 WIB di sore hari.
4. Jenis kendaraan yang diteliti adalah sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat.
5. Menganalisis data menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2014.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hasil tahap (fase) lampu lalu lintas (*Traffic Light*) pada setiap persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo- Jalan Endro Suratmin.
2. Mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya antrian kendaraan.
3. Mengetahui tingkat pelayanan (*LOS*) pada setiap persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta) -Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai informasi untuk berbagai pihak bagaimana kinerja lampu lalu lintas pada persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno - Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin.
2. Menambah ilmu pengetahuan dalam menganalisis masalah-masalah dalam bidang transportasi tentang keefektifitasan kinerja lampu lalu lintas.
3. Sebagai penambah informasi atau masukan untuk berbagai pihak dalam penelitian atau bagian dari pekerjaan yang berhubungan dengan kinerja lampu lalu lintas pada persimpangan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo - Jalan Endro Suratmin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Simpang

Simpang menurut J.Dwijoko dan Siprianus (2016) adalah daerah di mana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya. Simpang jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat, di mana arus kendaraan dari berbagai pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan simpang. Pada sistem transportasi dikenal tiga macam pertemuan jalan, yaitu :

- a. pertemuan sebidang (*at grade intersection*),
- b. pertemuan 6 tidak sebidang (*interchange*) dan
- c. persilangan jalan (*grade sparation without ramps*)

Persimpangan adalah pertemuan antara dua sudut jalan atau lebih, biasanya terjadi pertemuan kendaraan dengan kendaraan lainnya. Dimana keadaan ini mengakibatkan kepadatan jalan sehingga terjadi tundaan kendaraan pada persimpangan (Tamin,2000). Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya, ataupun kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu, persimpangan merupakan aspek penting dalam pengendalian lalu lintas. Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk salah satu atau lebih alasan berikut :

1. Untuk menghindari kemacetan serta terjadinya kecelakaan disaat berkendara pada persimpangan jalan
2. Untuk memberikan kesempatan bagi para pengguna jalan untuk dapat melintasi jalan tersebut dengan aman dan nyaman.

2.1.1. Persimpangan Sebidang

Persimpangan sebidang adalah pertemuan dimana dua atau lebih jalan raya dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama (Roositta Tunggadewi dan Berlian Kushari, 2018). Persimpangan ini memiliki ketinggian yang sama. Perencanaan persimpangan yang baik akan menghasilkan kualitas operasional yang baik seperti tingkat pelayanan,

waktu tunda, panjang antrian dan kapasitas. Secara lebih rinci, pengaturan simpang sebidang dapat dibedakan sebagai berikut ini.

1. Simpang Prioritas

Dimana aliran arus lalu lintas kecil, pengendalian pergerakan lalu lintas pada simpang bisa dicapai dengan kontrol prioritas. Bentuk kontrol prioritas adalah kendaraan pada jalan minor memberikan jalan kepada kendaraan pada jalan mayor. Aliran lalu-lintas prioritas dapat dirancang dengan memasang tanda berhenti (*stop*), memberikan jalan (*give way*), mengalah (*yield*) atau jalan pelan-pelan pada jalan minor.

2. Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi pengaturan sinyal dengan lampu tiga warna hijau-kuning-merah yang disebut lampu lalu lintas (*traffic light*). 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 (J.Dwijoko dan Siprianus, 2016). Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk tujuan sebagai berikut:

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

3. Bundaran

Bundaran atau pulau ditengah persimpangan dapat bertindak sebagai pengontrol, pembagi, pengarah bagi sistem lalu lintas berputar satu arah. Pada cara ini, gerakan penyilangan hilang dan digantikan dengan gerakan jalinan. Pengemudi yang masuk bundaran harus memberikan prioritas kepada kendaraan yang berada disisi kanannya.

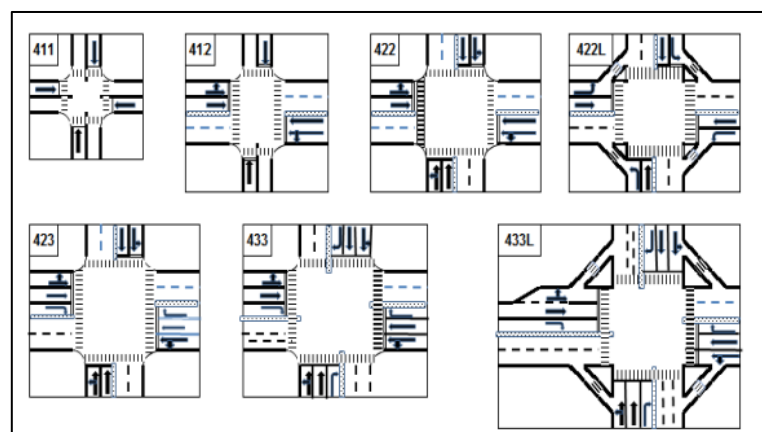
2.1.2. Tipe Simpang

Tipe simpang diklasifikasikan berdasarkan jumlah lengan, jumlah lajur jalan mayor dan minor pada tabel berikut.

Tabel 1. Tipe simpang.

Kode Tipe simpang	Jumlah lengan simpang	jumlah lajur jalan minor	jumlah lajur jalan utama
322	3	2	2
324	3	2	4
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia,2014



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia,2014.

Gambar 1. Tipe Simpang 4.



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia,2014.

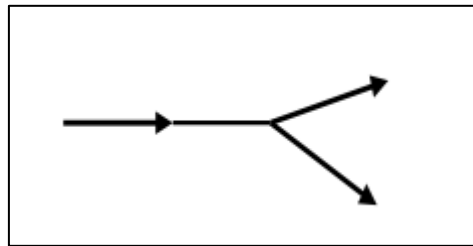
Gambar 2. Tipe Simpang 3.

2.2. Pergerakan Lalu Lintas Pada Persimpangan

Ada 4 bentuk tipe dasar pergerakan lalu lintas pada persimpangan berdasarkan sifat dan tujuan gerakan, yaitu :

a. *Diverging* (gerakan memisah)

Merupakan pergerakan berpencarnya kendaraan melewati suatu ruas jalan ketika kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan. Konflik ini dapat terjadi saat kendaraan melakukan gerakan membelok atau berganti jalur.

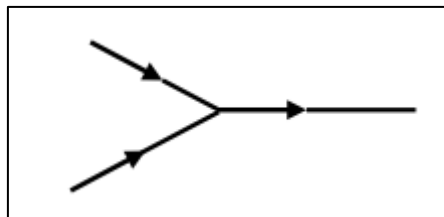


Sumber : Pedoman Kapasitas jalan Indonesia, 2014

Gambar 3. Tipe *Diverging*.

b. *Merging* (Gerakan Bergabung)

Gerakan bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada suatu titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan melakukan pergerakan membelok dan bergabung.

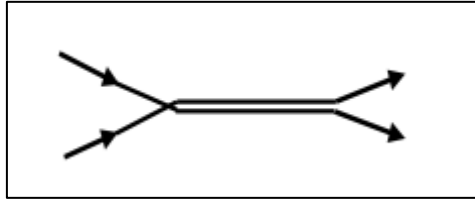


Sumber : Pedoman Kapasitas jalan Indonesia, 2014

Gambar 4. Tipe *Merging*.

c. *Weaving* (Gerakan Bersilang)

Gerakan perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekat lain. Gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan *diverging* dan *merging*.

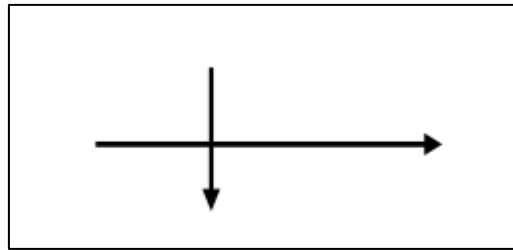


Sumber : Pedoman Kapasitas jalan Indonesia, 2014

Gambar 5. Tipe *Weaving*.

d. *Crossing* (Gerakan Berpotongan)

Gerakan perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan.



Sumber : : Pedoman Kapasitas jalan Indonesia, 2014

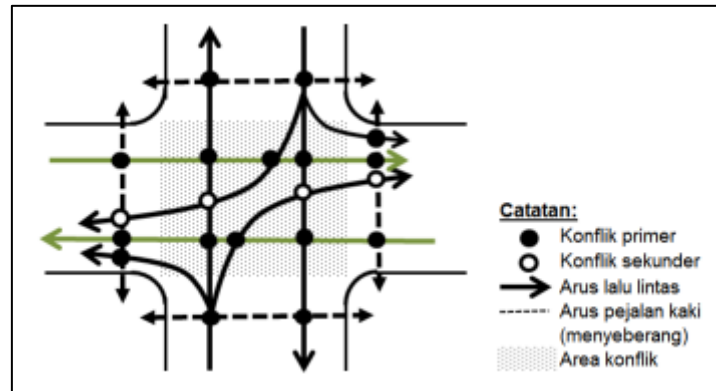
Gambar 6. Tipe *Crossing*.

2.2.1. Konflik di Persimpangan

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan ditujukan agar kendaraan bermotor, para pejalan kaki, dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari dasar pergerakan tersebut. Berdasarkan sifatnya konflik terbagi dua, yaitu:

1. Konflik primer (*primary conflict*) adalah konflik antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari ruas jalan yang saling berpotongan dan termasuk konflik dengan pejalan kaki, sedangkan;
2. Konflik sekunder (*secondary conflict*) adalah konflik yang terjdiantara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya atau lalu lintas belok kiridengan para pejalan kaki.

