SKRIPSI

OPTIMASI WAKTU TUNGGU TOTAL DAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN JALAN KOLONEL YOS SUDARSO

CHAIRANI

NIM. 0703172044

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

SUMATERA UTARA

MEDAN

2021

LEMBAR JUDUL

OPTIMASI WAKTU TUNGGU TOTAL DAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN JALAN KOLONEL YOS SUDARSO

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Matematika
Program Studi Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

CHAIRANI

NIM. 0703172044

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA
MEDAN

2021

KEMENTRIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Williem Iskandar Pasar V Medan Estate 20371
Telp. (061) 6615683-6622925 Fax. 6615683

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.216/ST/ST.V.2/PP.01.1/12/2021

Judul Skripsi : Optimasi Waktu Tunggu Total Dan Pemodelan Arus Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso
Nama : CHAIRANI
NIM : 0703172044
Program Studi : MATEMATIKA

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Senin, 6 September 2021
Tempat : Daring (Via Zoom)

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Dr. Riri Syafitri Lubis, M.Si
NIDN. 2013078401

Dewan Penguji,

Penguji I,

Dr. Indra Jaya, M.Pd
NIDN. 2021057001

Penguji II,

Hendra Cipta, M.Si.
NIDN. 2002078902

Penguji III,

Dr. Riri Syafitri Lubis, M.Si.
NIDN. 2013078401

Penguji IV,

Rina Widyasari, M.Si.
NIDN. 0118078801

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd. Syahnan, MA
NIP. 196609051991031002

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul	: Optimasi Waktu Tunggu Total dan Pemodelan Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso
Penyusun	: Chairani
NIM	: 0703172044
Pembimbing I	: Dr. Indra Jaya, M.Pd
Pembimbing II	: Hendra Cipta, M.Si
Tanggal Sidang	: 06- September- 2021

Disetujui oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
	Acc Sidang Munaqasyah 26/08/2021
Dr. Indra Jaya, M.Pd	Hendra Cipta, M.Si
NIDN. 2021057001	NIDN. 2002078902

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

Fakultas Sains danTeknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Dr. Riri Syafitri Lubis, S.Pd, M.Si

NIDN. 2013078401

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Chairani
Nomor Induk Mahasiswa	: 0703172044
Program Studi	: Matematika
Judul	: Optimasi Waktu Tunggu Total dan Pemodelan Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso sebagai Upaya Mengatasi Kemacetan

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 28 Agustus 2021

CHAIRANI

NIM. 070317244

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, segala puji dan syukur takkan pernah habis penulis ucapkan kepada Allah *SWT* yang telah memberikan Nikmat dan karunia-Nya yang berlimpah kepada penulis sehingga penyelesaian Proposal Skripsi yang berjudul **"Optimasi Waktu Tunggu Total dan Pemodelan Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso sebagai Upaya Mengatasi Kemacetan"** dapat terselesaikan dengan baik dan proposal ini menjadi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.

Serta shalawat yang selalu tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad *SAW* yang telah memberikan petunjuk dan syafaatnya dalam menjalani kehidupan baik dalam hal mengejar dunia dan keakhiratan.

Dalam penyusunan Proposal skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak, sehingga Proposal skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua tercinta yaitu Bapak M. Nur dan Ibu Zuraidah yang telah mendidik, dan memberikan perlindungan serta semangat yang tinggi kepada saya. Dan seluruh keluarga besar yang selalu mendo'akan saya untuk semangat menjalani pendidikan.
2. Bapak Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., selaku Rektor UIN Sumatera Utara Medan beserta para stafnya yang selalu memberikan kebijakan dan fasilitas yang mementingkan kenyamanan mahasiswa.
3. Bapak Dr. Muhammad Syahnan, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan yang selalu ramah kepada seluruh mahasiswa.
4. Ibu Dr. Riri Syafitri Lubis, S.Pd, M.Si., selaku Ketua Jurusan Program Studi Matematika UIN Sumatera Utara Medan dan selaku dosen

Pembimbing Akademik saya yang selalu memberikan masukan dan arahan dalam menjalani perkuliahan.

5. Bapak Dr. Indra Jaya, M.Pd., selaku dosen Pembimbing I Proposal dan Skripsi saya yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan kepada saya dalam menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
6. Bapak Hendra Cipta, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II Proposal dan Skripsi saya yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan kepada saya dalam menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
7. Ibu Rima Aprilia, M.Si., selaku sekretaris Jurusan Program Studi Matematika.
8. Bapak dan Ibu Dosen serta staf pegawai yang telah mendidik saya selama menjalankan perkulihan di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.
9. Sahabat seperjuangan saya sejak awal perkuliahan yaitu Ladia Sabrina, Novi Ardila, Tramilta Salsabila Harahap, Putri Lestari, Murni Amalia Adri, dan Mhd. Rio Farwansyah yang telah membersamai dan membantu setiap kesusahan dalam menjalani perkuliahan. Semua teman kelas Matematika 1 stambuk 2017, KKN-28 dan kakak-kakak senior yang tidak pernah merasa direpotkan jika saya bertanya perihal skripsi serta seluruh keluarga besar Jurusan Matematika. Semoga tetap terjaga kesolidan antara kita se-Matematika.

Semoga isi Proposal Skripsi ini dapat bermanfaat untuk menambah pengetahuan keilmuan di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan. Aamiin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.

Medan, Agustus 2021

CHAIRANI

NIM. 07031710244

OPTIMASI WAKTU TUNGGU TOTAL DAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN JALAN KOLONEL YOS SUDARSO

ABSTRAK

Persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso adalah salah satu persimpangan yang sering mengalami kemacetan dikarenakan durasi nyala lampu hijau lebih sedikit dibandingkan dengan nyala lampu merah sehingga waktu tunggu bagi kendaraan pada persimpangan belum optimal. Adapun tujuan penelitian adalah untuk mengatasi masalah kemacetan dengan pemodelan graf kompatibel dan metode *Webster*. Pemodelan graf kompatibel digunakan untuk mengetahui fase lampu lalu lintas dan arus yang dapat berjalan dengan bersesuaian sedangkan metode *Webster* untuk mengetahui keoptimalan waktu tunggu kendaraan di persimpangan. Hasil yang diperoleh pada persimpangan empat jalan Kolonel Yos Sudarso adalah terdapat 3 fase lampu lintas yang akan dioptimalkan. Fase tersebut adalah fase A pada kaki simpang Jalan Kolonel Yos Sudarso, Fase B jalan Bambu II dan Fase C jalan Putri Hijau. Pengoptimalan waktu tunggu total di persimpangan dengan menggunakan metode *Webster* menghasilkan siklus waktu yang optimum yaitu untuk setiap fase mendapatkan waktu 220 detik. Hasil dari metode ini dikatakan cukup efektif karena pada tiap kaki simpang yang bervolume tinggi dengan lebar jalan yang lebih kecil terdapat penambahan dan pengurangan durasi nyala lampu lalu lintas.

Kata kunci: Siklus waktu tunggu, Graf Kompatibel, Metode Webster

OPTIMIZATION OF TOTAL WAITING TIME AND TRAFFIC FLOW MODELING AT THE INTERSECTION OF COLONEL YOS SUDARSO STREET

ABSTRACT

Intersection of Colonel Yos Sudarso street is one of the intersection that often experiences congestion because duration of the green light is less than the red light so the waiting time for vehicles at intersection not optimal. The research objective is to solve the congestion problem with compatible graph modeling and the Webster method. Compatible graph modelling is used to determine the phase of traffic lights and currents that can properly while the Webster method is to determine the optimal waiting time for vehicles at intersections. The result obtained at the intersection of colonel yos sudarso street is that there are three phases of traffic lights that will be optimized. Optimization of the total waiting time at the intersection using the Webster method produces the optimum cycles time, which is for each phase to get a time of 220 *seconds. The results of this method are said to be quite effective because at each phase of a high-volume intersection with a narrower road width there is an increase and decrease in duration of the traffic light.*

Keywords: cycle waiting time, compatible graph, Webster method

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
ABSTARK ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
DAFTAR TABEL ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **viii**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
2.1 Rumusan Masalah 5
3.1 Batasan Masalah 6
4.1 Tujuan Penelitian 6
5.1 Manfaat Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
2.1 Lalu Lintas 8
2.1.1 Persimpangan Jalan 8
2.1.2 Jenis Persimpangan Jalan 9
2.1.3 Bentuk Gerak Pada Persimpangan Jalan 10
2.1.4 Pengendalian Persimpangan 12
2.2 Graf 12
2.2.1 Sejarah Graf 12
2.2.2 Definisi Graf 13
2.2.3 Jenis-Jenis Graf 15
2.2.4 Istilah Dasar Graf 19
2.3 Graf Kompatibilitas 20
2.3.1 Graf Kompatibilitas Pada Arus Lalu Lintas 20
2.3.2 Graf Ganda Berarah Berbobot untuk Graf Kompatibilitas 22

2.4 Metode *Webster* 23
2.5 Wahdatul Ulum (Kaitan Kajian Keislaman dengan Penelitian) 26
2.6 Penelitian Terdahulu 28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 30
3.2 Jenis Penelitian 30
3.3 Jenis Data dan Sumber Data 30
3.4 Variabel Penelitian 30
3.5 Prosedur Penelitian 31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Hasil Penelitian 35
4.1.1 Pengumpulan Data 35
4.1.1.1 Data Geometri 35
4.1.1.2 Data waktu tunggu lampu lalu lintas 36
4.1.1.3 Data volume kendaraan pada lalu lintas 37
4.1.2 Pengolahan Data 41
4.1.2.1 Sistem arus lalu lintas pada persimpangan 41
4.1.2.2 Waktu siklus optimum untuk lampu lalu lintas 48
4.2 Pembahasan 55
4.2.1 Pemodelan graf kompatibel pada arus lalu lintas 55
4.2.2 Pengoptimalan waktu tunggu pada lalu lintas 56
BAB V PENUTUP 59
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran 60
DAFTAR PUSTAKA 61
Lampiran 63
Dokumentasi 87

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Arus Jenuh untuk Lebar Jalan < 5,5 m	24
2.2	Satuan Mobil Penumpang untuk Simpang Bersinyal	25
4.1	Waktu lampu lalu lintas pada persimpangan	36
4.2	Volume kendaraan pada arus lalu lintas di pagi hari	37
4.3	Volume kendaraan pada arus lalu lintas di siang hari	39
4.4	Volume kendaraan pada arus lalu lintas di sore hari	40
4.5	Jalur yang kompatibel dan tidak kompatibel	44
4.6	Volume kendaraan pada Jalan Kolonel Yos Sudarso	49
4.7	Volume kendaraan pada Jalan H.Adam Malik	50
4.8	Volume kendaraan pada Jalan Bambu II	51
4.9	Volume kendaraan pada Jalan Putri Hijau	52
4.10	Perbandingan waktu nyala lampu lalu lintas	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1.1	Simpang Empat Jalan Kolonel Yos Sudarso	2
2.1	Rute kendaraan yang berpisah (*Diverging*)	10
2.2	Arus yang bergabung (*Merging*)	11
2.3	Arus yang saling bersilang (*Weaving*)	11
2.4	Arus yang berpotongan (*Crossing*)	11
2.5	Sebuah Graf Pada G	14
2.6	Graf Sederhana	15
2.7	Graf tak Sederhana (Graf Semu)	16
2.8	(a) Graf Berarah & (b) Graf-Ganda Berarah	16
2.9	Graf Berhingga	17
2.10	Graf tak Berhingga	17
2.11	Graf Lengkap	18
2.12	Graf Lingkaran	18
2.13	Graf Teratur	19
2.14	Graf Berbobot	19
2.15	Contoh Skema arus yang kompatibel	21
2.16	Graf arus lalu lintas yang kompatibel	22
2.17	Graf ganda berarah berbobot	22
3.1	Diagram alur penelitian (*flowchart*)	34
4.1	Persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso	35
4.2	Skema arus lalu lintas pada Persimpangan empat jalan Kolonel Yos Sudarso	42
4.3	Graf kompatibel untuk arus lalu lintas di persimpangan	45
4.4	Penyederhanaan Graf Kompatibel	46
4.5	Graf ganda berarah berbobot pada Persimpangan	48

BAB 1
PENDAHULUAN

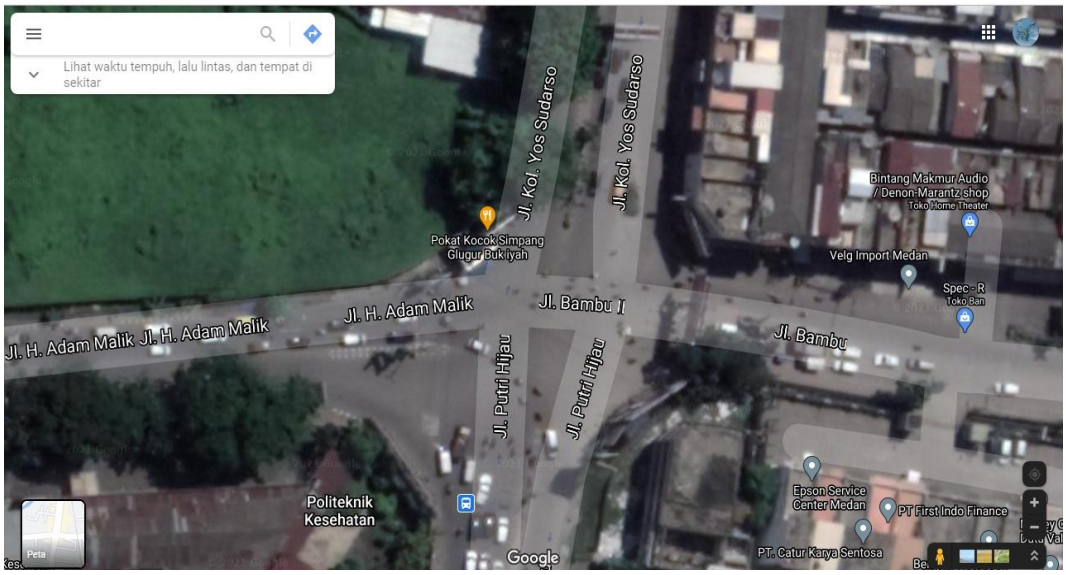
1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu Negara yang memiliki tingkat populitas produksi kendaraan yang fluktuatif dan cenderung naik setiap tahunnya. Pernyataan ini sesuai dengan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik pertahun 2019, dimana jumlah kendaraan yang diproduksi di Indonesia mencapai angka 133.617.012 kendaraan dan angka-angka tersebut mencakup beberapa jenis kendaraan yaitu kendaraan berat seperti mobil penumpang, bis, mobil angkut barang, dan kendaraan ringan seperti sepeda motor. Populitas kendaraan yang semakin meningkat menyebabkan berkurangnya kemampuan ideal ruas jalan dalam menampung kapasitas volume kendaraan yang banyak dalam satu waktu sehingga dapat menjadi salah satu penyebab kemacetan.
(https://www.bps.go.id /jumlah-kendaraan-bermotor.html)

Kota Medan yang merupakan Ibukota Provinsi Sumatera Utara dan kota terbesar ketiga di Indonesia menjadi salah satu kota dengan tingkat kemacetan yang parah. Hal ini dikarenakan semakin banyak penduduk dari luar daerah yang mencari pekerjaan di pusat Kota Medan dan semakin banyak gedung-gedung pencakar langit yang membuat lahan kosong untuk jalan berkurang sehingga ruas jalan yang tersedia tidak seimbang dan ideal untuk volume arus yang semakin meningkat. Pada tahun 2020 di Kota Medan terdapat 1334 jumlah kasus kecelakaan dengan meninggal 211 korba jiwa, luka berat 667 korban dan luka ringan 939 korban, meskipun terjadi pandemi namun setiap aktifitas berjalan seperti biasanya di kota ini. (https://sumut.bps.go.id/staticable/jumlah-kecelakaan-lalu-lintas-menurut -korban-dan-kabupaten-kota-2020.html)

Kemacetan merupakan salah satu situasi penyebab terjadinya kecelakaan. Kemacetan adalah antrian panjang yang timbul karena adanya konflik dalam pergerakan di jalan (Fanani, 2016). Kemacetan biasanya terjadi pada persimpangan, karena pada persimpangan dua buah arus atau lebih saling bertemu dan berpisah jalur. Pada persimpangan juga terdapat titik konflik kecelakaan yaitu

disaat kedua arus saling memotong jalur. Salah satu persimpangan pada Kota Medan yang terdampak kemacetan yang parah pada jam-jam tertentu seperti jam orang mulai beraktivitas, istirahat kerja atau pulang sekolah, dan jam pulang bekerja adalah persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso. Persimpangan jalan ini merupakan persimpangan yang menghubungkan arus kendaraan dari arah belawan menuju Jalan Putri Hijau, dan Jalan Adam malik serta Jalan Bambu II ataupun dari arah sebaliknya, seperti ditunjukkan pada gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Simpang Empat Jalan Kolonel Yos Sudarso

Persimpangan jalan Kolonel Yos Sudarso adalah persimpangan yang mempertemukan pusat kota dengan kawasan industri dan persimpangan ini di beberapa jalurnya terdapat rel kereta api yaitu sekitar 5 meter dari Jalan Putri Hijau dan Jalan Bambu II. Keadaan geometris pada persimpangan menyebabkan banyak kendaraan yang telah melewati sedikit persimpangan harus menunggu lagi saat kereta api melintas dan akhirnya kemacetan tidak dapat dicegah. Pada persimpangan juga terdapat empat lampu lalu lintas yaitu di Jalan Kolonel Yos Sudarso, Jalan Bambu II, Jalan Putri Hijau, dan Jalan H. Adam Malik. Namun meskipun terdapat lampu lalu lintas yang mengatur jalan tetap saja masih banyak masyarakat yang tidak sabar menunggu dan melaju begitu saja sehingga akhirnya menyebabkan kecelakaan ataupun saling melanggar aturan sampai menyebabkan kemacetan yang parah. Cahyadi (2020) memberitakan dalam Tribun Medan

bahwa di ruas jalan Kolonel Yos Sudarso menuju jalan Putri Hijau dan jalan H. Adam Malik terpantau padat dan macet pada sore hari. Meskipun pada saat itu *new normal* belum diterapkan, namun masalah kemacetan masih terjadi seperti biasanya. (https://www.medan.tribunnews.com)

Lalu lintas adalah suatu instrumen yang penting dalam pengendalian konflik di sebuah persimpangan. Pemasangan lampu pada lalu lintas menjadi salah satu cara yang dapat digunakan untuk pengendalian arus kendaraan di persimpangan jalan tersebut. Lampu pada sisi jalan persimpangan berfungsi dalam pengaturan arus kendaraan dari arah yang berlawanan dan mencegah terjadinya konflik di persimpangan tersebut dengan aturan yang lebih tegas dan fleksibel sesuai dengan kondisi di lapangan (Maslim *et al*., 2018).

Lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan diharapkan dapat mengendalikan kemacetan dan kepadatan kendaraan yang menunggu saat lampu merah menyala, namun pada kenyataannya di lapangan fungsi lampu pada lalu lintas masih kurang efektif dikarenakan kapasitas dari kegunaannya hanya berdasarkan waktu yang sudah ditetapkan oleh pihak yang berwenang dalam pengurusan arus jalan tanpa melihat situasi dan kondisi di hari-hari yang berbeda. Misalkan pada jalur yang sepi kendaraan lewat mendapatkan waktu nyala lampu hijau yang lama dan sama dengan simpang jalur lainnya yang ramai kendaraan yang menunggu, tentu saja hal ini bisa menjadi penyebab kemacetan di suatu jalur dan jalur lainnya yang sepi dan mendapat waktu nyala lampu hijau lebih lengang dan hal ini juga menjadi salah satu alasan mengapa seorang pengendara kurang sabar dalam menunggu nyala lampu merah (Maslim *et al*., 2018). Sehingga sangat diperlukan adanya alternatif perkembangan dari pengaturan terhadap waktu nyala lampu dan waktu tunggu bagi kendaraan di simpang jalur tersebut dengan memodelkan arus lalu lintasnya dan menentukan siklus waktu tunggu yang optimum.

Teori graf adalah ilmu yang telah sangat lama ditemukan dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Contoh dari penerapan graf adalah bagan ketenagakerjaan, pembuatan jadwal mata kuliah, dan pengaturan lalu lintas. Pada penelitian ini dalam menyelesaikan permasalahan arus lalu lintas di jalan Kolonel

Yos Sudarso menggunakan graf kompatibel dan metode *Webster*. Graf kompatibel, yaitu sebuah graf yang memiliki dua buah himpunan yang mana titik-titiknya akan diatur dengan sisi-sisi dan menunjukkan yang saling sesuai (kompatibel) (Poernamasari *et al*., 2019).

Pemodelan arus lalu lintas yang akan dilakukan pada persimpangan jalan Kolonel Yos Sudarso yaitu dengan merepresentasikan arus lalu lintas ke dalam bentuk graf kompatibel, dimana simpul sebagai arus pada suatu lalu lintas dan sisi sebagai dua buah arus yang kompatibel. Pemodelan ini bertujuan agar arus lalu lintas yang direpresentasikan dapat beroperasi dengan aman pada waktu bersamaan tanpa menyebabkan konflik tertentu seperti kemacetan dan kecelakaan. Selanjutnya penelitian ini menggunakan metode *Webster* untuk menghasilkan waktu nyala dari lampu hijau berdasarkan kepadatan volume kendaraan di setiap jalur persimpangan (Ulfah, 2018). Sehingga didapatkan waktu tunggu yang ideal sesuai dengan volume kendaraan dan menjadi solusi dalam mengurangi kemacetan di persimpangan tersebut.

Telah banyak penelitian terdahulu yang menggunakan graf kompatibel dan metode *Webster* untuk mencari solusi mengenai pengaturan arus lalu lintas, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Farida *et al*. (2020) yaitu pengembangan penelitian dengan memodelkan arus lalu lintas dan menentukan waktu tunggu total untuk kendaraan pada persimpangan Jalan Jemur Andayani di Kota Surabaya dengan menggunakan graf kompatibel. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu hasil total bagi waktu tunggu kendaraan pada persimpangan Jalan Jemur Andayani dengan perkiraan jika pengendara mengikuti lampu ke arah kiri adalah 75 detik. Sedangkan perkiraan waktu tunggu untuk pengendara yang tidak mengikuti lampu namun ke arah kiri adalah 60 detik. Sehingga pada penelitian ini disimpulkan bahwa waktu tunggu yang diteliti di lapangan lebih efektif daripada waktu tunggu yang telah diterapkan di *Frontage* jalan Jemur Andayani, yaitu pengendara mendapatkan waktu tunggu 170 detik dan mengikuti lampu ke arah kiri.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Indah Poernamasari *et al*. (2019) yaitu mengoptimalkan pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan

metode *Webster* (studi kasus persimpangan jalan Babe Palar). Pada penelitian ini permasalahan lampu lalu lintas direpresentasikan dengan graf kompatibel dan untuk pengoptimalan waktu lampu lalu lintas digunakan metode *Webster* sehingga diperoleh bahwa ada 3 fase yang dapat dilakukan untuk menghitung nyala lampu pada persimpangan Babe Palar dan waktu siklus optimum yang didapatkan adalah sebesar 137 detik dan waktu nyala lampu hijau ditambah bagi ruas jalan yang memiliki tingkat volume arus lalu lintas yang tinggi.

Dari kedua penelitian terdahulu di atas terdapat metode yang digunakan yaitu representasi graf kompatibel dan metode *Webster*. Kedua metode ini cukup efektif digunakan untuk mengatur arus lalu lintas agar kompatibel dan memiliki siklus waktu tunggu yang optimal. Sehingga peneliti ingin menerapkan graf kompatibel dan metode *Webster* untuk mengatasi kemacetan di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dan mengurangi konflik di persimpangan tersebut serta untuk melihat apakah pada persimpangan jalan kolonel Yos Sudarso terdapat waktu tunggu yang optimal dan ideal pada lampu lalu lintasnya. Maka berdasarkan permasalahan ini peneliti ingin melakukan penelitian dengan judul: "**Optimasi Waktu Tunggu Total dan Pemodelan Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso**". Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi solusi, acuan serta saran bagi pihak yang memiliki wewenang yaitu Dinas Perhubungan Kota Medan dalam menetapkan pengaturan nyala lampu dan mengurangi waktu tunggu kendaraan saat di persimpangan di kota Medan sehingga tidak ada penumpukan yang cukup lama di suatu jalur sedang jalur lainnya sudah lengang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dimana masalah kemacetan dan penyebabnya dijelaskan, maka peneliti merumuskan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pemodelan graf kompatibel untuk memodelkan arus lalu lintas pada persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso.

2. Bagaimana pengoptimalan waktu tunggu total pada lalu lintas di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso menggunakan metode *Webster*.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih tersistematis dan dapat diselesaikan dengan baik maka peneliti menetapkan batasan masalah, yakni:

1. Penelitian ini dilakukan di Persimpangan Jalan. Kolonel. Yos Sudarso, Glugur Kota, Kota. Medan.
2. Data pada penelitian ini adalah data sekunder dan data primer dengan teknik pengumpulan data yaitu observasi langsung di lapangan.
3. Teori graf yang diterapkan untuk memodelkan arus lalu lintas adalah Graf Kompatibel.
4. Metode yang diterapkan untuk menghitung waktu tunggu total pada kendaraan adalah metode *Webster*.
5. Pengumpulan data di lapangan dilakukan selama seminggu yaitu 23 juni sampai 29 juni 2021.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Untuk mengetahui pemodelan dari graf kompatibel dalam memodelkan arus lalu lintas pada persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso.
2. Untuk mengetahui pengoptimalan waktu tunggu total kendaraan pada lalu lintas di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso menggunakan metode *Webster*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

   Penulis dapat menerapkan semua ilmu yang telah didapat pada masa perkuliahan ke dalam kehidupan sehari-hari baik bekerja maupun bermasyarakat serta mendapatkan banyak pengalaman dari penelitian yang dilakukan karena turun ke lapangan langsung.

2. Bagi Universitas

   Hasil penelitian ini dapat menjadi pustaka baru di bidang graf dan referensi tambahan untuk peneliti selanjutnya yang berminat melakukan penelitian terhadap persimpangan Jalan di Indonesia yang mengalami kemacetan.

3. Bagi Masyarakat

   Hasil penelitian ini bisa membantu masyarakat Kota Medan yang sering mengalami kemacetan di Jalan tersebut serta dapat menjadi saran dan masukan bagi Dinas Perhubungan Kota Medan dalam menentukan waktu nyala yang efektif sehingga waktu tunggu pengendara lebih optimal pada Persimpangan empat Jalan. Kolonel. Yos Sudarso, Glugur Kota, Kota. Medan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lalu Lintas

Lalu lintas adalah kegiatan gerak atau pindah oleh sebuah kendaraan yang berupa kendaraan manusia maupun hewan dari satu arah ke arah yang lain pada suatu jalan (Remincel, 2019). Sedangkan menurut Poerwadarminta dalam kamus Besar Bahasa Indonesia mengatakan, bahwa: “lalu lintas merupakan berjalan bolak-balik, hilir mudik dan perihal perjalanan di jalan dan sebagainya serta hubungan antar sebuah tempat dengan tempat lainnya”.

Lalu Lintas adalah suatu situasi yang menggunakan lampu lalu lintas sebagai aturan dalam mengatur lalu lintas di sebuah persimpangannya. Pada dasarnya pengendalian arus lalu lintas di simpangan jalan diterapkan agar membantu pengatur lalu lintas dalam menyesuaikan gerak kendaraan di jalanan sehingga setiap kelompok kendaraan bisa bergerak saling bergantian dan terhindar dari kecelakaan dikarenakan arus yang sedang beroperasi. Ada beberapa jenis ketetapan dalam hal memasang lampu pada lalu lintas di simpang jalan dan ketetapan ini tergantung situasi dan keadaan pada persimpangan tersebut seperti banyaknya kendaraan pada arus lalu lintas, keadaan persimpangan dan lain sebagainya (Poernamasari *et al*., 2019).

2.1.1 Persimpangan Jalan

Simpang adalah bagian yang penting untuk dikendalikan pada suatu jalan sebab persimpangan adalah tempat berpapasan atau saling melewati arus pada beberapa jalur jalan yang lebih dari satu jalur. Persimpangan lebih banyak ditemukan pada jalan perkotaan, dikarenakan pada jalan perkotaan setiap jalan memiliki satu titik temu di pusatnya jalan tersebut dan seorang pengemudi bebas menentukan ingin terus jalan, belok atau pindah ke jalur yang lain asal tetap mentaati peraturan yang telah ditentukan. Hobss mengatakan dalam (Ulfah, 2018) bahwa: “Persimpangan jalan adalah simpul dari transportasi yang terbentuk

terhadap pendekatan dimana arus kendaraan saling bertemu atau berpisah melewati persimpangan tersebut".

Aktivitas lalu lintas dapat dikendalikan dengan beberapa cara tergantung pada tipe persimpangannya. Soedirjo mengatakan bahwa terdapat beberapa jenis persimpangan yang umum ada dan dilihat dari segi bentuknya (Ulfah, 2018), persimpangan-persimpangan tersebut adalah:

1. Simpang berbentuk bundaran adalah simpang yang menjadi pertemuan dua jalur atau empat jalur yang tak saling tegak lurus dan efektif digunakan untuk persimpangan yang memiliki tingkat arus dan ukuran sama.
2. Simpang berbentuk T adalah simpang yang menjadi pertemuan tiga kaki persimpangan atau ruas jalan yang saling tegak lurus.
3. Simpang berbentuk 4 lengan adalah simpang yang menjadi pertemuan empat kaki persimpangan atau ruas jalan yang saling tegak lurus namun memiliki jumlah jalur yang bisa lebih dari empat.

2.1.2 Jenis-jenis Persimpangan Jalan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam (Poernamasari *et al*., 2019), dalam menentukan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya didasarkan pada pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan.

Julianto dalam (Ulfah, 2018) menyatakan jenis simpang dapat dibedakan dengan cara pengaturannya dan dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

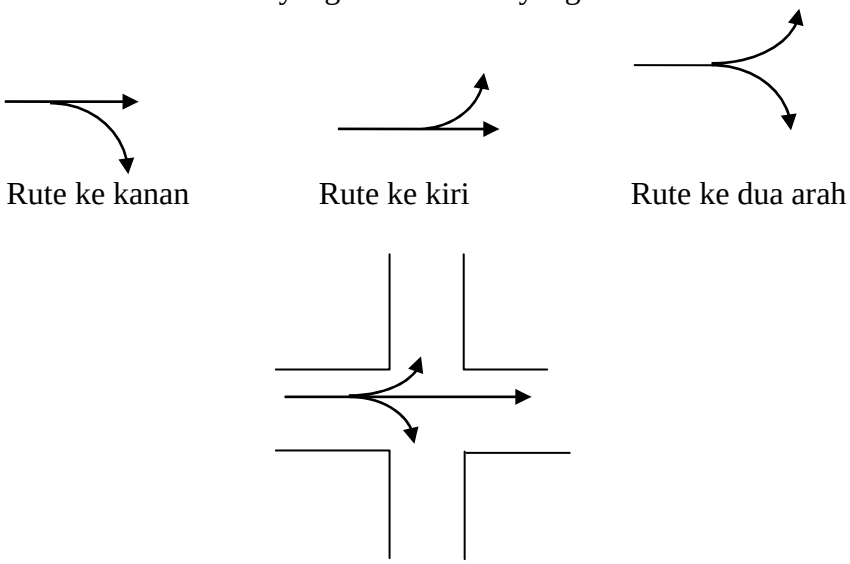
1. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak menggunakan sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pengguna jalan yang harus memutuskan untuk berhenti atau terus saja melewati persimpangan tersebut dengan tetap mengutamakan keselamatan.
2. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pengguna jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pengguna

jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

2.1.3 Bentuk Gerak Pada Persimpangan Jalan

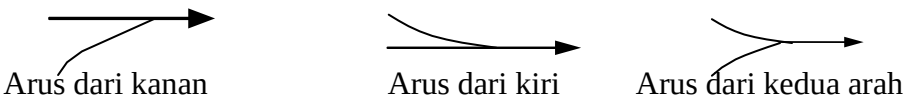
Pada persimpangan, pergerakan setiap kendaraan dibedakan menjadi beberapa jenis. Jenis-jenis bentuk gerak lalu lintas pada persimpangan merupakan indikator penting dari penyebab konflik atau kecelakaan di jalan tersebut. Adapun jenis-jenis bentuk gerak tersebut berdasarkan sifat dan tujuan untuk persimpangan (Ulfah, 2018) adalah:

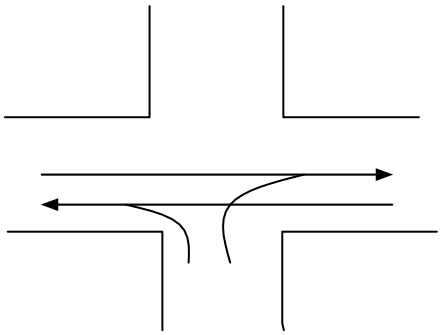
1. Memisah (*Diverging*) adalah pergerakan berpisahnya beberapa pengguna rute dari suatu aliran yang sama ke rute yang berbeda.



Gambar 2.1 Rute Kendaraan yang berpisah (*Diverging*)

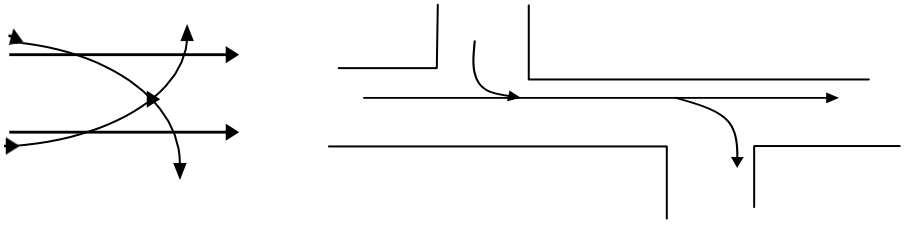
2. Menggabung (*Merging*) adalah bergabungnya pengguna jalan dari arah yang berbeda dan bertemu di satu jalur yang sama.