Cara meminimalkan konflik baik konflik primer maupun konflik sekunder. Konflik primer adalah konflik antara dua arus lalu lintas yang saling berpotongan, dan konflik sekunder adalah konflik yang terjadi dari arus lurus yang melawan atau arus membelok yang berpotongan dengan arus lurus atau pejalan kaki yang menyeberang.



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 7. Konflik primer dan konflik sekunder pada simpang APILL 4 lengan.

2.3. Simpang Bersinyal

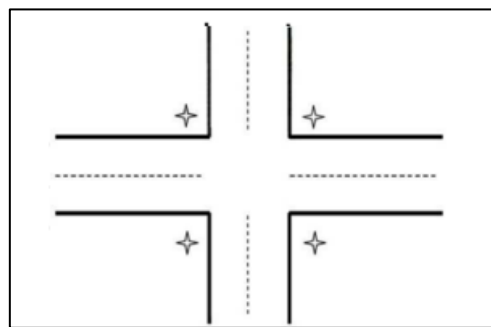
Kinerja suatu persimpangan dapat dilihat dari beberapa parameter padapersimpangan. Salah satu parameter ini adalah waktu tundaan per mobil yang dialami oleh arus yang melalui simpang. Tundaan terdiri atas tundaan geometri (*geometric delay*) dan tundaan lalu lintas (*traffic delay*). Kendaraan yang berhenti ini akibat adanya pengendalian sinyal. Nilai angka henti merupakan jumlah berhenti kendaraan rata-rata akibat adanya hambatan simpang, juga termasuk kendaraan berhenti berulang - ulang dalam suatu antrian. Sedangkan rasio kendaraan yang terhenti menggambarkan rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa terhenti sebelum mencapai garis henti. Kendaraan yang berhenti ini akibat adanya pengendalian sinyal. Hal lain yang perlu juga mendapat perhatian adalah besarnya panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat. Parameter-parameter ini yang mampu menggambarkan hambatan-hambatan yang terjadi pada suatu persimpangan.

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 bersamaan. Pada dasarnya jumlah potensial terjadinya titik-titik konflik di persimpangan tergantung pada beberapa faktor, seperti jumlah kaki persimpangan yang ada, 12 jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan, jumlah pergerakan yang ada dan sistem pengaturan yang ada.

2.3.1. Pengendalian Simpang Bersinyal

Pengendalian persimpangan seperti ini memberikan hak berjalan pertama kepada fase tertentu kemudian kepada fase 15 lainnya. Masing-masing pergerakan mendapatkan kesempatan melintas persimpangan dalam suatu jangka waktu tertentu dan pada saat yang berbeda-beda, serta dipengaruhi oleh susunan fisik persimpangan, jenis pengontrolan, volume lalu lintas, pola dan arah lalu lintas.

Lampu lalu lintas (*traffic light*) adalah suatu alat kendali dengan menggunakan lampu yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. 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 saling mengganggu lampu lalu lintas dimana pertimbangan ini sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan yang ada seperti volume, geometrik simpang dan sebagainya.



Sumber : *highway Traffic Analysis and Design*, R.J Salter

Gambar 8. Persimpangan dengan lampu lalu lintas.

Berdasarkan cakupannya, jenis kendali lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan dibedakan antara lain:

- a. Lampu lalu lintas terpisah (*isolated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya hanya didasarkan pertimbangan pada satu tempat persimpangan saja tanpa mempertimbangkan simpang lain yang terdekat.
- b. Lampu lalu lintas terkoordinasi (*coordinated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana perancangannya mempertimbangkan 16 nya, mencakup 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 mencakup beberapa simpang yang terdapat dalam suatu jaringan jalan dalam suatu kawasan.

Berdasarkan pengoperasiannya, jenis kendali *traffic light* pada persimpangan dibagi atas tiga bagian, yaitu:

- a. *Fixed time traffic signal*: yaitu pengoperasian *traffic light* dimana pengaturan waktunya (*setting time*) tidak mengalami perubahan (tetap). Pada tipe ini panjang siklus fase, waktu hijau, waktu kuning, waktu merah dan perubahan interval telah diatur menurut selang waktu tertentu. Tipe ini merupakan bentuk pengendalian *traffic light* yang paling umum digunakan di Indonesia.
- b. *Semi actuated traffic signal*: pada tipe digunakan peralatan deteksi yang diletakkan hanya pada jalan minor. *Traffic light* telah diatur sedemikian rupa, sehingga jalan mayor selalu mendapat indikasi warna hijau selama tidak diterima isyarat dari jalan minor maka waktu hijau diterima untuk jalan minor adalah waktu yang paling lama sebesar waktu maksimum yang telah ditentukan.
- c. *Fully Actuated traffic signal*: yaitu pengoperasian *traffic light* dimana pengaturan waktunya (*setting time*) mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai dengan kedatangan kendaraan (*demand*) dari berbagai pendekat/kaki simpang (*approaches*).

2.4. Lalu Lintas

Pengertian lalu lintas menurut Muhammad Ali (2009:12) Menurut Muhammad Ali, lalu lintas adalah berjalan, bolak balik, perjalanan di jalan. Menurut Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 pasal 1, lalu lintas dijelaskan sebagai pergerakan kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan.

2.5. Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas menurut Arrang, AT dan Rangan, PR (2020), diperuntukkan untuk menggambarkan kondisi lalu lintas secara terukur yang berkaitan dengan beberapa variabel berupa arus atau volume, kecepatan dan kepadatan. Definisi arus / volume (V) lalu lintas adalah jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang melalui suatu potongan melintang jalan dalam satuan waktu tertentu (Putranto 2016).

2.6. Volume Lalu Lintas

Volume Lalu Lintas dapat didefinisikan sebagai jumlah kendaraan suatu ruang atau lalu lintas yang dihitung berdasarkan satuan hitung volume. Satuan volume lalu lintas umum yang terkait dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah:

- a. Volume Lalu Lintas.
- b. Waktu Siklus.
- c. Kapasitas Ruas Jalan

Perhitungan volume lalu lintas pada penelitian ini berdasarkan jenis kendaraannya antara lain:

- a. Truck Besar (LT)
- b. Mobil penumpang atau kendaraan ringan (LV)
- c. Sepeda Motor (MC)
- d. Menengah Berat (MHV)
- e. Bis Besar (LB)

2.7. Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien (Khisty, 2003). Menurut Undang-Undang No. 22 Tahun 2009, lampu lalu lintas adalah lampu yang mengatur arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyebrangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat penyebrangan pejalan kaki. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan menggunakan lampu lalu lintas pada dasarnya dimaksudkan untuk mengatur pergerakan kendaraan pada masing-masing pendekat agar dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu arus yang ada. Kondisi geometrik dan lalu lintas (*demand*) akan berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja lalu lintas pada persimpangan. Oleh karena itu, perencana harus dapat merancang sedemikian rupa sehingga mampu mendistribusikan waktu kepada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan secara proporsional sehingga memberikan kinerja yang sebaik-baiknya.

Menurut MKJI (1997) optimasi lampu berdasarkan tundaan yang minimum. Sistem perlampuan lalu lintas menggunakan jenis lampu sebagai berikut:

- a. Lampu hijau (*green*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus bergerak maju.
- b. Lampu kuning (*Amber*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus melakukan antisipasi, apabila memungkinkan harus mengambil keputusan untuk berlakunya lampu yang berikutnya (apakah hijau atau merah).
- c. Lampu merah (*red*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus berhenti pada sebelum garis henti (*stop line*).

Dalam pengaturan sinyal *traffic light*, terdapat beberapa parameter, yaitu:

- a. Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (i = indeks untuk nomor fase).
- b. Waktu siklus adalah waktu untuk urutan lengkap dengan indikasi sinyal.
- c. Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat.
- d. Rasio hijau adalah perbandingan antara waktu hijau dan waktu siklus dalam suatu pendekat.
- e. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu dengan merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal berurutan.
- f. Waktu kuning adalah waktu dengan lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam suatu pendekat.
- g. Antar hijau adalah periode kuning + merah semua antar dua fase sinyal yang berurutan.
- h. Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.
- i. Sinyal diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam satu dimensi waktu

Lampu lalu lintas adalah semua peralatan yang menggunakan listrik (kecuali rambu) yang digunakan sebagai pengaturan, pengarahan, atau peringatan bagi pengemudi atau juga pejalan kaki dikelompokkan sebagai lampu lalu lintas (C. Jotin Khisty dan B. Knet Lall (2002: 284)). Secara umum, lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan berdasarkan alasan spesifik sebagai berikut :

1. Untuk mengurangi waktu tempuh rata-rata disuatu persimpangan, sehingga meningkatkan kapasitas.
2. Untuk menyeimbangkan kualitas pelayanan di seluruh aliran lalu lintas.
3. Untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.

Menurut Departemen Perhubungan (1996), kriteria persimpangan harus menggunakan lampu lalu lintas adalah :

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan rata-rata diatas 750 kendaraan/jam selama 8 jam dalam sehari
2. Atau bila waktu menunggu/tundaan rata-rata kendaraan di persimpangan telah melampaui 30 detik;
3. Atau persimpangan digunakan oleh rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam dalam sehari;
4. Atau sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan; atau merupakan kombinasi dari sebab - sebab yang disebutkan di atas.

2.8. Sistem Kerja Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas bekerja secara otomatis dengan menggunakan sistem yang disebut ATCS (*Automatic Traffic Light Control System*). Sistem ini digunakan dalam rangka mengatasi kemacetan lalu lintas. Namun, dengan terus meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, maka dikembangkanlah system ATCS yang dapat bekerja menentukan lama penyalan dari lampu hijau secara otomatis berdasarkan distribusi kepadatan setiap kendaraan.

Sistem ini mengontrol lampu lalu lintas otomatis dengan menggunakan kamera berbasis mikrokontroller. Kamera tersebut juga digunakan sebagai pengamat kepadatan kendaraan pada suatu persimpangan. Hasil pengamatan tersebut akan diolah oleh computer sehingga diperoleh persentase data kepadatan pada setiap jalur di persimpangan yang terdapat lampu lalu lintas.

2.9. Durasi Lampu Lalu Lintas

Durasi lampu lalu lintas dan skenario nyala lampu lalu lintas diatur dengan lama durasi sekitar 30 detik lampu hijau untuk masing-masing jalur. Durasi nyala dari masing-masing lampu diatur secara bergiliran. Pada saat posisi simpang 1 lampu hijau, maka simpang 2 lampu kuning dan simpang

3 dan 4 lampu merah. Saat simpang 2 lampu hijau, simpang 3 lampu kuning dan simpang 1 dan 4 lampu merah. Saat simpang 3 lampu hijau, simpang 4 lampu kuning, dan simpang 1 dan 2 merah. Saat simpang 4 lampu hijau, simpang 1 lampu kuning, dan simpang 2 dan 3 lampu merah dan begitu seterusnya.

1. Pengaturan Fase

Pemisahan berdasarkan waktu untuk menghindari atau mengurangi adanya konflik baik primer maupun sekunder dikenal dengan istilah pengaturan fase. Pengaturan fase harus dilakukan analisis terhadap kelompok pergerakan kendaraan dari seluruh yang ada sehingga terwujud:

- a. Pengurangan konflik baik primer maupun sekunder.
- b. Urutan yang optimum dalam pergantian fase.
- c. Mempertimbangkan waktu pengosongan (*clearance time*) pada daerah persimpangan.

Pengaturan antar fase diatur dengan jarak waktu penyela atau waktu jeda supaya terjadi kelancaran ketika pergantian antar fase. Istilah ini disebut dengan waktu antar hijau (*intergreen*) yang berfungsi sebagai waktu pengosongan (*clearance time*). Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua (*all red*). Waktu antar hijau bertujuan untuk :

- a. Waktu kuning: peringatan bahwa kendaraan akan berangkat maupun berhenti. Besaran waktu kuning ditetapkan berdasarkan kemampuan seorang pengemudi untuk dapat melihat secara jelas namun singkat sehingga dapat sebagai informasi untuk ditindaklanjuti dalam pergerakannya. Penentuan ini biasanya ditetapkan sebesar tiga detik dengan anggapan bahwa waktu tersebut sudah dapat mengakomodasi ketika terjadi kedipan mata.
- b. Waktu semua merah: untuk memberikan waktu pengosongan (*clearance time*) sehingga resiko kecelakaan dapat dikurangi. Hal ini dimaksudkan supaya akhir rombongan kendaraan pada fase sebelumnya tidak berbenturan dengan awal rombongan kendaraan

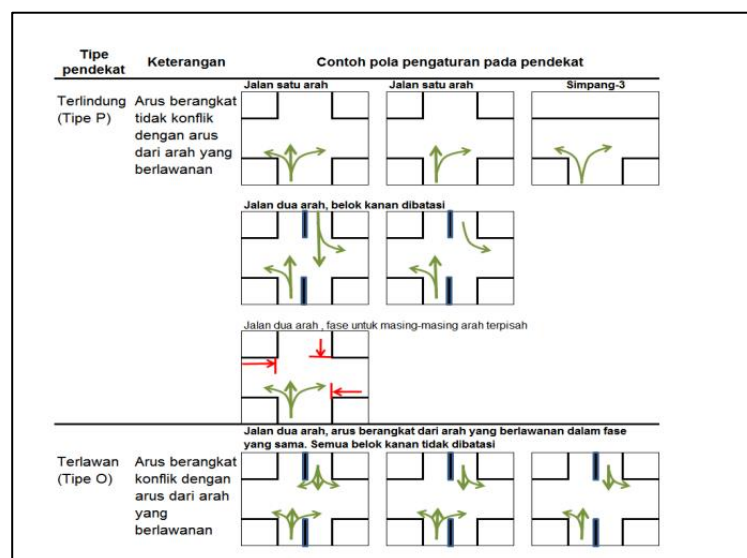
fase berikutnya. Besaran waktu semua merah sangat tergantung pada kondisi geometrik simpang sehingga benar-benar cukup untuk sebagai *clearance time*.

Tabel 2. Nilai Normal Waktu Antar Hijau.

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata (m)	Nilai <i>Lost Time</i> (LT) (detik/fase)
Kecil	6-9	4
Sedang	10-14	5
Besar	>15	>6

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

2.10. Geometrik pada Simpang



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 9. Penentuan tipe pendekat.

Geometriki diperuntukkan untuk menentukan ukuran dari sebuah bangun atau ruang. Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri dari lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Gerakan yang berlawanan dengan menyilang (*crossing*) maka disebut dengan istilah *Protected* (P) dan sebaliknya disebut dengan istilah *Opposite* (O).

Berikut penentuan setiap lebar efektif (L_E) dari setiap pendekat berdasarkan lebar pendekat (L_a), lebar masuk (L_M) dan lebar keluar (L_K) :

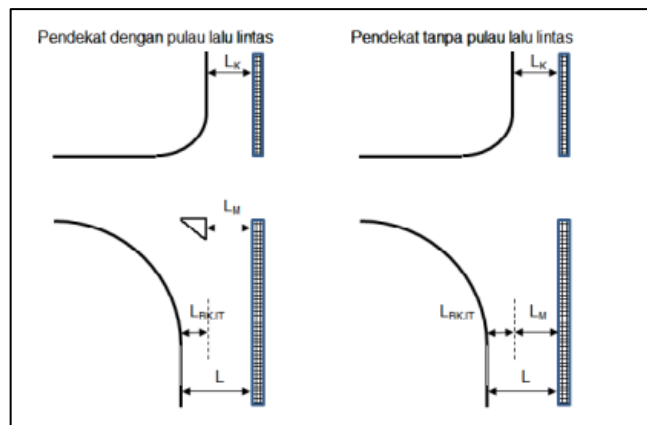
- a. Pendekat tanpa belok kiri langsung ($L_{RK.IT}$)

Lebar keluar hanya untuk pendekat tipe P yang diperiksa, jika

$$L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKiT})$$

- b. Pendekat dengan belok kiri langsung (L_{BKiT})

$$L_M = L_A - L_{BKiT}$$



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 10. Pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas.

2.11. Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan lalu lintas adalah ukuran atau volume kendaraan yang melewati jalan di daerah tertentu dengan arus kendaraan yang bervariasi di saat jam-jam tertentu dinyatakan dalam per jam per kilometer (Heni Yustianingsih dan Istianah, 2017). Kepadatan lalu lintas atau yang bisa kita sebut dengan kemacetan juga kadang terjadi bukan pada jam-jam sibuk. Banyak faktor pemicu terjadinya kemacetan lalu lintas pada zaman sekarang ini. Selain faktor jam sibuk, ada juga pembenahan jalan, kecelakaan lalu lintas dan lain-lain yang dapat jadi pemicu kepadatan lalu lintas.

2.12. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 2014

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014) atau disingkat PKJI adalah sebuah buku manual atau panduan yang digunakan untuk menghitung

kapasitas dan perilaku lalu lintas di segmen-segmen jalan (mikro) di Indonesia, sehingga tidak dapat digunakan untuk melihat atau menganalisis kinerja jaringan jalan secara makro. Pedoman ini disusun dalam upaya memutakhirkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997 (MKJI'97) yang telah digunakan lebih dari 12 tahun sejak diterbitkan. Metode perhitungan persimpangan yang disediakan berupa formulir isian SIS I sampai dengan SIS V. berikut tiap-tiap isian formulir SIS adalah sebagai berikut :

- a. SIS I, berisi penyiapan data geometrik, pengaturan lalu lintas, dan lingkungan;
- b. SIS II, untuk penyiapan data arus lalu lintas
- c. SIS III, untuk menghitung A_H dan H_H ;
- d. SIS IV, untuk menghitung waktu isyarat (c , H , M , K) dan C ;
- e. SIS V, untuk menghitung P_A , N_{KH} , dan tundaan T

2.13. Metode perhitungan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

2.13.1. Langkah A : Menetapkan Data Masukan

Data masukan terdiri dari data geometrik, pengaturan lalu lintas, dan kondisi lingkungan jalan, serta data lalu lintas.

- a) Langkah A.1 : Data Geometrik, pengaturan arus lalu lintas, dan kondisi lingkungan simpang APILL.