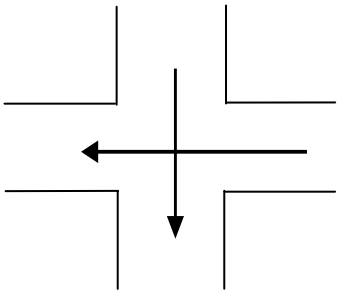
Gambar 2.2 Arus yang bergabung (*Merging*)

3. Menyilang (*Weaving*) adalah pergerakan kendaraan yang melewati dua atau lebih lalu lintas bergerak searah tanpa menggunakan lampu lalu lintas.



Gambar 2.3 Arus yang saling bersilang (*Weaving*)

4. Berpotongan (*Crossing*) adalah pergerakan arus kendaraan yang saling perpotongan antar satu rute ke rute yang berbeda. Jenis persimpangan yang berpotongan biasanya menjadi sebab konflik dari kecelakaan beberapa kendaraan.



Gambar 2.4 Arus yang berpotongan (*Crossing*)

2.1.4 Pengendalian Persimpangan

Pengendalian arus lalu lintas pada persimpangan dapat dilaksanakan dengan enam cara tergantung pada jenis persimpangan, volume arus kendaraan, dan letak geometri persimpangan. Menurut Khisty dalam (Poernamasari *et al*., 2019), urutan pengendalian dari kecil ke tinggi di persimpangan bisa dibagi ke dalam enam cara dan ke-enam cara tersebut adalah tidak ada kendali, pembuatan terusan, rambu pengatur kecepatan atau rambu berhenti, bundaran dan lampu lalu lintas.

Beberapa hal yang menjadi tujuan dalam pengendalian persimpangan adalah:

1. Meminimalisir atau menghindari peluang yang menjadi penyebab terjadinya kecelakaan. Konflik yang terjadi di persimpangan disebabkan karena adanya titik-titik penyebab konflik kecelakaan, seperti: alur yang memisah (*diverging*), menggabung (*merging*), menyilang (*weaving*), dan memotong (*crossing*).
2. Menggunakan pengoperasian yang tepat di persimpangan agar kapasitas persimpangan tetap terjaga sesuai dengan yang telah direncanakan.
3. Menjelaskan petunjuk arahan arus lalu lintas dengan pasti, jelas, dan sederhana pada persimpangan agar arahan tersebutbmudah dipahami oleh semua kalangan yang menggunakan jalan.

2.2 Graf

2.2.1 Sejarah Graf

Pada tahun 1763, teori graf digunakan pertama kali untuk memecahkan masalah pada jembatan Konigsberg oleh seorang matematikawan asal Swiss bernama Leonhard Euler. Kota Konigsberg memiliki sungai Pregal yang mengalir di dekat pulau Kneiphof dan terbagi menjadi dua sungai. Ada tujuh jembatan yang menghubungkan darat dan sungai. Dan pertanyaan tentang jembatan ini adalah: apakah anda dapat melintasi tujuh bagian dari setiap jembatan hanya sekali untuk kembali ke tempat anda memulai? Orang-orang setuju bahwa mereka tidak dapat

melewati semua jembatan, tetapi tidak ada yang bisa menjelaskan mengapa hasilnya seperti itu kecuali dengan mencoba berjalan di jembatan tersebut (Daniel & Prida, 2019).

Leonhard Euler adalah orang pertama yang berhasil menemukan jawaban dari pertanyaan tentang jembatan tersebut dengan sebuah pembuktian sederhana. Ia memodelkan permasalahan jembatan Konigsberg dengan sebuah graf. Daratan atau titik-titik yang dihubungkan oleh jembatan dinyatakan sebagai titik/noktah yang disebut simpul (*vertex*) dan jembatan dinyatakan sebagai garis yang disebut sisi (*edge*). Jawaban yang dikemukakan oleh Euler adalah orang tidak mungkin melalui ketujuh jembatan itu masing-masing satu kali dan kembali lagi ke tempat asal keberangkatan jika derajat simpul seluruhnya tidak genap (Daniel & Prida, 2019).

Sutarno menjelaskan bahwa perkembangan ilmu teori graf tidak terlalu kelihatan setelah Euler menemukannya, namun kurang lebih seratus tahun kemudian tepatnya pada tahun 1847, teori pohon berhasil dikembangkan oleh G.R Kirchoff dan teori tersebut digunakan untuk persoalan jaringan listrik. Selanjutnya teori pohon juga digunakan oleh ilmuwan A. Cayley (1821 – 1895) untuk menjelaskan permasalahan kimia yaitu hidrokarbon. Di masa kedua ilmuwan ini lahir dua hal penting pada teori graf dan berkaitan konjektor empat warna (Miftahurrahmah, 2016).

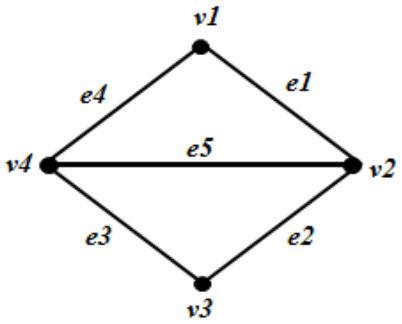
2.2.2 Definisi Graf

Graf (*graph*) digunakan untuk mempresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut (Daniel & Prida, 2019). Suatu graf $G = (V(G), E(G))$ terdiri dari dua buah himpunan berhingga, yaitu:

a. $V(G)$ adalah himpunan verteks atau simpul, biasanya dinotasikan dengan V saja dan disebut dengan himpunan tak kosong dari simpul-simpul.
b. $E(G)$ adalah himpunan sisi (*edge*), biasanya dinotasikan dengan E saja yaitu himpunan (mungkin kosong) dari sisi yang menghubungkan

sepasang simpul. Setiap elemen *e* dan $E(G)$ merupakan sebuah pasangan tak berurutan dari simpul-simpul di $V(G)$.

Sebuah graf G direpresentasikan pada gambar yang dimana tiap titik G menggambarkan noktah/simpul dan tiap sisi yang menjadi penghubung dua noktah/simpul pada G menggambarkan ruas garis dengan titik akhir sebagai simpul. Agar lebih memudahkan dalam memahami diberikan contoh pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Sebuah Graf pada *G*

Pada gambar di atas, sebuah graf *G* memiliki 4 titik/noktah yang disebut simpul yaitu v_1, v_2, v_3 dan v_4 dengan 5 sisi yang menghubungkan setiap simpul tersebut yaitu e_1, e_2, e_3, e_4 dan e_5 Sehingga graf *G* pada gambar di atas adalah $G = (V, E)$ dimana: $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ dan dengan simpul simpul setiap sisi diberikan oleh:

$$e_1(v_1, v_2); e_2(v_2, v_3); e_3(v_3, v_4); e_4(v_1, v_4); e_5(v_2, v_4)$$

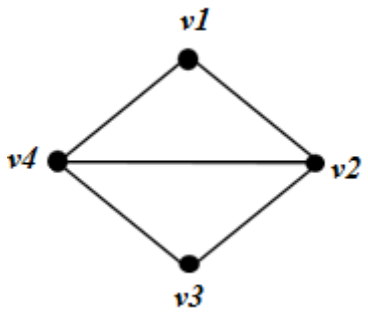
Jika *e* adalah sisi dengan simpul ujung *u* dan *v* maka *e* dikatakan sisi yang menghubungkan antara *u* dan *v*. Sehingga terdapat kemungkinan bahwa sebuah sisi memiliki simpul-simpul ujung yang sama atau mungkin sebuah simpul *u* terhubung dengan dirinya sendiri oleh sebuah sisi yang disebut dengan gelang (*loop*). Sebuah simpul pada graf *G* yang tidak merupakan simpul ujung dari sisi manapun atau simpul yang tidak terhubung dengan simpul manapun termasuk dirinya sendiri pada sebuah sisi maka dinamakan simpul terpencil (*isolated*) dan

jika dua atau lebih sisi pada graf *G* memiliki simpul-simpul ujung yang sama di *G* maka disebut sisi ganda atau paralel (Daniel & Prida, 2019).

2.2.3 Jenis-jenis Graf

Graf dikelompokkan ke dalam beberapa jenis tergantung pada sudut pandang pengelompokkannya:

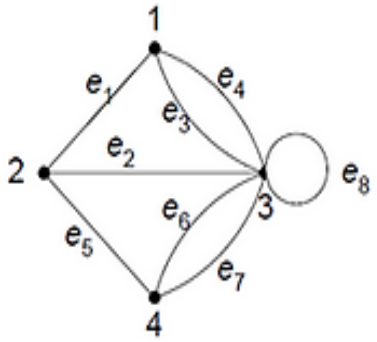
1. Berdasarkan ada tidaknya suatu gelang (*loop*) maupun sisi ganda pada graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis (Daniel & Prida, 2019), yaitu:
   a. Graf sederhana (*simple graph*) adalah graf yang tidak memiliki gelang dan sisi ganda. Contoh graf sederhana ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6 Graf Sederhana

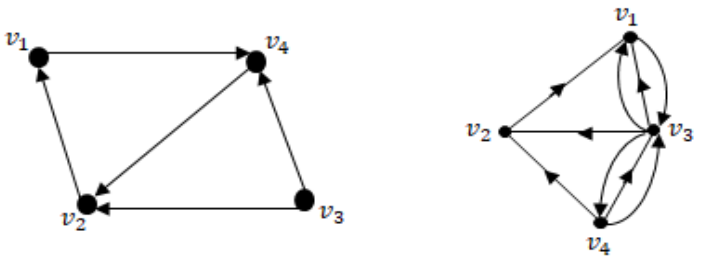
Pada graf sederhana, sisi adalah pasangan tak berurut maka sisi (u,v) sama dengan sisi (v,u) .

   b. Graf tak sederhana (*unsimple graph/multigraph*) adalah graf yang memiliki gelang dan atau sisi ganda. Terdapat dua jenis graf tidak sederhana yaitu graf ganda dan graf semu. Graf ganda adalah graf yang memiliki sisi ganda, sisi ganda pada dua buah simpul bisa lebih dari dua sisi. Graf semu adalah graf yang memiliki gelang. Contoh dari graf tak sederhana adalah ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Graf Tak Sederhana (Graf Semu)

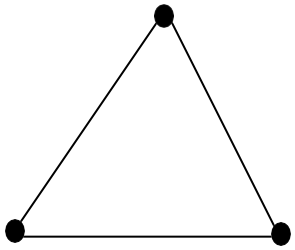
2. Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan menjadi dua (Khairani, 2018), yaitu:
   a. Graf tak berarah (*undirected graph*) adalah graf yang semua sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Pada graf tak berarah, setiap pasangan simpul tidak diperlihatkan sehingga $(u,v)=(v,u)$. Bentuk graf tak berarah adalah graf pada gambar 2.5 sampai 2.7
   b. Graf berarah (*directed graph*) adalah graf yang semua sisinya diberikan orientasi arah. Pada graf berarah, simpul *u* dan *v* menyatakan dua buah busur yang berbeda, dengan kata lain $(u,v)\neq(v,u)$. Untuk busur (*u*,*v*), simpul *u* dinamakan simpul asal (*initial vertex*) dan simpul *v* dinamakan simpul terminal (*terminal vertex*). Pada graf berarah, gelang diperbolehkan, tetapi sisi ganda tidak. Sehingga definisi graf dapat diperluas mencakup graf- ganda berarah. Pada graf-ganda berarah, gelang dan sisi ganda diperbolehkan ada. Contoh graf berarah adalah:



(a) (b)

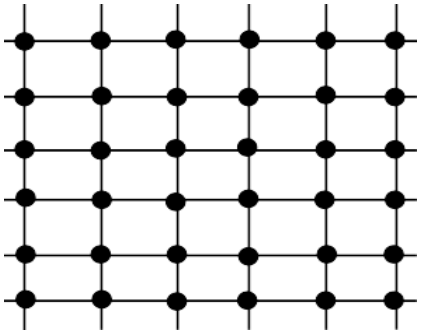
Gambar 2.8 (a) Graf Berarah & (b) Graf-Ganda Berarah

3. Berdasarkan jumlah noktah sebuah graf dibagi menjadi dua jenis, Munir dalam (Miftahurrahmah, 2016), yaitu:
   a. Graf berhingga adalah graf yang jumlah noktahnya *n* berhingga. Contoh dari graf berhingga adalah:



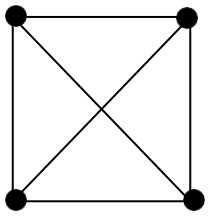
Gambar 2.9 Graf Berhingga

   b. Graf tak berhingga adalah graf yang jumlah noktah *n* tak berhingga banyaknya. Contoh dari graf tak berhingga adalah:



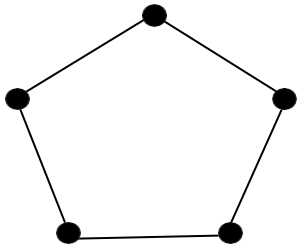
Gambar 2.10 Graf Tak Berhingga

4. Berdasarkan graf biasa yang menjadi khusus maka graf dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah:
   a. Graf lengkap (*complete graph*) adalah graf sederhana dimana setiap pasang simpul yang berbeda terhubung oleh sebuah sisi. Graf lengkap dengan *n* buah simpul dapat dilambangkan dengan K_n dan jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari *n* buah simpul adalah $\frac{n(n-1)}{2}$ (Daniel & Prida, 2019). Contoh dari graf lengkap adalah:



Gambar 2.11 Graf Lengkap

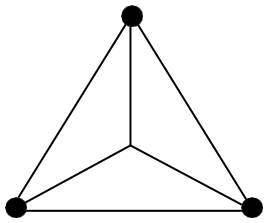
b. Graf lingkaran adalah graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua. Graf lingkaran dengan *n* buah simpul dilambangkan dengan C_n, jika simpul-simpul pada C_n adalah $v_1, v_2, \ldots\ldots, v_n$ maka sisinya adalah $(v_1, v_2), (v_2, v_3), \ldots\ldots, (v_{n-1}, v_n), (v_n, v_1)$. Sehingga terdapat sisi yang menghubungkan sisi terakhir (v_n) dan sisi pertama (v_1), (Daniel & Prida, 2019). Contoh dari graf lingkaran adalah:



C_5

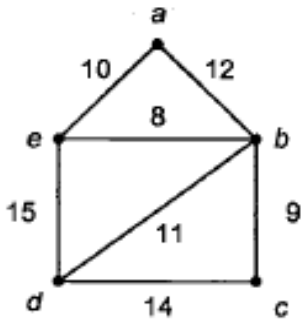
Gambar 2.12 Graf Lingkaran

c. Graf teratur (*regular graph*) adalah graf yang setiap simpulnya mempunyai derajat yang sama. Apabila setiap simpul adalah *r* maka graf tersebut disebutkan sebagai graf teratur derajat *r*. Jumlah sisi pada graf teratur dengan derajat *r* dan *n* buah simpul adalah $\frac{nr}{2}$ (Daniel & Prida, 2019). Contoh dari graf teratur adalah:



Gambar 2.13 Graf Teratur

5. Graf berbobot adalah graf yang pada setiap sisinya diberikan bobot (harga). Bobot (harga) tersebut dapat bernilai sama atau berbeda tergantung pada masalah yang ingin dimodelkan dengan graf. Bobot dapat menyatakan jarak antara dua buah kota, waktu dalam pengiriman pesan, ongkos mengantarkan, dan sebagainya yang direpresentasikan dengan dua buah simpul (Daniel & Prida, 2019). Contoh graf berbobot adalah:



Gambar 2.14 Graf Berbobot

2.2.4 Istilah Dasar pada Graf

Pembahasan mengenai graf banyak memakai istilah (terminologi) yang memiliki hubungan dengan graf tersebut. Dan penulis akan menjelaskan beberapa istilah dari graf yang diterapkan dalam penelitian ini dan merujuk dari (Daniel & Prida, 2019), adapun beberapa istilah tersebut adalah:

1. **Ketetanggaan (*Adjacentcy*)**

   Jika dua titik atau sisi terhubung langsung pada satu sisi, keduanya dikatakan bertetangga. Sebagai contoh bisa dilihat pada gambar 2.6 dimana v_1 dan v_2 bertetangga sedangkan v_1 dan v_3 tidak bertetangga.

2. **Bersisian (*Incidentcy*)**

   Sisi *e* disebut bersisian dengan simpul *v* jika *v* adalah simpul ujung dari *e* atau untuk sembarang sisi $e=(v_1,v_2)$ dan disebut dengan *e* bersisian dengan simpul v_1 dan v_2. Pada gambar 2.7 sisi e_1 bersisian dengan titik 1 dan 2 sedangkan $e_1$tidak bersisian dengan titik 4.

3. **Derajat**

   Derajat suatu simpul pada graf yang tak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut (Miftahurrahmah, 2016). Contohnya pada gambar 2.6 derajat simpul $d(v_1)=d(v_3)=2$

4. **Graf kosong (*Null Graph*)**

   Graf kosong adalah graf yang himpunan setiap sisinya merupakan himpunan kosong (Marsudi, 2016). Contoh graf kosong adalah kumpulan simpul yang tidak memiliki sisi terhadap simpul lain.

2.3 Graf Kompatibilitas

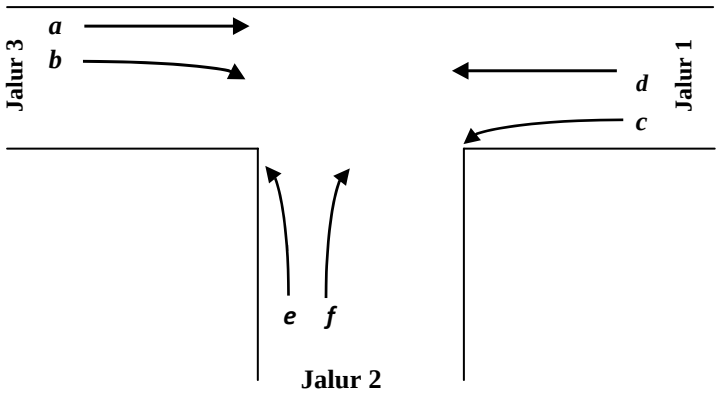
Pengertian graf kompatibilitas pertama kali digunakan pada konteks permasalahan genetika, namun semakin berkembangnya zaman menyebabkan keilmuan juga semakin berkembang dan graf kompatibilitas dipakai dalam permasalahan arkheologi, psikologi, penentuan usia karya klasik yang ditemukan oleh ilmuwan.

Kompatibilitas diambil dari kata kompatibel yang berdasarkan KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) adalah mampu bergerak dan bekerja dengan keserasian dan kesesuaian sehingga kompatibilitas diartikan sebagai sejauh mana suatu kinerja dianggap sesuai dengan sistem yang mempunyai nilai, pengalaman dan kebutuhan tanpa mengubah apapun dari sistem konsumen yang sudah ada. Graf kompatibilitas adalah salah satu bentuk penerapan dari graf yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan pengaturan data dalam urutan tertentu (Poernamasari *et al*., 2019). Graf kompatibilitas diartikan sebagai

sebuah graf yang berfungsi untuk menentukan dua buah sisi yang saling sesuai. Salah satu penggunaan graf kompatibilitas adalah untuk mengatur arus lalu lintas.

2.3.1 Graf Kompatibilitas Pada Arus Lalu Lintas

Secara umum, graf adalah kumpulan dari objek-objek yang berupa noktah (titik) dan dihubungkan dengan sebuah sisi. Bentuk umum pada graf ini akan direpresentasikan untuk sebuah arus lalu lintas di persimpangan dengan bagian simpul adalah arus lalu lintas dan sisinya merupakan penghubung arus yang kompatibel (sesuai). Arus lalu lintas dikatakan arus yang kompatibel apabila arus tersebut tidak menyebabkan adanya konflik kecelakaan bagi pengendara walaupun bentuk gerak arus lalu lintasnya menyilang dan memotong. Contoh skema arus lalu lintas yang sesuai pada persimpangan jalan diberikan pada gambar 2.15 di bawah ini.



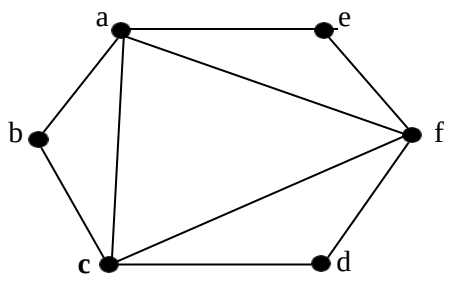
Keterangan :

⟶ = Arus Lalu Lintas

Gambar 2.15 Contoh Skema Arus yang Kompatibel

Pada gambar 2.15 telah diketahui bahwa gambar tersebut adalah contoh skema dari arus yang kompatibel. Pada jalur 1, arus kendaraan *c* kompatibel dengan arus *e*,*d* dan *a*, sedangkan arus kendaraan *d* kompatibel dengan arus *e* dan *a*. Pada jalur 2, arus kendaraan *f* kompatibel dengan arus *e* dan *c* sedangkan arus kendaraan *e* kompatibel dengan *a* dan *f*. Terakhir pada jalur 3, arus kendaraan *a*

kompatibel dengan *b* dan *c* sedangkan arus kendaraan *b* kompatibel dengan arus *a* dan *e* (Ulfah, 2018). Adapun bentuk graf dari skema arus lalu lintas di atas ditunjukkan pada gambar 2.16 di bawah ini.

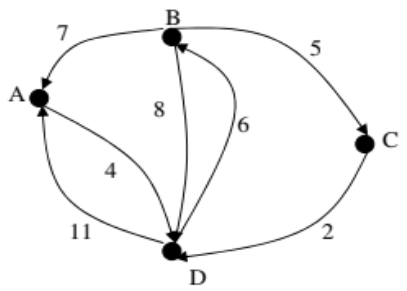


Gambar 2.16 Graf Arus Lalu Lintas yang Kompatibel

Simpul menunjukkan jalur dan sisi menunjukkan penghubung arus yang kompatibel. Jalur 1 ditunjukkan oleh simpul *e* dan *f*, jalur 2 ditunjukkan oleh simpul *c* dan *d*, dan untuk jalur 3 ditunjukkan oleh simpul *a* dan *b*.

2.3.2 Graf Ganda Berarah Berbobot untuk graf kompatibilitas

Graf ganda yang berarah dan berbobot adalah graf ganda yang memiliki arah dan setiap sisinya diberi nilai atau bobot (Poernamasari *et al*., 2019). Pemberian nilai atau bobot pada setiap sisi haruslah sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Contoh dari graf ganda yang berarah dan berbobot adalah seperti ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2.17 Graf Ganda Berarah Berbobot

Pada graf kompatibilitas yang menjadi representasi untuk arus lalu lintas, pemberian bobotnya bisa dengan melihat lebar jalan ataupun dengan melihat kondisi jalan dan volume kendaraan. Nilai pada pembobotan setiap kriteria ditetapkan oleh peneliti dan disesuaikan dengan keadaan di lapangan. Pada

penelitian ini, peneliti menggunakan kriteria lebar jalan dan volume kendaraan untuk menentukan bobot atau nilai setiap sisi pada graf.

Arus lalu lintas yang telah kompatibel (sesuai) dan tidak menyebabkan konflik di suatu jalan atau persimpangan dibentuk ke dalam graf kompatibel dan selanjutnya diubah ke dalan bentuk graf ganda berarah dengan diberi nilai atau bobot pada masing-masing sisinya. Pemodelan arus lalu lintas yang telah kompatibel ke dalam graf ganda berarah berbobot lebih baik daripada graf ganda berarah biasa dikarenakan sistem arus lalu lintas di perkotaan, yang mana pengguna jalan lebih mengutamakan waktu maka adanya representasi untuk daya dukung jalan lebih cepat akan membantu dalam pencarian rute terbaik dan terhindar dari konflik di jalanan (Poernamasari *et al*., 2019).

2.4 Metode *Webster*

Metode *Webster* dikembangkan oleh F.V Webster pada tahun 1960-an pada penelitiannya di *Road Research Laboratory* (RRL), Inggris. Metode ini digunakan untuk menentukan waktu nyala lampu dan menganalisis bagaimana sistem kinerja lampu bersinyal tersebut pada lalu lintas (Ulfah, 2018). Tujuan peneliti menggunakan metode *Webster* agar memudahkan dalam menentukan semua siklus yang optimum di persimpangan jalan.

F.V Webster mengembangkan rumus persamaan klasik untuk menghitung penundaan rata-rata ketika kendaraan telah mendekati persimpangan dan menguraikan sebuah persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu siklus yang optimum agar penundaan tersebut menjadi minimum. Kelebihan dari metode Webster adalah mudah dalam pengerjaannya dan untuk volume kendaraan yang tinggi akan menambah waktu lampu hijau yang efektif pada lampu lalu lintas.

Dalam penggunaan metode *Webster* diperlukan beberapa faktor pendukung dalam perhitungannya. Adapun faktor-faktor yang dibutuhkan untuk menggunakan metode Webster (Poernamasari *et al*., 2019), adalah:

1. Menentukan arus jenuh (s)

Tamin menjelaskan bahwa arus jenuh adalah arus optimum yang dapat melewati persimpangan dari satu arah tanpa gangguan. Arus jenuh adalah banyaknya keberangkatan kendaraan pada saat kendaraan dalam antrian yang berada di laju konstan, yakni setelah kendaraan melakukan percepatan sampai kendaraan melakukan perlambatan selama periode lampu hijau dan kuning (Poernamasari *et al*., 2019).

Arus jenuh yang dinotasikan (s) dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam. Untuk menentukan arus jenuh pada masing-masing pergerakan dilakukan dengan mengukur lebar jalan. Rumus untuk menentukan arus jenuh dapat dilihat pada persamaan 2.1 di bawah ini.

$$s = 525 \times w \text{ smp/jam} \tag{2.1}$$

Dimana:

s = arus jenuh

w = lebar jalan

Persamaan di atas dapat digunakan jika lebar jalan lebih besar dari 5,5 m jika lebar jalan lebih kecil dari 5,5 m maka persamaan di atas tidak linear dan digunakan tabel ketetapan untuk memperkirakan arus jenuh. Tabel di bawah ini adalah tabel arus jenuh untuk lebar jalan < 5,5 m.

Tabel 2.1 Arus jenuh untuk Lebar Jalan < 5,5 m

Lebar jalan (m)	3 m	3,5 m	4 m	4,5 m	5 m	5,5 m
Arus jenuh (s) (smp/jam)	1.850	1.875	1.975	2.175	2.550	2.900

Sumber: *Diktat Kuliah RRL 9*, (Staf Pengajar ITP)

Rasio arus normal untuk arus jenuh (*y*) ditunjukkan oleh persamaan 2.2 di bawah ini.

$$y = \frac{Q}{s} \tag{2.2}$$

Dimana:

Q = Arus kendaraan (smp/jam) di lapangan

S = Arus jenuh (smp/jam) di tabel

Sedangkan untuk ukuran kemacetan yang dinyatakan sebagai rasio fase digunakan rumus: $FR = \sum y \max$ dan dinotasikan sebagai Y yaitu jumlah *y* maksimum pada seluruh fase.

Satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan kendaraan di dalam arus lalu lintas yang disetarakan sesuai dengan kendaraan ringan atau mobil penumpang. Smp disesuaikan oleh jenis atau tipe kendaraan, dimensi kendaraan dan pola gerak kendaraan (Poernamasari *et al*., 2019).

Klasifikasi kendaraan sangat diperlukan untuk mengkonversi semua volume kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam. Analisis ini dilakukan dengan cara mengalikan jumlah total tiap-tiap jenis kendaraan dengan faktor konversi yang ada pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Satuan mobil penumpang untuk simpang bersinyal

Jenis kendaraan	Smp	
	Pendekat terlindung	Pendekat terlawan
Kendaraan Ringan (KR)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (KB)	1,3	1,3
Sepeda Motor	0,2	0,4

Sumber: *Diktat Kuliah RRL 9*, (Staf Pengajar ITP)

2. Menentukan waktu siklus yang optimum

Dalam menentukan waktu siklus optimum diperlukan waktu hilang (L), yaitu lama waktu satu siklus pada saat tidak ada kendaraan. Hal ini tidak hanya dilakukan saat lampu waktu merah semua tetapi juga waktu lampu dalam keadaan merah/merah/kuning dan sebagian waktu persiapan jalan (*starting up*) serta waktu persiapan berhenti (*tailing off*) pada saat terjadinya

perubahan warna lampu. Waktu yang hilang dihitung dengan rumus pada persamaan 2.3 di bawah ini.

$$L_t = 2n + R \tag{2.3}$$

Dimana:

n = Banyaknya fase

R =Waktu hilang yang disebabkan antrian (waktu kuning)

L_t= Dilambangkan untuk jumla jangka waktu hijau dikurang satu detik tiap lampu hijau.

Pada penelitian yang dilakukan Webster terhadap jalan Inggris (*Road Research Laboratory*), Webster menurunkan rumus untuk menentukan waktu siklus optimum (C_o) yang ditunjukkan pada persamaan 2.4 di bawah ini.

$$C_O = \frac{1,5L + 5}{1 - Y} \tag{2.4}$$

Dimana:

L = Waktu hitung total per siklus

Y = Jumlah *y* maksimum untuk semua fase

Dan untuk perhitungan lampu hijau nyala dengan efektif pada suatu persimpangan jalan adalah dengan persamaan 2.5 di bawah ini.

$$g = \frac{y(C_O - L)}{Y} \tag{2.5}$$

Dimana:

g = waktu hijau efektif

y = tingkat arus lalu lintas setiap persimpangan

C_O = waktu siklus

L = Waktu hilang total

Y = Jumlah *y* maksimum untuk seluruh fase

2.5 Wahdatul Ulum (Kaitan Kajian Keislaman dengan Penelitian)

Persimpangan jalan merupakan salah satu area yang rawan terjadinya kemacetan dan kecelakaan karena kelalaian manusia melanggar aturan lalu lintas yang telah ditetapkan. Islam mengajarkan bagaimana bersikap dengan baik dalam seluruh kegiatan kehidupan termasuk saat berlalu lintas dan Allah SWT telah berfirman dalam Q.S An-Naml [27]: 17-19. Adapun teks ayat tersebut beserta terjemahannya adalah:

وَحُشِرَ لِسُلَيۡمَٰنَ جُنُودُهُۥ مِنَ ٱلۡجِنِّ وَٱلۡإِنسِ وَٱلطَّيۡرِ فَهُمۡ يُوزَعُونَ ١٧

حَتَّىٰٓ إِذَآ أَتَوۡاْ عَلَىٰ وَادِ ٱلنَّمۡلِ قَالَتۡ نَمۡلَةٞ يَٰٓأَيُّهَا ٱلنَّمۡلُ ٱدۡخُلُواْ مَسَٰكِنَكُمۡ لَا يَحۡطِمَنَّكُمۡ سُلَيۡمَٰنُ وَجُنُودُهُۥ وَهُمۡ لَا يَشۡعُرُونَ ١٨

فَتَبَسَّمَ ضَاحِكٗا مِّن قَوۡلِهَا وَقَالَ رَبِّ أَوۡزِعۡنِيٓ أَنۡ أَشۡكُرَ نِعۡمَتَكَ ٱلَّتِيٓ أَنۡعَمۡتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَٰلِدَيَّ وَأَنۡ أَعۡمَلَ صَٰلِحٗا تَرۡضَىٰهُ وَأَدۡخِلۡنِي بِرَحۡمَتِكَ فِي عِبَادِكَ ٱلصَّٰلِحِينَ ١٩

Artinya: (17) Dan untuk Sulaiman dikumpulkan bala tentaranya dari jin, manusia dan burung, lalu mereka berbaris dengan tertib. (18) Hingga ketika mereka sampai di lembah semut berkatalah seekor semut : "Wahai semut-semut, masuklah ke dalam sarang-sarangmu, agar kamu tidak diinjak oleh Sulaiman dan bala tentaranya, sedangkan mereka tidak menyadari." (19) Maka dia (Sulaiman) tersenyum lalu tertawa karena (mendengar) perkataan semut itu. Dan dia berdo'a: "Ya Tuhanku anugerahkanlah aku ilham untuk tetap mensyukuri nikmat-Mu yang telah Engkau anugerahkan kepadaku dan kepada kedua orang tuaku dan agar aku mengejarkan kebajikan yang Engkau ridhoi, dan masukkanlah aku dengan rahmat-Mu ke dalam golongan hamba-hamba-Mu yang sholeh." (Q.S An-Naml[27]:17-19)

Penafsiran oleh tafsir tabawi terhadap ayat-ayat di atas yaitu terdapat beberapa prinsip lalu lintas yang diajarkan oleh tiga ayat dalam surah An-Naml di atas (Zulheldi, 2019). Tiga prinsip atau ajaran utama dalam berlalu lintas dari ayat-ayat tersebut adalah: Pertama, Taat aturan dikarenakan pengguna jalan yang baik haruslah menaati setiap aturan yang ada dengan tertib dan teratur agar semua hal yang berada di jalan berjalan dengan kondusif. Kedua, saling menghormati semua makhluk pengguna jalan seperti kisah Nabi Sulaiman yang berjalan dengan

bala-tentaranya lalu bertemu dengan perkumpulan semut. Semut memanglah makhluk kecil namun pada ayat-ayat di atas tampak bahwa semut juga memiiki hak yang sama di jalan tersebut, jika seorang Raja harus mengakui hak makhluk kecil seperti semut sudah seharusnya sesama manusia mengerti akan hak manusia lain di jalanan dan saling menghormatinya tanpa ada rasa ingin mengambil hak orang lain seperti mendahului bahkan saat lampu merah masih menyala. Ketiga, banyak bersyukur seperti pada ayat 19 dikisahkan Nabi Sulaiman yang bersyukur karena bisa memahami bahasa semut dan karena hal tersebut beliau mengetahui bahwa ada sekelompok semut juga yang ingin melewati jalan tersebut. Sebagai pengguna jalan haruslah melakukan perjalanan dengan penuh rasa syukur agar mendatangkan keamanan dan kenyamanan bagi pengendara tersebut.