Gunakan Formulir SIS-I, lengkapi data Simpang dengan tanggal, bulan, tahun, nama kota, nama simpang (nama ruas jalan mayor - nama ruas jalan minor), ukuran kota, periode data lalu lintas, serta nama personil yang menangani kasus ini. Buat sketsa fase APILL, meliputi pergerakan lalu lintas dari pendekat pada tiap-tiap fase, cantumkan H , A_h , c , dan H_H Untuk pendekat yang melayani BKIJT, beri keterangan pada pendekat tersebut dengan menuliskan BKIJT serta arah arusnya. Buat sketsa geometrik simpang, posisi pendekat, pulau jalan (jika ada), garis henti, marka (pembagi lajur, *zebra cross*, penunjuk arah), lebar pendekat (m), pemberhentian kendaraan umum, akses sepanjang pendekat (jika ada), panjang lajur yang terbatas (misal pada lajur khusus belok kanan atau belok kiri), dan arah Utara.

Jika desain simpang dan fase belum ada, buat sketsa desain dan fase awal.

Tuliskan data-data kondisi lingkungan, hambatan samping, kelandaian pendekat, dan jarak ke kendaraan parkir pada tiap-tiap lengan pendekat, pada tabel isian di bawah sketsa geometrik simpang. Tuliskan kode untuk setiap pendekat, kode tersebut berdasarkan arah kompas (misal U untuk pendekat arah utara, B untuk Barat, dst.). satu lengan simpang dapat memiliki lebih dari satu pendekat yang dibatasi oleh pemisah lajur, masing-masing dapat memiliki fase yang berbeda, pengkodeannya dilakukan dengan indeks (misal Utara 1 (U1), Utara 2 (U2), dst.). Hal-hal lain (jika ada yang mempengaruhi terhadap kapasitas agar dicatat.

b) Langkah A.2 : Data kondisi arus lalu lintas

Formulir yang digunakan pada langkah ini adalah formulir SIS-II.

Data arus meliputi :

- Arus lalu lintas per jenis kendaraan bermotor dan tak bermotor ($q_{KR}, q_{KB}, q_{SM}, q_{KTb}$) dengan distribusi gerakan LRS, BKa, dan BKi. Tuliskan data arus ini pada masing - masing pendekat (U,S,T,B) ataupun sub-pendekat (U1,U2,dst.).
- Konversikan arus kedalam satuan skr/jam. Gunakan nilai ekr pada Tabel berikut ini :

Tabel 3. Nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan

Jenis Kendaraan	ekr untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
KR	1	1
KB	1,3	1,3
SM	0,15	0,4

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

- Rasio arus kendaraan belok kiri (R_{BK_i}) dan rasio arus belok kanan (R_{BK_a}) untuk masing – masing pendekat.

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

dimana,

R_{BK_i} = Rasio arus kendaraan belok kiri (skr/jam)

Q_{BK_i} = Arus lalu lintas belok kiri (skr/jam)

Q_{Total} = Arus lalu lintas total (skr/jam)

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

dimana,

R_{BK_i} = Rasio arus kendaraan belok kanan (skr/jam)

Q_{BK_i} = Arus lalu lintas belok kanan (skr/jam)

Q_{Total} = Arus lalu lintas total (skr/jam)

- Rasio kendaraan tak bermotor (R_{KTB}) untuk masing-masing pendekatan

$$R_{KTB} = \frac{Q_{KTB}}{Q_{KTB} + Q_{KBT}}$$

dimana,

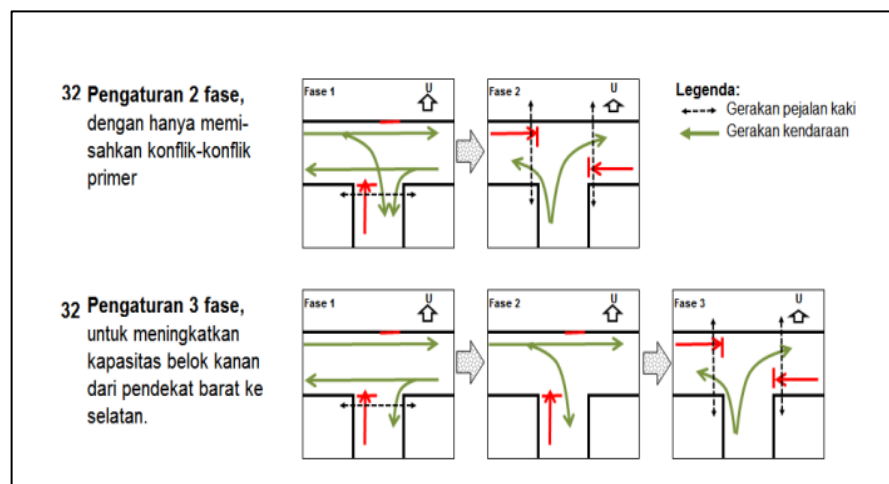
R_{KTB} = Rasio kendaraan tak bermotor (skr/jam)

Q_{KTB} = Arus kendaraan tak bermotor

2.13.2. Langkah B : Menetapkan Penggunaan Isyarat

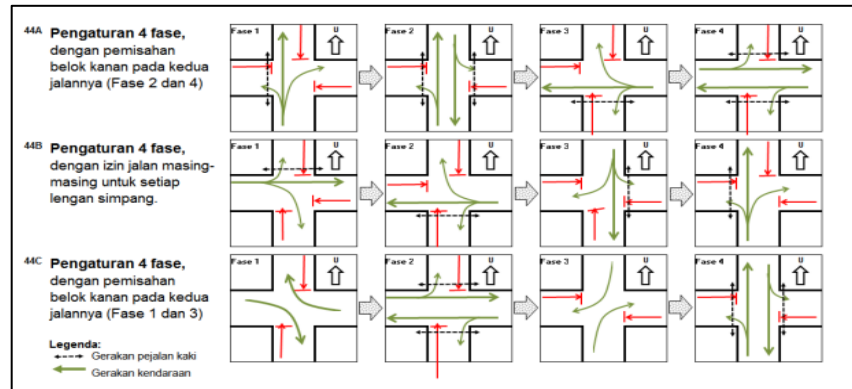
a) Langkah B.1 : Fase Sinyal

Berikut gambar – gambar yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan pengaturan fase yang digunakan.



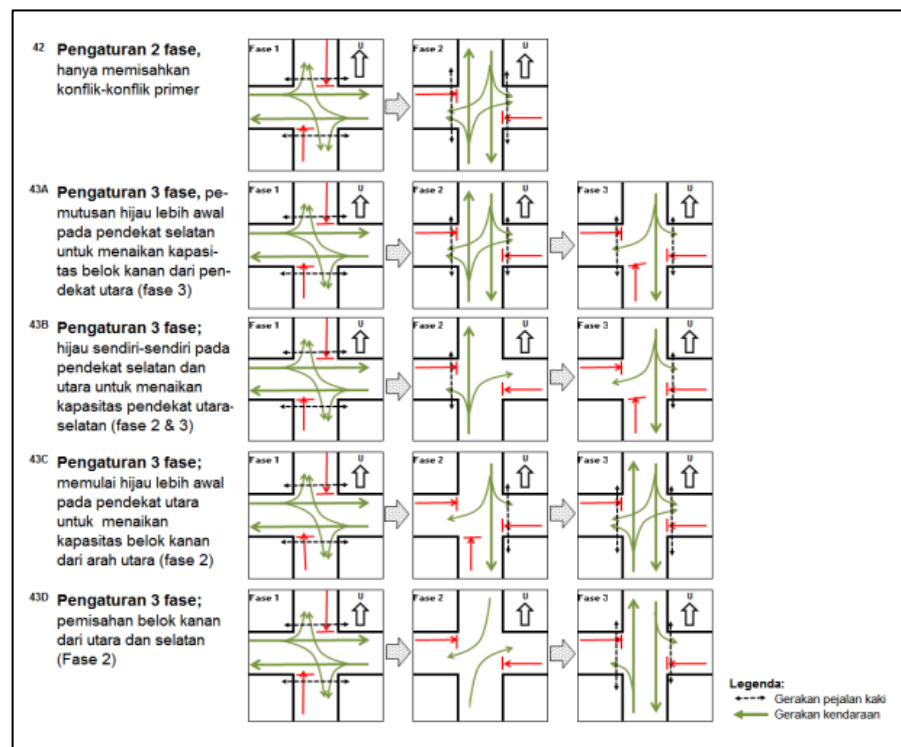
Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 11. Tiipikal pengaturan fase APILL pada simpang 3.



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 12. Tipikal pengaturan fase APILL pada simpang 4 dengan 4 fase.



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 13. Tipikal pengaturan fase APILL pada simpang 4 dengan 2 dan 3 fase, khususnya pemisahan pergerakan belok kanan (4A, 4B, 4C).

b) Langkah B.2 : Waktu antar hijau dan waktu hilang

Menghitung waktu isyarat merah semua (M_{semua}), A_H per fase, dan H_H .
formulir kerja untuk langkah ini adalah SIS-III.

$$M_{\text{semua}} = \text{Max} \left\{ \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}, \frac{L_{PK}}{V_{PK}} \right\}$$

dimana,

L_{KBR} , L_{KDT} , L_{PK} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat, kendaraan yang datang, dan pejalan kaki (m)

L_{KBR} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{KBR} , V_{KDT} , V_{PK} = Kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat, kendaraan datang, dan pejalan kaki (m/det)

$$H_H = \sum_i (M_{\text{semua}} + K)_i$$

dimana,

H_H = waktu hijau hilang total (detik)

K = waktu isyarat kuning (detik)

2.13.3. Langkah C : Menentukan waktu APILL

Formulir yang digunakan untuk penentuan waktu APILL adalah formulir SIS-IV

a) Langkah C.1 : Tipe Pendekat

- Identifikasi setiap pendekat ada pada sub bab 2.10 gambar 8.
- tentukan nomor sebagai identitas fase untuk masing-masing fase, sesuai urutan fase yang akan digunakan dalam analisis.
- Buatlah sketsa yang menunjukkan arah arus masing-masing
- Tuliskan dalam sketsa, besarnya q_{LRS} , q_{BKa} , dan q_{BKd} dalam satuan skr/jam untuk masing-masing pendekat (distribusi arus lalu lintas tiap lengan pendekat)
- Buat sketsa pergerakan arus masing-masing fase.

- Tuliskan kode pendekat berdasarkan mata angin yang konsisten dengan yang dicantumkan pada Formulir SIS-I. Untuk pendekat yang memiliki pergerakan arus lalu lintas lebih dari satu, tuliskan kode sub-pendekatnya.
- Beri keterangan pada kolom sebelahnya, tiap-tiap kode pendekat dan sub-pendekat hijau dalam fase ke berapa sesuai dengan ketentuan yang telah dibuat sebelumnya.
- Tentukan tipe arus pada setiap pendekat, terlindung (P) atau terlawan (O). Gunakan Gambar 8 sebagai referensi.
- Masukkan nilai rasio kendaraan berbelok (RBKi / RBKiJT dan RBKa) untuk setiap pendekat berdasarkan perhitungan dalam Formulir SIS-II.
- Untuk pendekat yang bertipe O, masukkan besar qBKa dari pendekat yang ditinjau dan qBKa dari pendekat arah yang berlawanan (skr/jam).

b) Langkah C.2 : Lebar pendekat efektif

Penentuan lebar pendekat efektif berdasarkan L, LM, dan LK yang terdapat pada Formulir SIS-I, adapun ketentuan-ketentuan dalam penetapan besaran nilainya harus berdasarkan penjelasan mengenai penentuan LE dalam sub bab 2.10. Masukkan nilai LE yang telah ditetapkan kedalam Formulir SIS-IV sesuai dengan arah pendekat dan fase pergerakannya.

c) Langkah C.3 : Arus jenuh dasar

Tentukan arus jenuh dasar (S_0) untuk setiap pendekat dengan ketentuan yang telah dijelaskan sebagai berikut :

- Arus jenuh (S , skr/jam) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. S_0 adalah S pada keadaan lalu lintas dan geometrik yang ideal, sehingga faktor-faktor penyesuaian untuk S_0 adalah satu. S dirumuskan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (2.6)$$

dimana,

F_{HS} = faktor penyesuaian S_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan

F_{UK} = faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota

F_G = faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang Pendekat

F_P = faktor penyesuaian S_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama

F_{BK_i} = faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri

F_{BK_a} = faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

- Arus jenuh dasar dapat diartikan yaitu pergerakan kendaraan tanpa konflik yang terjadi saat waktu hijau pada fase yang sama. Arus jenuh dasar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_0 = 600 \times L_E \quad (2.7)$$

Dengan :

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

L_E = Lebar jalan efektif (meter)

d) Langkah C.4 : Faktor Penyesuaian

- Faktor penyesuaian untuk ukuran kota (F_{UK})

Tabel 4. Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
<0,1	0,82
0,1-0,5	0,83
0,5-1,0	0,94
1,0-3,0	1
>3	1,05

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

- Faktor penyesuaian akibat hambatan samping(F_{HS})

Tabel 5. Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,8	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,9	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,9	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,8	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas	tinggi/sedang/rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Tabel 6. Data penduduk Kota Bandar Lampung.

Data Penduduk Kota Bandar Lampung			Jumlah Penduduk
Tahun	Pria	Wanita	
2019	528.804	522.696	1.051.500
2020	594.292	571.774	1.166.066
2021	603.532	581.417	1.184.949

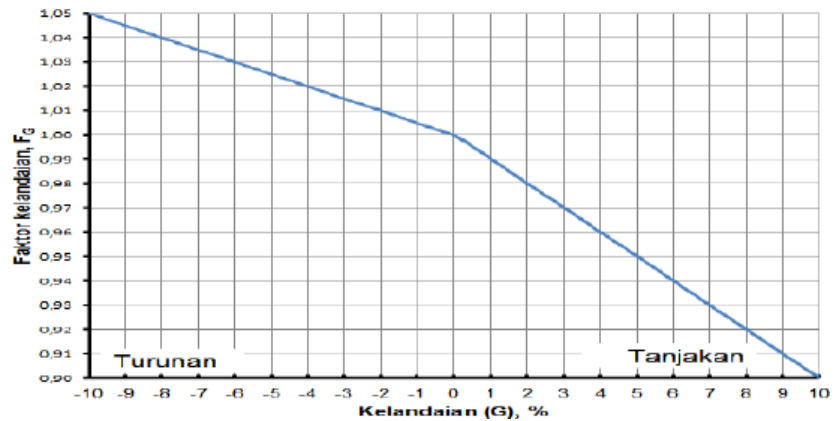
Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung

- Faktor penyesuaian kelandaian jalur pendekat (F_G)

Tabel 7. Faktor penyesuaian kelandaian jalur pendekat

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

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 19. Faktor penyesuaian untuk kelandaian ((F_G)

- Faktor penyesuaian akibat gangguan kendaraan parkir pada jalur pendekat (F_P)

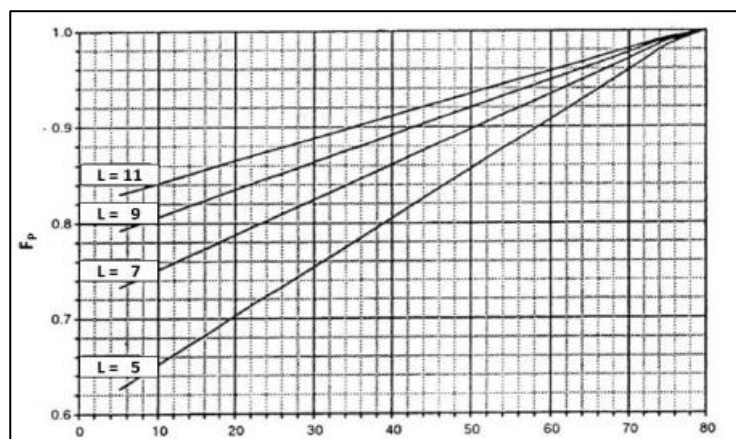
$$F_P = \frac{\left[\frac{L_P}{3} - \frac{(L-2) \times \left(\frac{L_P}{3} - g \right)}{L} \right]}{H}$$

dimana,

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

L = lebar pendekat (m)

H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 26 detik)



Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014

Gambar 20. Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_P)

- Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa})

Nilai faktor penyesuaian belok kanan hanya bisa digunakan untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Berikut persamaan menghitung faktor penyesuaian belok kanan :

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

Dimana :

F_{BKa} = Faktor penyesuaian belok kanan

R_{BKa} = Rasio kendaraan belok kanan

- Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKl})

Nilai faktor penyesuaian belok kiri hanya bisa digunakan untuk pendekat tipe P, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Berikut persamaan menghitung faktor penyesuaian belok kiri :

$$F_{BKl} = 1,0 - R_{BKl} \times 0,26$$

Dimana :

F_{BKl} = Faktor penyesuaian belok kiri

R_{BKl} = Rasio kendaraan belok kiri

- Arus jenuh yang telah disesuaikan

Setelah mendapatkan nilai S_0 dan menetapkan besaran faktor-faktor penyesuaian, tentukan S dengan menggunakan persamaan (2.6)

e) Langkah C.5 : Rasio arus per arus jenuh ($R_{Q/S}$)

- Perhitungan selanjutnya menghitung rasio arus jenuh pada masing-masing pendekat dengan rumus sebagai berikut :

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S}$$

dimana,

$R_{Q/S}$ = Rasio arus

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

- Hitung rasio arus simpang (R_{AS})

$$R_{AS} = \sum_i (R_{Q/S \text{ kritis}})_i$$

Hitung rasio fase (R_F)

$$R_F = \frac{R_{Q/S \text{ kritis}}}{R_{AS}}$$

f) Langkah C.6 : Waktu siklus dan waktu hijau

$$c = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{Q/S \text{ kritis}}}$$

dimana,

c = waktu siklus (detik)

H_H = waktu hijau hilang total (detik)

$R_{Q/S}$ = Rasio arus

$R_{Q/S \text{ kritis}}$ = Nilai $R_{Q/S}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama

$\sum R_{Q/S \text{ kritis}}$ = rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{Q/S \text{ kritis}}$ dari semua fase) pada siklus tersebut

2.13.4. Langkah D : Kapasitas

Langkah ini meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekat dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi. Formulir kerja untuk langkah D adalah Formulir SIS-IV.