Pada persimpangan Kolonel Yos Sudarso selama dilakukan penelitian ditemui di lapangan bahwa terdapat pengguna jalan yang suka melanggar aturan yang telah ditetapkan. Hal itu juga yang menjadi penyebab di jalan tersebut hampir sering terjadi konflik antar kendaraan. Sehingga perlu adanya pengaturan langsung di lapangan oleh pihak yang lebih berwenang agar setiap pengguna jalan merasakan keamanan dan kenyamanan di perjalanannya.

2.6 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian Indah Poernamasari, dkk pada tahun 2019 mengenai pengendalian lampu lalu lintas pada persimpangan Jalan Babe Palar. Penelitian ini menggunakan metode Webster dan dapat dikatakan bahwa metode *Webster* cukup efektif untuk mengatasi masalah pengaturan arus lalu lintas. Pada penelitian ini diperole hasil ada 3 fase yang dapat dilakukanuntuk menghitung nyala lampu pada persimpangan babe palar dan waktu siklus optimum yang didapatkan adalah sebesar 137 detik dan waktu nyala lampu hijau ditambah pada ruas jalan yang memiliki tingkat volume arus lalu lintas yang tinggi.
2. Penelitian Yuniar Farida, dkk pada tahun 2020 mengenai memodelkan arus lalu lintas dan menetapkan waktu tunggu yang optimal untuk

persimpangan Jalan Jemur Andayani Ahmad Yani. Penelitian ini menggunakan graf kompatibel dalam menyelesaikan permasalahan terhadap arus lalu lintas di persimpangan tersebut. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu hasil total bagi waktu tunggu kendaraan pada persimpangan jalan Jemur Andayani dengan perkiraan jika pengendara mengikuti lampu dan ke arah kiri adalah 75 detik. Sedangkan perkiraan waktu tunggu untuk pengendara yang tidak mengikuti lampu namun ke arah kiri adalah 60 detik. Sehingga pada penelitian ini disimpulkan bahwa waktu tunggu yang dilakukan di lapangan lebih efektif daripada waktu tunggu yang telah diterapkan di *Frontage* Jalan Jemur Andayani, yaitu pengendara mendapatkan waktu tunggu 170 detik dan mengikuti lampu menuju arah kiri.

3. Penelitian Cahyani Ulfah pada tahun 2018 mengenai pengoptimalan pengendalian lampu lalu lintas di Kota Medan. Penelitian ini menggunakan graf dan metode *Webster* untuk menentukan optimasi waktu tunggu pada lampu lalu lintas di persimpangan Jalan Iskandar Muda. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah dengan graf didapatkan bahwa sebanyak tiga fase lampu untuk penentuan waktu siklus lalu lintas yaitu fase pertama Jalan Jamin Ginting (RS Siti Hajar), fase kedua Iskandar Muda, dan fase ketiga K.H. Wahid Hasyim. Selanjutnya dengan metode *Webster* diperoleh waktu siklus optimum pada persimpangan sebesar 182 detik, dimana telah terjadi pengurangan sebesar 8%. Hasil dari metode *Webster* cukup efektif dengan keadaan volume kendaraan di persimpangan Iskandar muda karena ditambahnya waktu nyala lampu hijau pada setiap jalur yang bervolume tinggi.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak februari sampai Agustus 2021. Penelitian dilaksanakan pada persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso, Glugur Kota dan Dinas Perhubungan (DISHUB) Kota Medan.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian terapan (*Applied Research*) yaitu penelitian yang dilakukan untuk menerapkan hasil penelitian dalam kehidupan. Adapun pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif yaitu pendekatan dimana setiap variabel diberikan simbol berupa angka yang berbeda-beda sesuai dengan informasi yang didapatkan bagi karakter simbol tersebut (Sumanto, 2020). Data-data yang telah didapat di lapangan selanjutnya dibentuk ke dalam gambar yang berupa graf kompatibel dan angka yang diolah dengan perangkat analisis yaitu metode *Webster* untuk memperoleh kesimpulan penelitian.

3.3 Jenis Data dan Sumber Data

Jenis data dan sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder yang diperoleh melalui instansi atau lembaga yang lebih relevan yaitu Dinas Perhubungan Kota Medan dan Data Primer yang diperoleh langsung di tempat penelitian. Data sekunder berupa nama jalan dan lebar setiap jalur yang ditetapkan sedangkan data primer berupa waktu lampu lalu lintas dan volume kendaraan pada lalu lintas di persimpangan tersebut.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan dalam sebuah penelitian. Jenis variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah jalur pada persimpangan, lebar jalan pada setiap jalur di

persimpangan, waktu nyala lampu lalu lintas dan jumlah kendaraan pada waktu tunggu.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah yang digunakan sebagai alat untuk menjawab semua pertanyaan pada penelitian. Adapun langkah-langkah untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data, meliputi:
   a. Data keadaan jalan (geometri), yang berupa nama jalan, bentuk persimpangan, jumlah jalur pada persimpangan, dan lebar setiap jalur.
   b. Data volume kendaraan pada lalu lintas dalam satu jam dihitung setiap 15 menit sekali sampai menuju waktu puncak (*Peak Hour*). Selanjutnya setiap satu jam data yang telah diperoleh dikonversikan. Setiap kendaraan yang melewati persimpangan selanjutnya dikomposisi dan diklasifikan ke dalam tiga jenis, yaitu:
      1. *Light Vehicle* (LV) adalah kendaraan yang memiliki roda empat dan lebih ringan. Contohnya angkutan umum, kendaraan untuk penumpang dan *pickup.*
      2. *Heavy Vehicle* (HV) adalah kendaraan yang memiliki roda lebih dari 4 roda dan lebih berat. Contohnya truk, bus, dan lain sebagainya.
      3. *Motorcycle* (MC) adalah kendaraan yang memiliki roda dua seperti sepeda motor dan becak motor.
   c. Waktu untuk pengumpulan data volume kendaraan akan dibagi menjadi tiga waktu yaitu:
      1. Waktu pagi, pada pukul 07.00-08.00 WIB dengan perkiraan banyaknya kendaraan yang mulai melakukan aktivitas dan mulai berpergian.
      2. Waktu siang, pada pukul 12.00-13.00 WIB dengan perkiraan banyak orang yang istirahat dalam melakukan kegiatan dan berlalu lalang di jalan.

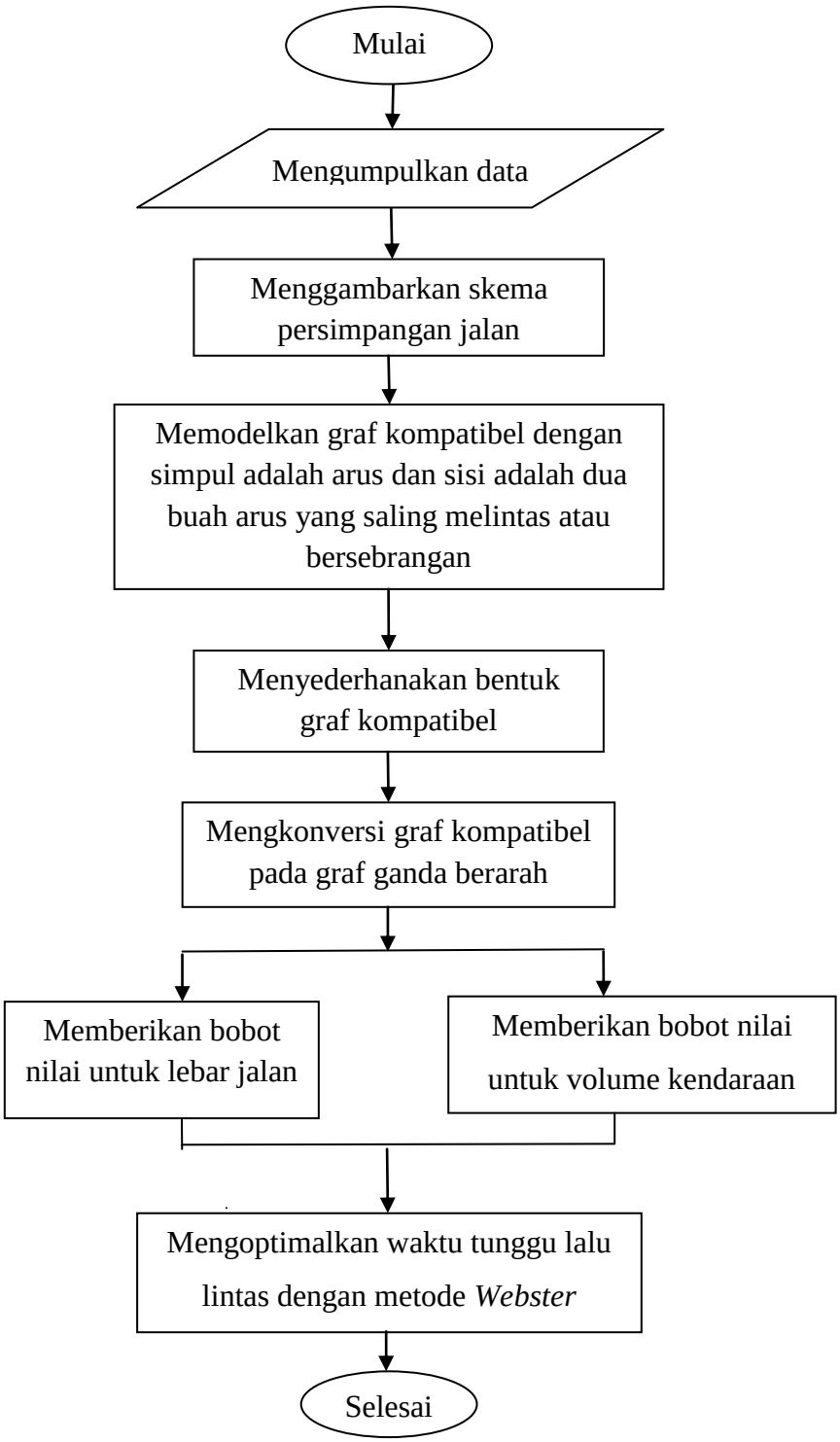
3. Waktu sore, pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan perkiraan banyak pekerja yang selesai melakukan aktivitas dan kembali pulang melewati persimpangan tersebut.

2. Menggambarkan bentuk dari persimpangan empat jalan Kolonel Yos Sudarso.
3. Mengkonversikan bentuk dari persimpangan tersebut pada graf yang kompatibel, dengan arus dipresentasikan oleh simpul/titik dan sisi dilambangkan sebagai dua buah simpul yang saling melewati atau bersebrangan. Pasangan jalur yang kompatibel direpresentasikan oleh sisi.
4. Menyederhanakan graf yang telah kompatibel.
5. Mengkonversi bentuk graf yang telah kompatibel pada bentuk graf ganda berarah dan berbobot, dengan ketetapan sebagai berikut:
   a. Klasifikasi pemberian bobot nilai untuk lebar jalan
      1) Jalan dengan lebar dibawah 3 m diberi bobot nilai 4
      2) Jalan dengan lebar antara 3 sampai 4 m diberi bobot nilai 3
      3) Jalan dengan lebar yang lebih dari 4 sampai 5 m diberi bobot nilai 2
      4) Jalan dengan lebar lebih dari 5 m diberi bobot nilai 1
   b. Klasifikasi pemberian bobot nilai untuk volume kendaraan
      1) Diatas 2.000 kend/jam diberi nilai 5
      2) 1.500-1.999 kend/jam diberi nilai 4
      3) 1.000-1.499 kend/jam diberi nilai 3
      4) 500-999 kend/jam diberi nilai 2
      5) 0-499 kend/jam diberi nilai 1

   Pengasumsian pembobotan ini telah diterapkan oleh beberapa peneliti sebelumnya yaitu (Ulfah, 2018) dan (Poernamasari *et al*., 2019) dan terlihat cukup efektif sehingga peneliti juga menerapkan pembobotan seperti ini.
6. Mengoptimalkan waktu tunggu lalu lintas menggunakan Metode *Webster* dengan langkah sebagai berikut:
   a. Menghitung siklus optimum menggunakan persamaan 2.4

b. Menghitung waktu hijau efektif menggunakan persamaan 2.5
c. Menghitung waktu merah efektif

Berdasarkan prosedur penelitian yang telah dipaparkan di atas, alur penelitian yang digunakan peneliti adalah:



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian (*flowchart*)

BAB IV

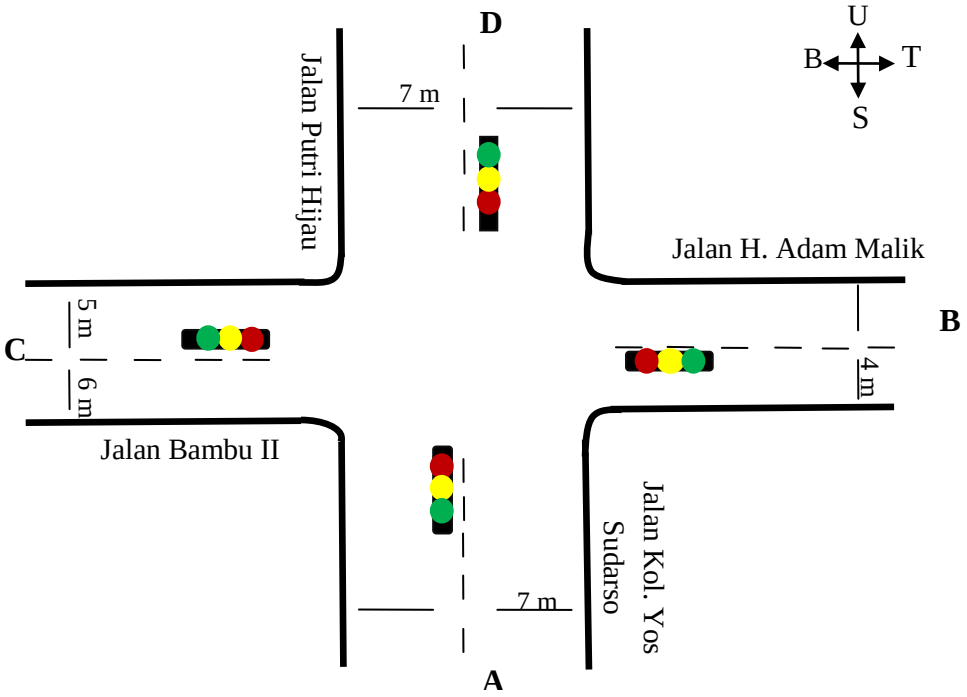
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PENELITIAN

4.1.1 Pengumpulan Data

4.1.1.1 Data geometri

Persimpangan yang dijadikan lokasi pada penelitian ini adalah salah satu persimpangan yang ada di kota Medan. Persimpangan tersebut adalah persimpangan empat pada Jalan Kolonel Yos Sudarso, Jalan Bambu II, Jalan Putri Hijau dan Jalan H. Adam Malik. Adapun gambaran jalan persimpangan empat tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1 dan di bawah ini.



Gambar 4.1 Persimpangan Empat Jalan Kol. Yos Sudarso

Lebar jalan pada setiap simpang di persimpangan empat jalan Kolonel Yos Sudarso, adalah:

1. Jalan Kolonel Yos Sudarso (A) memiliki 2 jalur simpang, dimana terdapat jalur keluar dan jalur masuk dengan lebar masing-masing 7 m.
2. Jalan H. Adam Malik (B) memiliki 2 jalur simpang yaitu jalur masuk dengan lebar 5 m dan jalur keluar dengan lebar 4 m.
3. Jalan Bambu II (C) memiliki 2 jalur simpang dengan lebar jalur masuk 6 m dan jalur keluar 5 m.
4. Jalan Putri Hijau (D) memiliki 2 jalur simpang, dimana jalur keluar dan masuk memiliki lebar masing-masing 7 m.

4.1.1.2 Data waktu lampu lalu lintas pada persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso

Setelah dilakukan pengamatan langsung di persimpangan jalan Kolonel Yos Sudarso didapatkan lama waktu lampu lalu lintas pada persimpangan tersebut. Pengumpulan data dilakukan dalam tiga fase yaitu pagi, siang, dan sore. Dan dapat dilihat pada tabel dibawah ini, data waktu nyala lampu pada persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso adalah:

Tabel 4.1 Waktu lampu lalu lintas pada persimpangan

Persimpangan	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total waktu
Jalan Kolonel Yos Sudarso (A)	129	3	115	247
Jalan H. Adam Malik (B)	114	3	74	191
Jalan Bambu II (C)	106	3	74	183
Jalan Putri Hijau (D)	124	3	119	246

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Medan

4.1.1.3 Data volume kendaraan pada lalu lintas di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso

Pengumpulan data untuk volume kendaraan dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan dengan menghitung semua jenis kendaraan yang lewat. Pengumpulan data dilakukan per-jam dalam tiga fase yaitu pagi, siang, dan sore selanjutnya data yang telah didapat dalam per-jam dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) per-jam. Pengumpulan data dilakukan selama 7 hari dimulai pada hari rabu pada tanggal 23 Juni sampai dengan 29 Juni 2021 dimana Senin-Jum'at mewakili hari kerja dan Sabtu-Minggu mewakili hari libur.