a) Kapasitas dan derajat kejenuhan

- Kapasitas Simpang APILL (C) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = S \times \frac{H}{c}$$

C = kapasitas simpang APILL (skr/jam)

S = arus jenuh (skr/jam)

H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik)

c = waktu siklus (detik)

- $D_j = \frac{Q}{C}$ dimana,

D_j = Derajat kejenuhan

Q = Arus jenuh lalu lintas (skr/jam)

C = Kapasitas (skr/jam)

2.13.5. Langkah E : Tingkat Kinerja Lalu Lintas

Meliputi penentuan tingkat kinerja lalu lintas pada simpang APILL dengan mengevaluasi panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti, dan tundaan. Formulir kerja untuk langkah E adalah Formulir SIS-V.

a) Langkah E.1 : Panjang antrian, PA

Panjang antrian dilakukan perhitungan guna mengetahui seberapa panjang antrian kendaraan pada suatu segmen jalan. Berikut rumus perhitungan panjang antrian :

- Untuk $D_j > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{C}} \right] \quad (2.17)$$

dimana,

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

D_j = derajat kejenuhan

R_h = Rasio hijau

C = kapasitas (skr/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau
($S \times R_h$)

- Untuk $DS < 0,5$

$$NQ_1 = 0$$

Selanjutnya, melakukan perhitungan jumlah atrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$NQ_2 = c \times \frac{1-R_h}{1-R_h \times D_j} \times \frac{Q}{3600}$$

dimana,

- NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah
 D_j = derajat kejenuhan
 R_h = Rasio Hijau
 c = waktu siklus (det)
 Q = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (skr/jam)

Lalu totalkan NQ_1 dan NQ_2 untuk mendapatkan jumlah antrian total.

$$NQ_{\text{total}} = NQ_1 + NQ_2$$

- Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian NQ (skr) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr) yaitu 20m², dibagi lebar masuk (m). berikut rumusnya

$$PA = N_Q \times \frac{20}{L_M}$$

b) Langkah E.2 : Jumlah kendaraan terhenti

Angka henti pada masing-masing pendekat dapat diartikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp, termasuk berhenti berulang dalam antrian. Berikut rumus perhitungan angka henti :

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

dimana,

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu lintas (skr/det)

Lalu menghitung jumlah kendaraan terhenti masing-masing pendekat.

$$N_H = Q \times R_{KH} \text{ (skr/jam)}$$

dimana,

N_H = jumlah kendaraan terhenti

R_{KH} = angka henti (skr/jam)

Selanjutnya, menghitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total.

$$NS_{\text{tot}} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{\text{tot}}}$$

c) Langkah E.3 : Tundaan

- Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_L), dan tundaan geometrik (T_G). Hitung tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (T_L) akibat pengaruh timbal balik antara gerakan-gerakan lainnya pada simpang menggunakan persamaan berikut.

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c}$$

dimana,

T_L = Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (skr/jam)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

R_H = Rasio waktu hijau

D_j = Derajat kejenuhan

- Hitung tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (T_G) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

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

dimana,

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat

R_{KH} = rasio kendaraan henti

- Hitung tundaan geometrik untuk gerakan lalu lintas pada B_{KIIT}
- Hitung tundaan rata-rata akibat lalu lintas dan geometrik (det/skr)
- Hitung tundaan total dengan mengalikan tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas (detik)

- Hitung tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (T_I) dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{Total}) dalam skr/jam.

$$T_I = \frac{\sum(Q \times T)}{Q_{tot}}$$

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat, demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

2.14. Tingkat Pelayanan (*Level of Services*)

Tingkat pelayanan (*level of services*) suatu ruas jalan adalah perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan. Pada kecepatan tinggi, volume lalu lintas pasti rendah, sebaliknya pada volume tinggi, kecepatan akan menurun. (Dipahada dkk., 2014).

LoS dapat ditentukan oleh berbagai jumlah lalu lintas, seperti kepadatan, kecepatan, rasio volume terhadap kapasitas, dan laju aliran layanan maksimum. LoS jalan raya dapat ditentukan dengan interval skala rasio volume terhadap kapasitas (V/C), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8. Rasio V/C dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$V/C = N_v / N_{max}$$

dimana,

$$V/C = \text{Volume per kapasitas}$$

$$N_v = \text{volume rata-rata spasial}$$

$$N_{max} = \text{jumlah maksimum kendaraan yang dapat ditampung suatu ruas jalan}$$

$$N_{max} = (L_s/L_v) \times N_l$$

Dimana,

$$L_s = \text{panjang segmen jalan spasial}$$

$$L_v = \text{panjang kendaraan rata-rata}$$

$$N_l = \text{jumlah lajur}$$

Tabel 8. Tingkat layanan (LOS) *Level Of Service*.

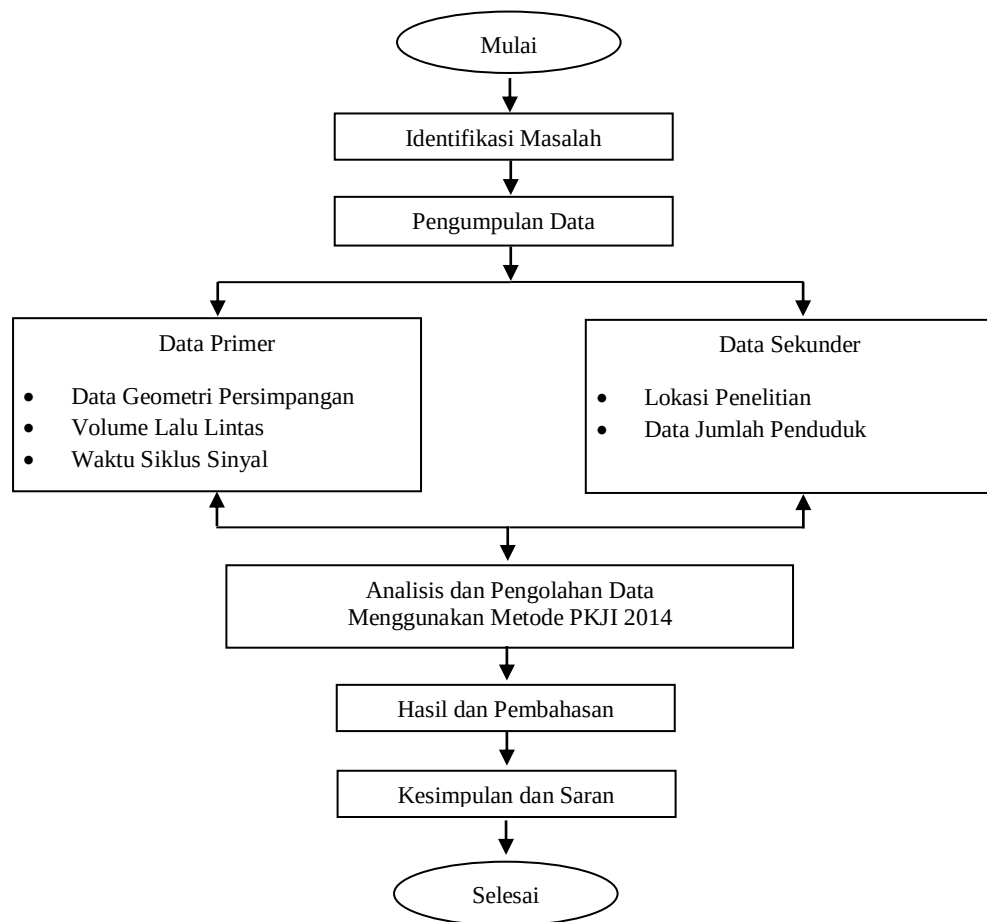
No	Tingkat Pelayanan	Tundaan Per Kendaraan
		(det/kend)
1	A	<10
2	B	>10 dan <20
3	C	>20 dan <35
4	D	>35 dan <55
5	E	>55 dan <80
6	F	>80

Sumber : *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014)*

III. METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan studi pustaka yang sudah tertera pada bab sebelumnya, maka dalam memudahkan pembahasan dan analisis, dibuat bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 21. Bagan Alur Penelitian.

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode penelitian survei lalu lintas. Hal ini dilakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian yaitu di simpang Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo- Jalan Endro Suratmin. Pada penelitian ini, memerlukan alat bantu untuk mencari data-data penelitian di lapangan berupa *stopwatch*, *roller meter* atau meteran, dan *counter hand*. Objek yang diliput berupa

geometri jalan, tingkat volume lalu lintas, siklus lampu lalu lintas, dan tingkat pelayanan lalu lintas. Waktu survei penelitian ini direncanakan pada jam-jam puncak hari kerja. Di pagi hari pukul 06.30 s.d. 08.30 WIB, di siang hari pukul 11.00 WIB s.d. 13.00 WIB, dan di sore hari pukul 16.00 WIB s.d. 18.00 WIB.

3.2. Pengumpulan Data

Ada dua jenis data penelitian yang cari, yaitu :

1) Data Primer

Data primer pada penelitian ini meliputi data volume kendaraan yang melintas, data kecepatan kendaraan, data waktu siklus lampu lalu lintas, data geometri jalan, dan kondisi lingkungan simpang.

a) Volume Kendaraan

Volume kendaraan diperoleh dengan menghitung jumlah kendaraan yang melintasi 4 ruas jalan di persimpangan yaitu Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta), Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Endro Suratmin, dan terusan Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta), Kota Bandar Lampung. Data ini digunakan untuk menghitung rasio perbandingan dengan kapasitas ruas jalan, lebar jalan, lebar median jalan serta lebar trotoar jalan.

Pengelompokkan jenis kendaraan berdasarkan PKJI 2014 :

- Sepeda Motor (SM) : Sepeda motor dan Becak Motor
- Kendaraan Ringan (KR) : Mobil, Angkutan umum, dan *Pickup*
- Kendaraan Sedang (KS) : Bus dan Truk
- Kendaraan tak bermotor (KTB) : Sepeda dan Becak dayung.

Mencatat arah pergerakan kendaraan, seperti belok kiri (Bki), lurus (Lrs), dan belok kanan (Bka) Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu selama waktu tertentu. Dari hasil pengamatan yang telah didapatkan, maka diambil data yang paling tinggi tingkat volume lalu lintasnya.

b) Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan yang akan diteliti adalah kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor. Data diambil dengan cara menghitung perbandingan jarak dengan waktu. Percobaan dilakukan dengan cara mengukur jarak 5 meter dari lampu merah dan saat pengendara melakukan pengereman lampu merah. Data ini sangat penting untuk memberi tahu seberapa efektif tundaan dalam mengurangi kecepatan kendaraan dan perhitungan siklus lampu lalu lintas.

c) Siklus Lampu Lalu Lintas

Data siklus lampu lalu lintas didapat dari pengolahan data menggunakan metode dari PKJI Tahun 2014 dengan memperhatikan parameter kinerja dari derajat kejenuhan, antrian, waktu siklus dan tundaan. Data ini sangat penting untuk menghitung waktu yang efektif dalam mengurai atau mengurangi tingkat antrian kendaraan pada saat di area lampu lalu lintas.

d) Data Geometrik Jalan

Data geometrik jalan mencakup tipe simpang yang diteliti, tipe jalan, lebar jalur, ada tidaknya median, lebar pendekat dan lebar masuk masing-masing ruas jalan.

e) Kondisi Lingkungan Simpang

Pendataan kondisi lingkungan ini dilakukan untuk menentukan tipe simpang, tipe lingkungan, hambatan samping, serta ukuran kota.

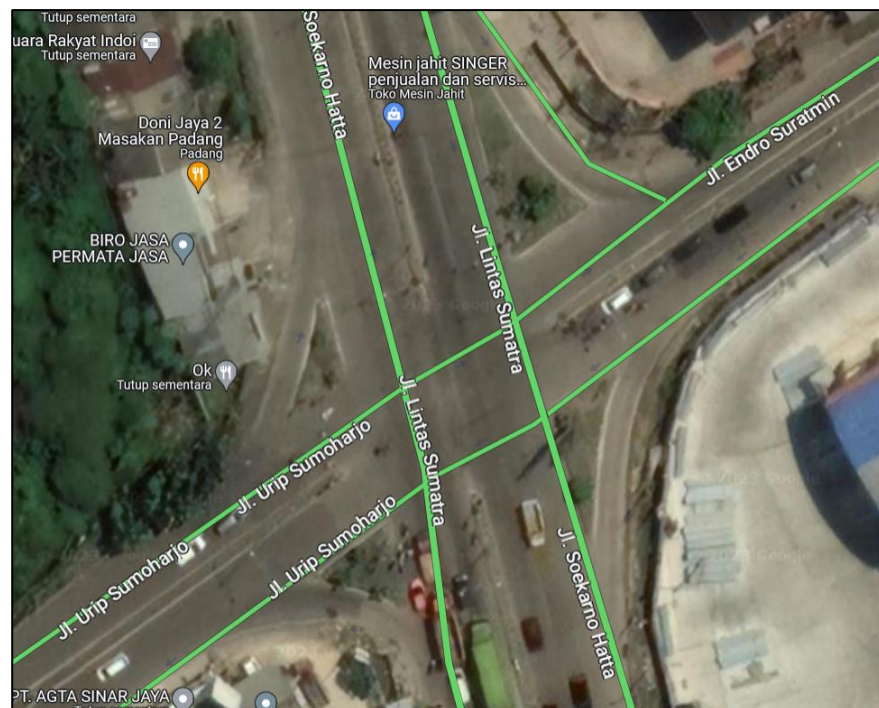
- Tipe simpang ditinjau dari jumlah lengan simpang, jumlah lajur, dan median jalan.
- Tipe lingkungan ditinjau dari tata guna lahan dan kegiatan disekitar simpang.
- Hambatan samping ditinjau dari kondisi lengan simpang, yang dapat mengganggu kelancaran lalu lintas seperti parkir, pedagang kaki lima, dan pejalan kaki.

- Ukuran kota ditinjau dari jumlah penduduk Kota Bandar Lampung, didapat dari BPS (Badan Pusat Statistik) Kota Bandar Lampung.

2) Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian meliputi data sensus penduduk yang didapat dari Badan Pusat Statistik Lampung yang tertera pada **tabel 5**. Lokasi penelitian dengan ditunjukkan peta jalan dengan bantuan *google maps*. Lokasi penelitian dilakukan di simpang Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno-Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo-Jalan Endro Suratmin, Kota Bandar Lampung.

Simpang ini merupakan tipe simpang empat. Berikut peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Sumber : Google Maps

Gambar 14. Lokasi Penelitian.

3.3. Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini, ada beberapa tahapan dalam pengambilan data, yaitu :

1. Menghitung data volume kendaraan yang melewati lokasi penelitian dengan cara mendata dengan mencatat manual atau aplikasi bantuan.
2. Mengukur data geometrik jalan dan objek penelitian seperti panjang, lebar, dan tinggi dengan menggunakan *Roller meter*.
3. Mengambil data kecepatan kendaraan saat lampu hijau dan lampu merah (kendaraan datang dan kendaraan keluar) penelitian.
4. Mengambil data waktu siklus lampu lalu lintas menggunakan *Stopwatch*.

3.4. Tenaga dan Peralatan

1. Tenaga (Surveyor)

Hal pertama yang harus dilakukan adalah survey pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui mengenai data-data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survey yang akan dipilih dan jam-jam sibuk/puncak (*peak hour*) dan juga kondisi lingkungan disekitar simpang. Adapun hal-hal yang berfungsi diadakan survey ini yaitu :

- Penempatan tempat/ titik lokasi survey yang memudahkan pengamat.
- Penentuan arah lalu lintas dan jenis kendaraan yang disurvei.
- Membiasakan para surveyor dalam menggunakan alat yang akan digunakan.
- Memahami kesulitan yang memungkinkan muncul pada pelaksanaan survei dan melakukan revisi sesuai dengan keadaan lapangan serta kondisi yang mungkin dihadapi.

Untuk memudahkan mendapatkan hasil survey yang baik, harus diadakan penjelasan kepada seluruh surveyor yang bersangkutan dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing, terdiri dari:

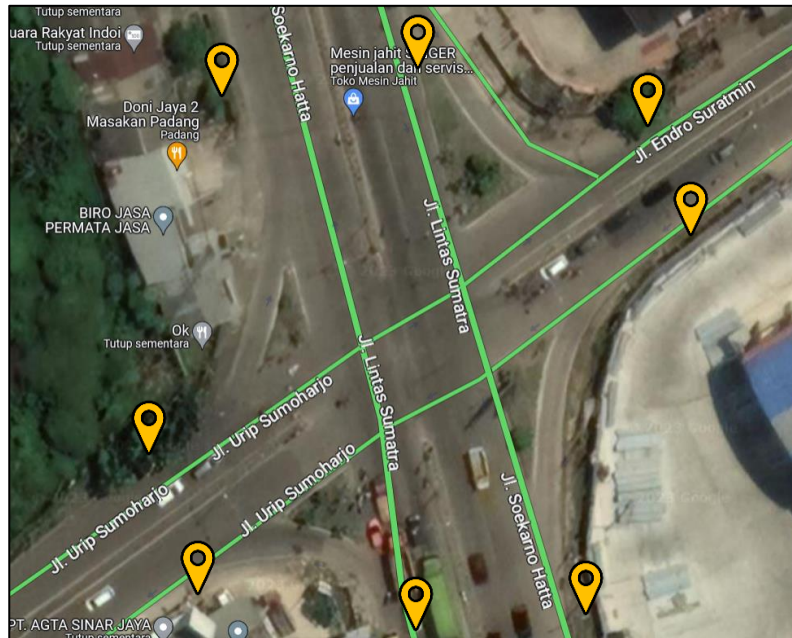
- Cara dan pengisian formulir penelitian terkait dengan arus lalu lintas yang dibagi dalam periode tertentu yaitu: 15 menit tiap periode selama 1 jam untuk setiap pengamat.