Dari ketujuh hari yang telah dilakukan pengamatan di persimpangan tersebut didapati bahwa puncak arus lalu lintas terjadi pada hari Senin 28 Juni 2021 dan data volume kendaraan tersebut menjadi data yang digunakan pada penelitian ini. Dibawah ini adalah data volume kendaraan pada puncak arus lalu lintas di persimpangan empat jalan Kolonel Yos Sudarso.

Tabel 4.2 Volume kendaraan pada arus lalu lintas di pagi hari

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	49	2	93	25	3	32	20	1	75	26	2	58
2	07:03 - 07:06	51	1	185	32	5	107	22	2	91	50	2	52
3	07:06 - 07:09	47	2	74	31	3	87	15	3	77	33	1	56
4	07:09 - 07:12	79	2	76	40	4	52	12	3	86	37	3	57
5	07:12 - 07:15	86	3	57	61	6	30	11	0	33	35	1	54
6	07:15 - 07:18	76	1	115	58	7	72	28	1	115	27	1	42
7	07:18 -	35	2	146	33	4	78	26	1	125	43	2	41

	07:21												
8	07:21 - 07:24	42	0	57	31	5	82	34	0	84	35	2	46
9	07:24 - 07:27	27	2	90	37	5	92	28	1	77	19	1	42
10	07:27 - 07:30	24	1	163	26	6	93	21	0	77	23	3	54
11	07:30 - 07:33	28	0	131	30	4	70	21	0	66	37	2	44
12	07:33 - 07:36	20	1	62	22	3	63	10	3	76	33	1	48
13	07:36 - 07:39	46	2	137	44	5	56	19	2	88	25	2	49
14	07:39 - 07:42	47	2	89	20	6	62	14	1	86	33	1	45
15	07:42 - 07:45	32	2	123	25	3	32	17	2	93	43	3	62
16	07:45 - 07:48	74	3	103	57	6	57	26	2	85	27	2	48
17	07:48 - 07:51	66	5	78	63	7	68	22	3	35	35	3	56
18	07:51 - 07:54	82	4	112	65	2	56	35	2	43	29	2	67
19	07:54 - 07:57	71	1	96	36	3	43	32	1	95	37	1	51
20	07:57 - 08:00	54	2	67	50	4	67	37	2	42	33	4	114
Total perjenis kendaraan		1036+38+2054			786+91+1299			450+30+1549			660+39+1086		
Total Keseluruhan		3128			2176			2029			1785		

Tabel 4.3 Volume kendaraan pada arus lalu lintas di siang hari

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	12:00 – 12:03	51	2	135	28	2	93	62	3	50	47	1	65
2	12:03 - 12:06	63	3	78	45	1	78	27	1	81	45	1	54
3	12:06 -	49	1	56	59	5	121	25	1	57	36	1	51

	12:09												
4	12:09 - 12:12	67	0	75	29	1	61	28	2	75	49	0	39
5	12:12 - 12:15	54	2	64	38	4	84	20	0	43	51	2	54
6	12:15 - 12:18	62	4	54	30	3	95	24	4	41	37	3	42
7	12:18 - 12:21	52	1	82	34	3	78	33	2	75	53	2	38
8	12:21 - 12:24	36	3	119	41	2	79	27	0	67	39	1	55
9	12:24 - 12:27	47	2	67	36	4	95	32	3	46	62	1	53
10	12:27 - 12:30	115	1	76	33	4	93	29	4	58	54	2	48
11	12:30 - 12:33	85	1	129	24	4	91	38	1	48	78	0	41
12	12:33 - 12:36	34	1	65	25	3	84	33	0	57	66	3	39
13	12:36 - 12:39	77	2	113	47	7	85	44	2	50	48	4	56
14	12:39 - 12:42	124	2	59	69	9	113	38	1	47	37	0	47
15	12:42 - 12:45	87	0	93	57	5	76	54	4	45	56	0	61
16	12:45 - 12:48	59	0	79	48	3	84	36	2	57	53	0	76
17	12:48 - 12:51	76	0	57	56	2	96	48	3	42	42	0	49
18	12:51 - 12:54	91	1	53	62	0	67	27	1	52	46	1	68
19	12:54 - 12:57	74	1	65	52	1	59	46	0	43	44	1	53
20	12:57 - 13:00	80	2	149	71	4	112	61	2	68	56	1	42
Total perjenis kendaraan		1383+29+1668			884+67+1744			732+36+1102			999+24+1031		
Total Keseluruhan		3080			2695			1870			2054		

Tabel 4.4 Volume kendaraan pada arus lalu lintas di sore hari

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	16:00 – 16:03	54	1	96	44	3	77	26	3	64	43	2	68
2	16:03 - 16:06	56	1	77	42	1	81	66	5	66	47	1	62
3	16:06 - 16:09	49	0	49	45	6	115	42	1	72	51	1	57
4	16:09 - 16:12	57	1	76	63	10	82	30	2	76	49	1	54
5	16:12 - 16:15	55	1	81	53	6	105	26	2	74	46	1	51
6	16:15 - 16:18	62	3	95	52	3	101	33	2	76	55	1	49
7	16:18 - 16:21	32	2	68	56	5	82	26	2	80	38	3	63
8	16:21 - 16:24	39	1	87	43	5	90	24	1	85	42	2	57
9	12:24 - 12:27	68	0	79	42	3	91	27	1	128	57	1	58
10	16:27 - 16:30	56	0	75	57	6	97	22	4	96	52	1	57
11	16:30 - 16:33	53	0	84	46	3	77	23	1	121	49	1	54
12	16:33 - 16:36	67	0	81	35	2	84	17	1	91	57	2	46
13	16:36 - 16:39	59	1	119	45	4	59	22	2	88	61	2	39
14	16:39 - 16:42	114	1	97	53	3	80	21	0	91	47	4	47
15	16:42 - 16:45	65	1	89	46	2	70	27	1	112	38	3	53
16	16:45 - 16:48	57	1	92	55	3	99	38	3	80	43	2	62
17	16:48 - 16:51	67	0	81	57	3	86	42	2	87	55	1	65
18	16:51 - 16:54	78	1	79	52	2	97	37	1	139	62	0	64

19	16:54 - 16:57	59	1	87	49	1	83	51	2	153	79	1	72
20	16:57 - 17:00	126	0	111	58	7	128	70	1	153	82	2	96
Total perjenis kendaraan		1273+16+1703			993+78+1784			670+37+1932			1053+32+1174		
Total Keseluruhan		2992			2855			2639			2259		

Keterangan:

1. LV (*Light Vehicle*): Kendaraan roda empat namun lebih ringan, seperti mobil pribadi, angkutan umum, dan *pick up*.
2. HV (*Heavy Vehicle*): Kendaraan roda lebih dari empat dan lebih berat, seperti truk, dan bus.
3. MC (*Motorcycle*): Kendaraan roda dua seperti sepeda motor dan becak motor.

4.1.2 Pengolahan data

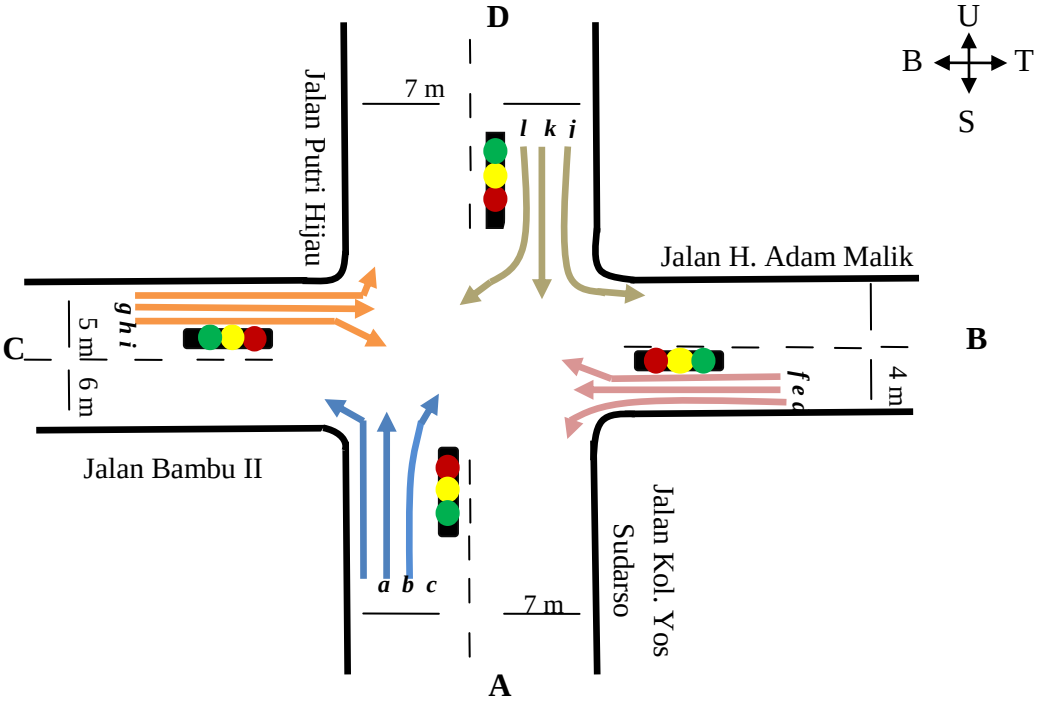
4.1.2.1 Sistem arus lalu lintas pada Persimpangan Empat Jalan Kolonel Yos Sudarso

Pada persimpangan empat ini terdapat sistem arus lalu lintas yang telah ditetapkan sesuai dengan peraturan dan mengikuti arahan lampu bersinyal (lampu lalu lintas). Sistem arus lalu lintas di persimpangan ini selanjutnya diubah ke dalam bentuk graf kompatibel agar sesuai dengan arus lalu lintas tersebut. Pada saat survei awal ditentukan bahwa terdapat beberapa lintasan yang dapat melintas dan lintasan bagian mana saja yang dapat melintas secara bersamaan ataupun tidak sehingga tak menyebabkan konflik di persimpangan tersebut.

Pembentukan graf dilakukan dengan membentuk arus lalu lintas ke dalam bentuk sisi-sisi yang saling berhubungan dengan noktah (titik)

sebagai penghubungnya. Adapun sisi-sisi yang kompatibel (sesuai) menunjukkan hubungan dua arus lalu lintas atau lebih yang dapat berjalan dengan baik, aman, dan tidak menyebabkan konflik pada persimpangan empat tersebut.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, sistem arus lalu lintas yang ditetapkan pada persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.2 Skema Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Empat Jalan Kol. Yos Sudarso

Keterangan

A = Jalan Kolonel Yos Sudarso

B = Jalan H. Adam Malik

C = Jalan Bambu II

D = Jalan Putri Hijau

Sistem arus lalu lintas yang dapat melintas dan dilewati pada persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso adalah:

A-C: Arah jalan Kolonel Yos Sudarso menuju arah jalan Bambu II

A-D: Arah jalan Kolonel Yos Sudarso menuju arah jalan Putri Hijau

A-B: Arah jalan Kolonel Yos Sudarso menuju arah jalan H. Adam Malik

B-A: Arah jalan Adam Malik menuju arah jalan Kolonel Yos Sudarso

B-C: Arah jalan Adam Malik menuju arah jalan Bambu II

B-D: Arah jalan Adam Malik menuju arah jalan Putri Hijau

C-D: Arah jalan Bambu II menuju arah jalan Putri Hijau

C-B: Arah jalan Bambu II menuju arah jalan H. Adam Malik

C-A: Arah jalan Bambu II menuju arah jalan Kolonel Yos Sudarso

D-B: Arah jalan Putri Hijau menuju arah jalan H. Adam Malik

D-A: Arah jalan Putri Hijau menuju arah jalan Kolonel Yos Sudarso

D-C: Arah jalan Putri Hijau menuju arah jalan Bambu II

Dari gambar 4.2 yang merupakan skema arus lalu lintas pada persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso akan dijelaskan bahwa:

1. Garis berwarna biru dengan jalur *a, b,* dan *c* adalah jalur kendaraan dari arah jalan Kolonel Yos Sudarso menuju arah Jalan Bambu II (*a*), arah jalan Putri Hijau (*b*), dan arah jalan H. Adam Malik (*c*)

2. Garis berwarna pink dengan jalur *d, e,* dan *f* adalah jalur kendaraan dari arah jalan H, Adam Malik menuju arah jalan Kolonel yos Sudarso (*d*), arah jalan Bambu II (*e*), dan arah jalan Putri Hijau (*f*).

3. Garis berwarna oranye dengan jalur *g, h,* dan *i* adalah jalur kendaraan dari arah jalan Bambu II menuju arah jalan Putri

Hijau (*g*), arah jalan H. Adam Malik (*h*), dan arah jalan Kolonel Yos Sudarso (*i*).

4. Garis berwarna cokelat dengan jalur *j*,*k*,dan *l* adalah jalur kendaraan dari arah jalan Putri Hijau menuju arah jalan H. Adam Malik (*j*), arah jalan kolonel yos sudarso (*k*), dan arah jalan Bambu II (*l*).

Pembentukan graf kompatibel pada persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso berdasarkan pada skema penggambaran arus lalu lintas di atas. Arus lalu lintas dikatakan kompatibel jika kedua arus tersebut dapat berjalan secara bersamaan dalam satu waktu tanpa adanya konflik yang disebabkan. Pada persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso dibentuk graf kompatibel dengan mencari arus lalu lintas yang dimana pada persimpangan tersebut dua buah jalur dapat berjalan bersamaan.

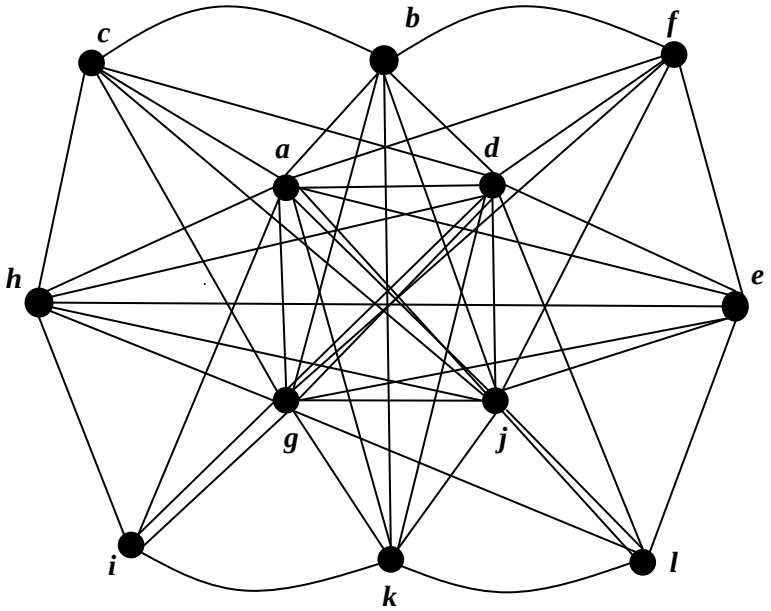
Dapat dilihat pada gambar 4.2 bahwa jalur *a, d, g,* dan *j* adalah jalur yang arus lalu lintasnya kompatibel terhadap semua jalur lainnya dikarenakan untuk keempat jalur ini merupakan jalur yang tidak perlu mengikuti peraturan lampu lalu lintas karena dapat langsung belok kiri ke jalur berikutnya. Sedangkan jalur *b* arus lalu lintasnya kompatibel dengan jalur *a* dan *c* tetapi tidak kompatibel dengan jalur *e, h, i* dan *l*. adapun untuk arus lalu lintas pada jalur *c, e, f, h, i, k,* dan *l* dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Jalur yang kompatibel dan tidak kompatibel

Arus lalu lintas pada Jalur	Kompatibel dengan	Tidak Kompatibel dengan
A	*b, c, d, e, f, g, h, i, j, k,* dan *l*	-
B	*a, c, d, f, g, j, k*	*e, h, i,* dan *l*
C	*a, b, d, g, h,* dan *j*	*e, f, i, k,* dan *l*

D	*a, b, c,e, f, g, h, i, j, k,* dan *l*	-
E	*a, d, f, g, h, j,* dan *l*	*b, c, i,* dan *j*
F	*a, b, d, e, g,* dan *j*	*c, h, i,* dan *l*
G	*a, b, c, d, e, f, h, i, j, k,* dan *l*	-
H	*a, c, d, e, g, i,* dan *j*	*b, f, k,* dan *l*
I	*a, d, g, h,* dan *k*	*b, c, e, f, j* dan *l*
J	*a, b, c, d, e, f, g, h, i, k,* dan *l*	-
K	*a, b, d, g, i, j,* dan *l*	*c, e, f, h,* dan *k*
L	*a, d, e, g, j,* dan *k*	*b, c, f, h,* dan *i*

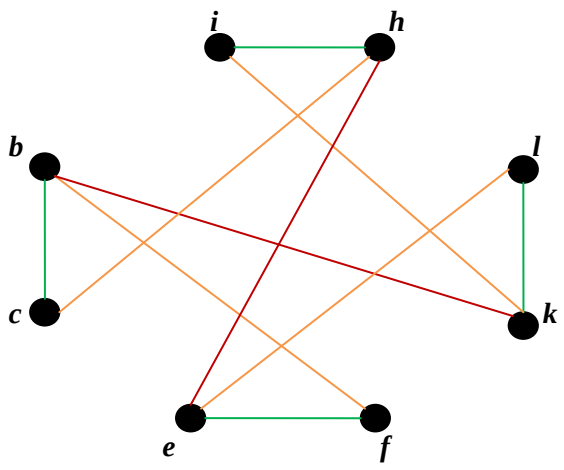
Selanjutnya arus lalu lintas yang telah kompatibel dibentuk ke dalam graf kompatibel yang dibentuk dengan simpul (noktah) sebagai jalur arus lalu lintas dan setiap simpul yang sesuai dihubungkan dengan sebuah sisi.



Gambar 4.3 Graf Kompatibel untuk arus lalu lintas di persimpangan

Gambar diatas merupakan hasil dari graf kompatibel terhadap arus lalu lintas yang terjadi di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso, dimana terdapat 12 jalur dan ada beberapa jalur yang arus lalu lintasnya

kompatibel terhadap jalur yang lain dengan berdasarkan pada pengaturan lampu lalu lintas seperti yang telah dijelaskan pada tabel 4.5 dimana terdapat jalur yang arus lalu lintasnya kompatibel dan tidak kompatibel terhadap jalur yang lain. Selanjutnya graf kompatibel ini akan disederhanakan karena jalur *a, d, g,* dan *j* kompatibel terhadap semua jalur maka *a, d, g,* dan *j* dihilangkan. Adapun penyederhanaan graf kompatibel dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Penyederhanaan Graf Kompatibel

Keterangan:

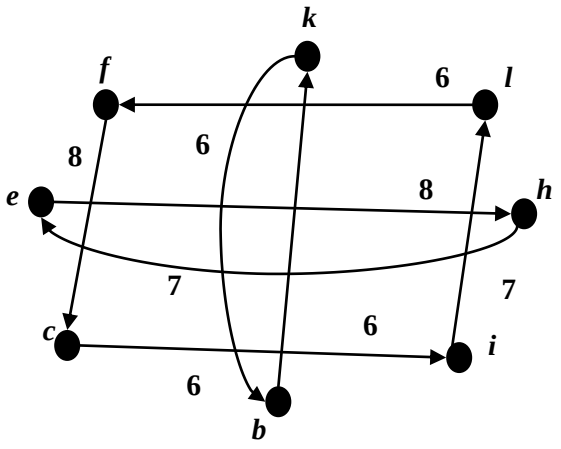
1. Untuk sisi berwarna hijau adalah sisi yang menunjukkan dua buah arus yang berjalan bersamaan
2. Untuk sisi yang berwarna oranye adalah sisi yang menunjukkan dua buah arus menuju ke arah yang sama
3. Untuk sisi yang berwarna merah adalah sisi yang menunjukkan dua buah arus yang berlawanan arah

Setelah graf kompatibel pada gambar 4.3 disederhanakan selanjutnya graf kompatibel ini akan diubah ke dalam bentuk graf ganda berarah berbobot. Pemberian bobot pada tiap jalur di persimpangan didasarkan pada asumsi yang telah ditetapkan pada bab sebelumnya.

Sehingga untuk masing-masing titik pada persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso memiliki bobot:

a. Titik b dan c memiliki lebar jalan sebesar 7 m dan volume *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada pagi hari pukul 07.00-08.00 dimana jumlah kendaraan 3128 kend/jam (dilihat pada tabel 4.3-4.5 dan diambil jumlah yang paling besar) maka untuk lebar jalan diberikan bobot nilai 1 dan volume kendaraan diberikan bobot nilai 5, sehingga titik a dan b memiliki bobot nilai 6.
b. Titik e dan f memiliki lebar jalan sebesar 4 m dan volume *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada sore hari pukul 16.00-17.00 dimana jumlah kendaraan 2855 kend/jam maka untuk lebar jalan diberikan bobot nilai 3 dan volume kendaraan diberikan bobot nilai 5, sehingga titik e dan f memiliki bobot nilai 8.
c. Titik h dan i memiliki lebar jalan sebesar 5 m dan volume *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada sore hari pukul 16.00-17.00 dimana jumlah kendaraan 2639 kend/jam maka untuk lebar jalan diberikan bobot nilai 2 dan volume kendaraan diberikan bobot nilai 5, sehingga titik h dan i memiliki bobot nilai 7.
d. Titik k dan l memiliki lebar jalan sebesar 7 m dan volume peak hour (puncak volume kendaraan) pada sore hari pukul 16.00-17.00 dimana jumlah kendaraan 2259 kend/jam maka untuk lebar jalan diberikan bobot nilai 1 dan volume kendaraan diberikan bobot nilai 5, sehingga titik k dan l memiliki bobot nilai 6.

Sehingga graf ganda berarah berbobot untuk persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.5 Graf Ganda Berarah Berbobot untuk Persimpangan

Pada gambar di atas dihasilkan bahwa titik a dan b yang merupakan jalan Kolonel Yos Sudarso memiliki bobot nilai 12, titik e dan f merupakan jalan H. Adam Malik memiliki bobot nilai 16, titik h dan i merupakan jalan Bambu II memiliki bobot nilai 14, dan titik k dan l merupakan jalan Putri Hijau memiliki bobot nilai 12. Dikarenakan jalan kolonel yos sudarso dan jalan putri hijau memiliki bobot nilai yang sama maka terdapat 3 fase pada persimpangan empat jalan tersebut.

4.1.2.2 Waktu siklus optimum untuk lampu lalu lintas pada persimpangan empat

Setelah didapatkan jumlah fase pada persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso selanjutnya akan dicari waktu siklus lampu bersinyal (lampu lalu lintas) yang optimum bagi persimpangan tersebut. Adapun maksud dari waktu siklus optimum adalah siklus waktu paling sedikit bagi penundaan rata-rata untuk semua jenis kendaraan yang sedang berjalan. Untuk mencari waktu siklus optimum (C_O) digunakan rumus pada persamaan 2.4, yaitu:

$$C_O = \frac{1,5L + 5}{1 - Y}$$

Data volume kendaraan yang telah diperoleh selanjutnya akan dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang per-jam. Seperti yang telah ditetapkan pada tabel 2.2 satuan mobil penumpang dibagi menjadi dua bagian yaitu bagi pendekat terlindung dan pendekat terlawan.Persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso adalah bagian dari pendekat terlindung karena setiap pergerakan kendaraan tidak terdapat gangguan dari arah jalan yang lain.

Setiap volume kendaraan dalam per-jam (Kend/jam) diubah menjadi satuan mobil penumpang per-jam (Smp/jam) dimana untuk volume jenis kendaraan ringan (LV) dikalikan 1,0 ekivalensi mobil penumpang (emp), volume kendaraan berat (HV) dikalikan 1,3 emp dan sepeda motor (MC) dikalikan dengan 0,2 emp (dilihat pada tabel 2.2). Untuk mengkonversikan total volume kendaraan per-jam menjadi smp per-jam, setiap total jenis kendaraan harus dikalikan dengan emp nya masing-masing yang telah ditetapkan. Dapat dilihat lebih jelas pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 4.6 Volume kendaraan pada jalan Kolonel Yos Sudarso

Waktu	(LV)		(HV)		(MC)		Jumlah	
	emp = 1,0		emp = 1,3		emp = 0,2			
	Kend	Smp	Kend	Smp	Kend	Smp	Kend/ jam	Smp/ jam
	1	2	3	4	5	6	7=1+3+5	8=2+4+6
07.00-08.00	1036	1036	38	49,4	2054	410,8	3128	1496,2
12.00-13.00	1383	1383	29	37,7	1668	333,6	3080	1753,9
16.00-17.00	1273	1273	16	20.8	1703	340,6	2992	1629,6

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa pada simpang Jalan Kolonel Yos Sudarso (dengan melihat hasil smp/jam) terjadi *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada pukul 12.00-13.00 WIB, dimana jenis kendaraan ringan (LV) sebanyak 1383 kend/jam dikali 1,0 emp menjadi 1383 smp/jam, jenis kendaraan berat (HV) yaitu 29 kend/jam dikali 1,3 emp

menjadi 37,7 smp/jam, dan sepeda motor (MC) yaitu 1668 kend/jam dikali 0,2 emp menjadi 333,6 smp/jam. Sehingga pada simpang Jalan Kolonel Yos Sudarso diperoleh *peak hour* (puncak volume kendaraan) yaitu berjumlah 1735,9 smp/jam.

Tabel 4.7 Volume kendaraan pada jalan H. Adam Malik

Waktu	(LV)		(HV)		(MC)		Jumlah	
	emp = 1,0		emp = 1,3		emp = 0,2			
	Kend	Smp	Kend	Smp	Kend	smp	kend/ jam	smp/ jam
	1	2	3	4	5	6	7=1+3+5	8=2+4+6
07.00-08.00	450	450	30	39	1549	309,8	2176	798,8
12.00-13.00	732	732	36	46,8	1102	220,4	2695	999,2
16.00-17.00	670	670	37	48,1	1932	386,4	2855	1104,5

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pada jalan H. Adam Malik terjadi *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan semua kendaraan dikonversikan. Jenis kendaraan ringan (LV) sebanyak 670 kend/jam dikali dengan 1,0 emp menjadi 670 smp/jam, jenis kendaraan berat (HV) yaitu 37 jenis kend/jam dikali 1,3emp menjadi 48,1 smp/jam, dan sepeda motor (MC) yaitu 1932 kend/jam dikali 0,2 emp menjadi 386,4 smp/jam. Sehingga pada simpang H. Adam Malik diperoleh *peak hour* (puncak volume kendaraan) yaitu berjumlah 1104,5 smp/jam.

Tabel 4.8 Volume kendaraan pada jalan Bambu II

Waktu	(LV)		(HV)		(MC)		Jumlah	
	emp = 1,0		emp = 1,3		emp = 0,2			
	kend	Smp	kend	Smp	Kend	smp	kend/ jam	smp/ jam
	1	2	3	4	5	6	7=1+3+5	8=2+4+6
07.00-08.00	786	786	91	118,3	1299	259,8	2029	1164,1
12.00-13.00	884	884	67	87,1	1744	348,8	1870	1319,9
16.00-17.00	993	993	78	101,4	1748	349,6	2639	1444

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pada jalan Bambu II terjadi *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan semua kendaraan dikonversikan. Jenis kendaraan ringan (LV) yaitu 993 kend/jam dikali 1,0 emp menjadi 993 smp/jam, jenis kendaraan berat (HV) yaitu 78 kend/jam dikali 1,3 emp menjadi 101,4 smp/jam, dan sepeda motor (MC) yaitu 1748 kend/jam dikali 0,2 emp menjadi 349,6 smp/jam. Sehingga pada simpang Jalan Bambu II diperoleh *peak hour* (puncak volume kendaraan) yaitu berjumlah 1444 smp/jam.

Tabel 4.9 Volume kendaraan pada jalan Putri Hijau

Waktu	(LV)		(HV)		(MC)		Jumlah	
	emp = 1,0		emp = 1,3		emp = 0,2			
	kend	Smp	kend	Smp	Kend	Smp	kend/ jam	smp/ jam
	1	2	3	4	5	6	7=1+3+5	8=2+4+6
07.00-08.00	660	660	39	50,7	1086	217,2	1785	927,9
12.00-13.00	999	999	24	31,2	1031	206,2	2054	1236,4
16.00-17.00	1053	1053	32	41,6	1174	234,8	2259	1329,4

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pada jalan Putri Hijau terjadi *peak hour* (puncak volume kendaraan) pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan semua jenis kendaraan dikonversikan. Jenis kendaraan ringan (LV) yaitu 1053 kend/jam dikali dengan 1,0 emp menjadi 1053 smp/jam,

jensi kendaraan berat (HV) yaitu 32 kend/jam dikali 1,3 emp menjadi 41,6 smp/jam, dan sepeda motor (MC) yaitu 1174 kend/jam dikali 0,2 emp menjadi 234,8 smp/jam. Sehingga pada simpang Jalan Putri Hijau diperoleh *peak hour* (puncak volume kendaraan) yaitu berjumlah 1329,4 smp/jam.

Untuk mengetahui waktu siklus optimum, terlebih dahulu akan ditentukan:

1. Waktu kuning (R) = 5 detik

   Ditetapkan 5 detik dengan asumsi 2 detik waktu hilang saat kendaraan menunggu antrian dan 3 detik adalah waktu kuning pada lampu lalu lintasnya.

2. Arus jenuh pada setiap jalur di persimpangan empat

   Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.1 maka:

   Untuk jalan kolonel yos sudarso (A): $7 \times 525 = 3675$ smp/jam

   Untuk jalan H. Adam Malik (B): 1975 smp/jam

   Untuk jalan Bambu II (C): $6 \times 525 = 3150$ smp/jam

   Untuk jalan Putri Hijau (D): $7 \times 525 = 3675$ smp/jam

3. Tingkat arus lalu lintas pada tiap jalur persimpangan

   Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2 maka:

   a. Jalan kolonel yos sudarso (A): $y = \frac{Q}{s} = \frac{1754}{3675} = 0,4773$ smp/jam

   b. Jalan H. Adam Malik (B): $y = \frac{Q}{s} = \frac{1105}{1975} = 0,5594$ smp/jam

   c. Jalan Bambu II (C): $y = \frac{Q}{s} = \frac{1444}{3150} = 0,4584$ smp/jam

   d. Jalan Putri Hijau (D): $y = \frac{Q}{s} = \frac{1329}{3675} = 0,3616$ smp/jam

Sehingga rasio kemacetan untuk semua fase di persimpangan adalah:

$$FR = \sum y \max = Y$$

$$= 0,5594 + 0,4584 + 0,3616 - 0,4773$$

$$= 0,9021$$

4. Waktu hilang total (L_t)

$$L_t = 2n + R$$

$$= 2(3)+5$$

$$= 11$$

Sehingga waktu siklus optimum untuk persimpangan empat jalan kolonel yos sudarso adalah:

$$C_O = \frac{1,5L + 5}{1 - Y}$$

$$= \frac{1,5(11) + 5}{1 - 0,9021}$$

$$= \frac{21,5}{0,0979}$$

$$= 219,611 \approx 220 \text{ detik}$$

Selanjutnya mencari waktu nyala lampu hijau yang optimum bagi setiap fase bagi 4 jalur persimpangan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.5, maka didapatlah waktu hijau efektif bagi tiap fase yaitu:

a. Waktu hijau efektif bagi fase A (Jalan Kolonel Yos Sudarso dan Jalan Putri Hijau)

$$g = \frac{0,4337(220 - 11)}{0,9021}$$

$$= \frac{90,6433}{0,9021}$$

$= 100,48$ detik

b. Waktu hijau efektif bagi fase B (Jalan H. Adam Malik)

$$g = \frac{0,5594(220-11)}{0,9021}$$

$$= \frac{116,9146}{0,9021}$$

$= 129,63$ detik

c. Waktu hijau efektif bagi fase C (Jalan Bambu II)

$$g = \frac{0,4584(220-11)}{0,9021}$$

$$= \frac{95,8056}{0,9021}$$

$= 106,20$ detik

Setelah mengetahui waktu nyala lampu hijau yang efektif bagi tiap simpang maka untuk nyala lampu merah yang efektif akan dicari dengan rumus: Fase $= C_O -$ waktu hijau – waktu kuning

Sehingga untuk tiap fase adalah:

a. Fase A $= C_O -$ waktu hijau – waktu kuning

$= 220 - 100 - 5$

$= 115$ detik

b. Fase B $= C_O -$ waktu hijau – waktu kuning

$= 220 - 130 - 5$

$= 85$ detik

c. Fase C $= C_O -$ waktu hijau – waktu kuning

$= 220 - 106 - 5 = 109$ detik

Berdasarkan hasil yang telah didapat dengan menggunakan metode *Webster*, waktu siklus optimum bagi persimpangan empat jalan Kolonel Yos Sudarso adalah sebesar 220 detik. Tabel dibawah ini adalah

perbandingan waktu nyala lampu lalu lintas yang telah ditetapkan dengan waktu nyala lampu lalu lintas menggunakan metode *Webster*.