- Pembagian tugas, yang menyangkut pembagian arah dan jenis kendaraan bagi tiap surveyor sesuai dengan formulir yang dipegang.
- Mencatat waktu *traffic light* dan perubahan siklus yang terjadi selama 5 hari pengamatan

2. Penempatan Surveyor

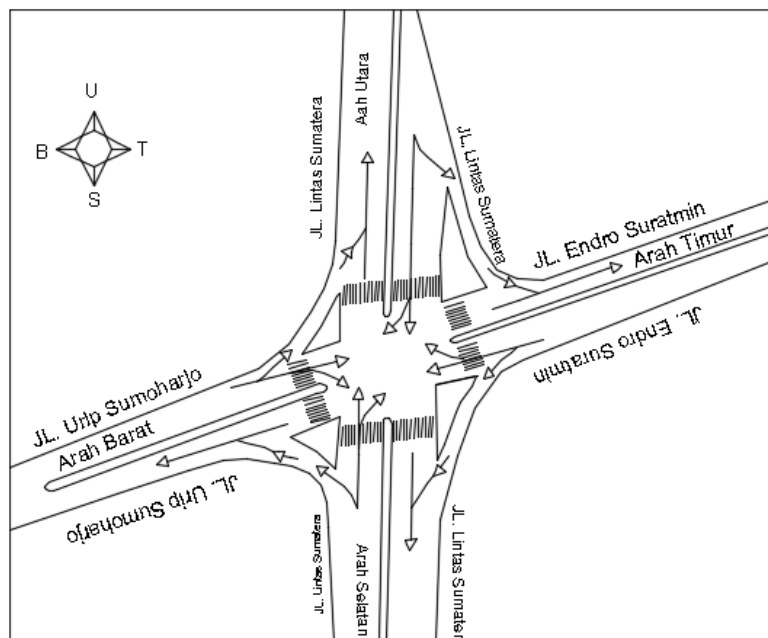
Penempatan surveyor dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal, yaitu:

- Arus Jenuh Pada saat awal Hijau, kendaraan membutuhkan beberapa waktu untuk memulai pergerakan dan kemudian sesaat setelah bergerak sudah mulai terjadi antrian pada kecepatan relatif normal.
- Waktu Hijau Efektif Merupakan lamanya waktu hijau tampilan sinyal dikurangi dengan kehilangan awal dan ditambah waktu hijau tambahan akhir.
- Waktu Siklus Waktu yang diperlukan untuk serangkaian fase dimana semua pergerakan dilakukan. Waktu siklus perlu dioptimumkan karena waktu siklus yang terlalu panjang akan mengakibatkan tundaan yang besar.
- Total Waktu Hilang Waktu hilang terjadi pada saat awal periode hijau berupa terlambatnya memulai pergerakan (*lost start*) dan pada saat akan berakhirnya periode kuning (*end lost*).
- Tundaan Perbedaan antara waktu perjalanan melintasi simpang dengan waktu perjalanan yang tanpa berhenti atau mengalami perlambatan akibat adanya sinyal lalu lintas pada persimpangan.



Sumber : Google Maps

Gambar 14. Titik Penempatan Surveyor.



Gambar 15. Sketsa Simpang 4 Jalan Lintas Sumatera (Jalan Soekarno Hatta)-Jalan Urip Sumoharjo-Jalan Endro Suratmin, Kota Bandar Lampung.

3. Peralatan Penelitian

Bila ingin memperoleh data yang akurat, perlu didukung peralatan yang lengkap dan baik. Peralatan yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut: Formulir penelitian jumlah kendaraan yang keluar dari simpang, untuk prosedur survey PKJI 2014. Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Formulir dari PKJI 2014 (SIS-I sampai SIS-V)
- b. Alat tulis
- c. Alat hitung
- d. Meteran
- e. *Stopwatch*
- f. *Role Meter*

3.5. Metode Analisis Data

Analisa data dilakukan berdasarkan data yang telah diperoleh. Selanjutnya dianalisis sesuai dengan prosedur PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia) tahun 2014.

1. Menetapkan Data Masukan

Data masukan terdiri dari data geometrik, pengaturan lalu lintas, dan kondisi lingkungan jalan, serta data lalu lintas.

- Langkah A.1 : Data Geometrik, pengaturan arus lalu lintas, dan kondisi lingkungan simpang APILL.
- Langkah A.2 : Data Kondisi Arus Lalu Lintas.

2. Menetapkan Penggunaan Isyarat

- Langkah B.1 : Fase Sinyal
- Langkah B.2 : Waktu antar Hujau dan Waktu Hilang

3. Menentukan Waktu APILL

- Langkah C.1 : Identifikasi Tipe Pendekat
- Langkah C.2 : Menentukan Lebar Pendekat Efektif
- Langkah C.3 : Menentukan Arus jenuh Dasar
- Langkah C.4 : Menentukan Faktor Penyesuaian
- Langkah C.5 : Menghitung Rasio arus per arus jenuh ($R_{Q/S}$)
- Langkah C.6 : menghitung Waktu Siklus dan Waktu Hijau

4. Menentukan Kapasitas

Langkah ini meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekat dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi.

5. Menentukan Tingkat Kinerja Lalu Lintas

- Langkah D.1 : Menghitung Panjang Antrian, PA
- Langkah D.2 : menghitung Jumlah Kendaraan Henti
- Langkah D.3 : Menghitung Tuundaan

6. Menghitung Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)

- Langkah E.1 : Menghitung Kepadatan
- Langkah E.2 : menghitung Kecepatan
- Langkah E.3 : Menghitung Rasio Volume Terhadap Kapasit

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai tiap fase pada simpang sebesar 157,08 detik, dengan waktu merah untuk fase 1 sebesar 112 detik, fase 2 sebesar 128 detik, fase 3 107 detik, dan fase 4 124 detik. Sedangkan waktu merah semua pada tiap pendekat sebesar 2 detik dengan waktu antar hijau (WAH) untuk setiap pendekat sebesar 6 detik.
2. Faktor – faktor penyebab terjadinya antrian :
Derajat kejenuhan (DJ) rata – rata simpang sebesar 1,86 skr/jam pada ketentuan PKJI $DJ > 1,00$. Hal itu dapat diartikan simpang Jln. Soekarno Hatta – Jln. Endro Suratmin – Jln. Urip Sumoharjo ini dalam kondisi simpang jenuh. Yang dimana di sebabkan oleh truk – truk besar keluar dari area pengisian bahan bakar (Pom Bensin), dan sering terjadi kemacetan di area perputaran.
3. Berdasarkan nilai tundaan rata – rata simpang sebesar 37,99 det/skr , maka tingkat pelayanan (*Level Of Service*) simpang bersinyal Jalan Soekarno Hatta – Jalan Endro Suratmin - Jalan Urip Sumoharjo di Kota Bandar Lampung pada PKJI 2014 dengan tingkat pelayanan D dengan deskripsi umumnya aliran mendekati arus stabil dengan kecepatan rendah.

5.2 Saran

1. Perlu adanya langkah nyata guna mengurangi masalah transportasi khususnya kinerja lalu lintas dan tingkat pelayanan yang terjadi pada saimpang empat Jl. Soekarno Hatta - Jl. Endro Suratmin – Jl. Urip Sumoharjo ini. Langkah yang harus dilakuka adalah membuat *Flyover* guna mengurangi kemacetan
2. Perlu adanya pengaturan ulang waktu siklus dan waktu sinyal untuk tiap

pendekat pada masing – masing simpang bersinyal untuk meminimalisir jumlah antrian kendaraan dari fase hijau sebelumnya pada tiap pendekat sehingga dapat meminimalisir waktu tundaan dan meningkatkan pelayanan simpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal.A.S, 2017, *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Empat Taman Dayu Kabupaten Pasuruan)*.
- Amir Sanjaya, dkk. *Perencanaan Traffic Light pada simpang*. Jurusan Teknik Sipil, UTAN.
- Anggi, Kurnia, 2013, *Kapasitas Simpang Bersinyal dan Drajat Kejuhanya*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikusaleh.
- BPS (Badan Pusat Statistik)2019, *Data Jumlah Penduduk Kabupaten Bandar Lampung*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. (PKJI 2014)*, Departemen Pekerjaan Umum Indonesia.
- Keputusan Bupati Ende NO65/KEP/HK/2015, Kawasan Perkotaan Kabupaten Ende.
- Kurniawan.M.R, dan Ardian.W.A, 2017, *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Raya Jemur Sari-Jalan Jemur Andayani Dengan Adanya Pembangunan Box Culvert*.
- Makaria. V. Robyanto,2019, *Analisis Kinerja Bersinyal Patung Kirab dan Simpang Bersinyal Kantor Gubernur NTT Menggunakan Vissim 8*.
- Mochammad Alvian Ariesta dkk. 2020. *Evaluasi Kinerja Persimpangan Bersinyal JL. Jend. Ahmad Yani Kota Bekasi*. Universitas Brawijaya. Jawa Timur
- Morlok, E. K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Nova Indrawan, Faizul Chasanah. 2020. *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jalan Letjen Suprpto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tahan Air*. Universitas Islam Indonesia. D.I Yogyakarta.
- Permenhub No.49 tahun 2005. *Tentang system transportasi Nasional*.
- Ramadhani. Febriana, Sutrisno. Widarto, dan Yasin. Iskandar, 2016, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pigit Yogyakarta*.
- Rofinus Nama Pehan dkk. 2020. *Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2014 (Simpang Jlagan Lor, Yogyakarta)*. Insititut Teknologi Nasional. D.I Yogyakarta

Sitanggang.L.H.S, dan Harianto. Joni, 2014, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (studi kasus: Jalan K.H Wahid Hasyim-Jalan Gajah Mada)*. Kota Medan.

Wikrama.A.A.N.A. Jaya,2011, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (studi kasus Jalan Teuku Umar Barat-Jalan Gunung Salak)*