Tabel 4.10 Perbandingan waktu nyala lampu lalu lintas

Persimpangan jalan	Waktu nyala lampu yang ada di lapangan				Waktu nyala lampu dengan metode *Webster*			
	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total waktu	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total waktu
Kolonel Yos Sudarso (A)	129	3	115	247	115	5	100	220
H. Adam Malik (B)	114	3	74	191	85	5	130	220
Bambu II (C)	106	3	74	183	109	5	106	220
Putri Hijau (D)	124	3	119	246	115	5	100	220

4.2 PEMBAHASAN

4.2.1 Pemodelan graf kompatibel pada arus lalu lintas di persimpangan

Pemodelan graf kompatibel pada arus lalu lintas di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso ditunjukkan pada gambar 4.3. Gambar tersebut merupakan bentuk graf kompatibel untuk arus lalu lintas yang terjadi di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso. Dan didapatkan hasil bahwa terdapat 12 jalur dengan beberapa jalur yang arus lalu lintasnya kompatibel terhadap jalur yang lain. Untuk beberapa arus lalu lintas pada jalur yang dapat melintas tanpa mengikuti peraturan nyala lampu maka dapat dihilangkan dan diperoleh bentuk graf kompatibel yang lebih sederhana bagi arus lalu lintas seperti pada gambar 4.4. Selanjutnya graf diubah ke dalam bentuk graf ganda berarah berbobot dengan simpul adalah jalur yang dituju dan sisi adalah arus lalu lintas yang kompatibel. Selanjutnya dilakukan

pembobotan dengan asumsi yang telah ditetapkan sebelumnya pada penelitian dan didapat hasil bahwa jalan Kolonel Yos Sudarso dan Putri Hijau memiliki bobot nilai 12, jalan H. Adam Malik memiliki bobot nilai 16 dan jalan Bambu II memiliki bobot nilai 14. Pemodelan graf dengan pembobotan menghasilkan jumlah fase yang digunakan untuk menghitung siklus waktu tunggu yang optimal yaitu terdapat 3 fase. Fase tersebut adalah fase a jalan Kolonel Yos Sudarso, fase b jalan H. Adam Malik, dan fase c jalan Bambu II. Fase adalah bagian dari siklus waktu yang dialokasikan bagi semua pergerakan kendaraan.

Seperti pada data geometri yaitu pada gambar 4.1 dapat terlihat bahwa terdapat jalur yang sangat lebar, cukup lebar, dan lebar saja dengan jumlah volume kendaraan yang padat, cukup padat dan sangat padat. 3 fase persimpangan yang digunakan untuk menghitung waktu tunggu yg optimal adalah fase pada jalur persimpangan Kolonel Yos Sudarso, H. Adam malik dan Bambu II sedangkan untuk jalur persimpangan Putri Hijau mengikuti waktu tunggu pada jalan Kolonel Yos Sudarso karena keduanya memiliki bobot yang sama.

4.2.2 Pengoptimalan waktu tunggu total pada lalu lintas di persimpangan dengan menggunakan Metode *Webster*

Pengoptimalan waktu tunggu total pada lalu lintas di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso dengan menggunakan metode *webster* menghasilkan waktu tunggu yang berbeda-beda bagi tiap kaki simpang. Pada tabel 4.10 dapat dilihat bahwa siklus waktu yang optimum bagi persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso adalah 220 detik dan masing-masing simpang jalan memiliki perubahan waktu pada nyala lampu lalu lintas dari yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu:

a. Jalan Kolonel Yos Sudarso yang memiliki volume kendaraan yang sangat padat dengan kelebaran jalan yang sangat lebar dapat menampung kendaraan dengan baik menghasilkan penurunan waktu nyala lampu hijau sebesar 0,9% yaitu dari 115 detik menjadi 100 detik

dan penurunan waktu nyala lampu merah sebesar 0,9% yaitu dari 129 detik menjadi 115 detik.

b. Jalan H. Adam Malik yang memiliki volume kendaraan sangat padat dengan kelebaran jalan yang kurang karena jalan ini lebih kecil dari jalan pada jalur lainnya sehingga sering terjadi penumpukan kendaraan yang menunggu lampu hijau pada jalan ini diperoleh hasil bahwa terdapat penambahan waktu nyala lampu hijau sebesar 1,8% yaitu dari 74 detik menjadi 130 detikdan pengurangan waktu nyala lampu merah sebesar 0,7% yaitu dari 114 detik menjadi 85 detik.

c. Pada jalan Bambu II yang merupakan fase ketiga dalam siklus waktu tunggu optimum pada simpang empat memiliki volume yang cukup padat dengan lebar jalan yang cukup lebar diperoleh hasil penambahan waktu nyala lampu hijau sebesar 1,4% yaitu dari 74 detik menjadi 106 detik dan penambahan nyala lampu merah sebesar 1% yaitu dari 106 detik menjadi 109 detik.

d. Pada jalan Putri Hijau yang memiliki bobot nilai yang sama dengan jalan kolonel yos sudarso dikarenakan lebar jalan yang sama lebarnya tetapi untuk volum kendaraan, kendaraan yang melintas pada persimpangan putrid hijau lebih sedikit dibandingkan persimpangan lainnya dan di lapangan waktu nyala lampu hijau dan merah sudah terlihat efektif namun dengan metode *Webster* diperoleh hasil bahwa terdapat pengurangan waktu nyala lampu hijau sebesar 0,8% yaitu dari 119 detik menjadi 100 detik dan pengurangan nyala lampu merah sebesar 0,9% yaitu dari 124 detik menjadi 115 detik.

Hasil yang diperoleh dapat menjadi alternatif bagi penetapan waktu tunggu untuk tiap jalur pada persimpangan dikarenakan beban masing-masing jalur persimpangan pada tiap fase juga berbeda-beda. Jalan dengan volume kendaraan yang tinggi namun lebar jalan tidak memadai seharusnya mendapat nyala lampu hijau lebih lama daripada jalan dengan volume kendaraan yang tinggi dan lebar jalan yang mampu menampung volume kendaraan tersebut.

Di lapangan didapatkan fakta bahwa jalan H. Adam Malik mendapatkan nyala lampu hijau yang lebih sedikit dari jalan-jalan lainnya padahal pada jalan tersebut volume kendaraannya cukup padat dan lebar jalannya yang lebih kecil dibandingkan lebar jalan yang lain menyebabkan jalan tersebut mengalami kemacetan yang panjang dan beberapa kali hampir terjadi konflik pada pusat persimpangan.

Namun dengan menggunakan metode *Webster* dimana hasil waktu siklus diperoleh dengan melihat volume kendaraan dan lebar jalan maka hasil yang didapat pun berbeda untuk tiap fase kaki simpang sehingga hasil ini dapat dikatakan efektif karena terdapat penambahan durasi waktu nyala lampu lalu lintas bagi jalan yang bervolume kendaraan padat dengan lebar jalan yang kurang dan terdapat pengurangan waktu nyala lampu merah karena selama di lapangan didapatkan bahwa lampu merah terlalu lama untuk satu jalur dimana kendaraan yang melintas lebih sedikit dibandingkan kendaraan yang sedang menunggu lampu hijau menyala.

Hasil yang diperoleh terlihat efektif dikarenakan bagi jalan yang lebih sempit dengan volume kendaraan yang lebih besar terdapat penambahan nyala lampu hijau dan pengurangan waktu nyala lampu merah begitupun sebaliknya bagi jalan yang memiliki lebar yang lebih besar dengan volume kendaraan yang juga sangat padat hanya terjadi pengurangan baik pada waktu nyala lampu merah dan waktu nyala lampu hijaunya dan terdapat penambahan nyala lampu kuning bagi simpang empat agar optimum waktu tunggu total untuk semua kendaraan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan teori graf dengan memodelkan graf kompatibel bagi persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso menghasilkan model graf kompatibel yang diubah ke dalam bentuk graf ganda berarah berbobot. Pemberian bobot nilai pada tiap kaki simpang menghasilkan untuk jalan Kolonel Yos Sudarso dan Putri Hijau memiliki bobot nilai 12, jalan H. Adam Malik memiliki bobot nilai 16 dan jalan Bambu II memiliki bobot nilai 14. Selanjutnya graf ganda berarah berbobot yang telah dibentuk menghasilkan jumlah fase yang digunakan untuk menghitung siklus waktu tunggu yang optimal. Pada persimpangan diperoleh 3 fase yaitu fase a adalah jalan Kolonel Yos Sudarso dan jalan Putri Hijau, fase b adalah jalan H. Adam Malik, dan fase c adalah jalan Bambu II.

2. Pengoptimalan waktu tunggu total pada arus lalu lintas di persimpangan empat Jalan Kolonel Yos Sudarso dengan menggunakan metode *Webster* menghasilkan siklus waktu yang optimum dengan semua fase mendapatkan waktu 220 detik. Pada jalan Kolonel yos sudarso menghasilkan waktu nyala lampu hijau 100 detik, kuning 5 detik, dan merah 115 detik. Jalan H. Adam Malik menghasilkan waktu nyala lampu hijau 130 detik, kuning 5 detik, dan merah 85 detik. Jalan Bambu II menghasilkan waktu nyala lampu hijau 109 detik, kuning 5 detik, dan 106 detik. Dan jalan Putri Hijau menghasilkan waktu nyala lampu hijau 100 detik, kuning 5 detik, dan merah 115 detik. Hasil dari metode terlihat cukup efektif karena pada kaki simpang dengan volume kendaraan yang tinggi namun lebar jalan yang sempit atau tidak memadai terdapat penambahan durasi nyala lampu hijau yang lebih lama dibanding dengan nyala lampu merahnya. Begitu pula sebaliknya pada kaki simpang dengan

lebar jalan yang cukup lebar namun volume kendaraan lebih sedikit maka terdapat pengurangan durasi pada nyala lampu lalu lintas.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah:

1. Pentingnya observasi awal di lapangan dan perusahaan terkait sebelum melakukan penelitian agar dapat dipastikan bahwa lokasi dan perusahaan menerima izin penelitian dan penelitian bisa berjalan lancar.
2. Penambahan variabel-variabel lain yang ditemukan di lapangan dan asumsi-asumsi yang digunakan dalam pembobotan dapat menghasilkan waktu tunggu yang lebih optimal dan sesuai keadaan di lapangan.
3. Pemodelan graf kompatibel perlu disempurnakan dan hasil dari penelitian dapat dirancang dan disimulasikan ke dalam rancangan program komputer.

DAFTAR PUSTAKA

Cahyadi, R. (2020). *Penampakan Kemacetan Kendaraan di Medan, Padahal Belum Masuk Penerapan New Normal*. https://medan.tribunnews.com/2020/06/05/berita-foto-penampakan-kemacetan-kendaraan-di-medan-padahal-belum-masuk-penerapan-new-normal. (9 Maret 2021)

Daniel, F., & Prida, N. L. (2019). *Teori Graf*. Deepublish. https://books.google.com/books/about/Teori_Graf.html?id=r0HGDwAAQBAJ

Fanani, A. (2016). Optimasi Waktu Tunggu Lampu Lalu Lintas Dengan Menggunakan Graf Kompatibel Sebagai Upaya Mengurangi Kemacetan. *Systemic: Information System and Informatics Journal*, *2*(1), 45–50. https://doi.org/10.29080/systemic.v2i1.107

Farida, Y., Fanani, A., Purwanti, I., Wulandari, L., & Zaen, N. J. (2020). Pemodelan Arus Lalu Lintas dan Waktu Tunggu Total Optimal Di Persimpangan Jl. Jemur Andayani – Ahmad Yani Sebagai Upaya Mengurai Kemacetan. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, *14*(3), 389–398. https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss3pp389-398

Kepolisian Republik Indonesia. (2019). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit)*. https://www.bps.go.id/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html (8 Maret 2021)

Khairani, M. (2018). *Matematika Diskrit*. Perahu Literatur.

Marsudi. (2016). *Teori Graf*. UB Press.

Maslim, M., Dwiandiyanta, B. Y., & Viany Susilo, N. (2018). Implementasi Metode Logika Fuzzy dalam Pembangunan Sistem Optimalisasi Lampu Lalu Lintas. *Jurnal Buana Informatika*, *9*(1), 11–20. https://doi.org/10.24002/jbi.v9i1.1661

Miftahurrahmah. (2016). *Aplikasi Teori Graf Dalam Pengaturan Lampu Lalu Lintas*. UIN Alauddin.

Poernamasari, I., Tumilaar, R., & Montolalu, C. E. J. C. (2019). Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas dengan menggunakan Metode Webster (Studi Kasus Persimpangan Jalan Babe Palar). *D'CARTESIAN*, *8*(1), 27–

Polda Sumut Direktorat Lalu Lintas. (2020). *Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas menurut Korban dan Kabupaten Kota*. https://sumut.bps.go.id/staticable/2020/06/08/1874/jumlah-kecelakaan-lalu-lintas-menurut-korban-dan-kabupaten-kota-2020.html (30 Januari 2021)

Remincel. (2019). Dimensi Hukum Pelanggaran Kecelakaan Lalu dan Angkutan Jalanan Lintas di Indonesia. *Ensiklopedia Social Review*, *1*(2), 218–227.

Staf Pengajar ITP. *Diktat Kuliah 9 RLL*. Retrieved February 27, 2021, from http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar

Sumanto. (2020). *Teori dan Aplikasi Metodologi Penelitian*. ANDI Offset.

Ulfah, C. (2018). *Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Kota Medan menggunakan Graf dan Metode Webster*. Universitas Sumatera Utara.

Zulheldi. (2019). Pendidikan Berlalu Lintas dalam Al-Qur'an (Penelitian Tafsir Tarbawi Terhadap Surat Al-Naml [27] Ayat 17-19). *Murabby: Jurnal Pendidikan Islam*, *2*(1), 69–80. https://doi.org/10.15548/mrb.v2i1.330

LAMPIRAN

1. Surat pengajuan penelitian ke Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Medan

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl.Williem Iskandar Pasar V Medan Estate 20371
Telp. (061) 6615683-6622925 Fax. 6615683

Nomor : B.449/ST.I/ST.V.2/TL.00/6/2021 — 08 Juni 2021
Lampiran : -
Hal : **Izin Riset**

Yth. Bapak/Ibu Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Medan

Assalamulaikum Wr. Wb.

Dengan Hormat, diberitahukan bahwa untuk mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1) bagi Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi adalah menyusun Skripsi (Karya Ilmiah), kami tugaskan mahasiswa:

Nama	**: Chairani**
NIM	**: 0703172044**
Tempat/Tanggal Lahir	**: Medan, 21 Februari 1999**
Program Studi	**: Matematika**
Semester	**: VIII (Delapan)**
Alamat	**: Jalan P. Rimau Gg. Buntu Paya Bakung Link. V Kelurahan Martubung Kecamatan Medan Labuhan**

untuk hal dimaksud kami mohon memberikan Izin dan bantuannya terhadap pelaksanaan Riset di Jalan Pinang Baris, Lalang, Kecamatan Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara, guna memperoleh informasi/keterangan dan data-data yang berhubungan dengan Skripsi (Karya Ilmiah) yang berjudul:

Optimasi Waktu Tunggu Total dan Pemodelan Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso sebagai Upaya Mengatasi Kemacetan

Demikian kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamannya diucapkan terima kasih.

Medan, 08 Juni 2021
a.n. DEKAN
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan

Digitally Signed
Dr. Abdul Halim Daulay, ST., M.Si
NIP. 198111062005011003

Tembusan:
- Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan

info : Silahkan scan QRCode diatas dan klik link yang muncul, untuk mengetahui keaslian surat

2. Surat balasan dari Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Medan dan ditujukan kepada Dinas Perhubungan Kota Medan

PEMERINTAH KOTA MEDAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Jalan Kapten Maulana Lubis Nomor 2 Medan Kode Pos 20112
Telepon. (061) 4555693 Faks. (061) 4555693
E-mail : balitbangmedan@yahoo.co.id. Website : balitbang.pemkomedan.go.id

SURAT REKOMENDASI RISET

NOMOR : 070/2108/Balitbang/2021

Berdasarkan Surat Keputusan Walikota Medan Nomor: 57 Tahun 2001, Tanggal 13 November 2001 dan Peraturan Walikota Medan Nomor: 55 Tahun 2010, tanggal 24 November 2010 tentang Tugas Pokok dan Fungsi Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Medan dan setelah membaca/memperhatikan surat dari: Wakil Dekan Bidang Akademik Dan Kelembagaan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Nomor: B-449/ST.I/ST.V.2/TL.00/6/2021. Tanggal: 08 Juni 2021 2021. Hal: Izin Riset.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Medan dengan ini memberikan Surat Rekomendasi Riset Kepada :

Nama	: **Chairani.**
NIM	: 0703172044.
Prodi	: Matematika.
Lokasi	: Dinas Perhubungan Kota Medan.
Judul	: " Optimasi Waktu Tunggu Total dan Pemodelan Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso sebagai Upaya Mengatasi Kemacetan ".
Lamanya	: 3 (Tiga) Bulan.
Penanggung Jawab	: Wakil Dekan Bidang Akademik Dan Kelembagaan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan Penelitian terlebih dahulu harus melapor kepada pimpinan Organisasi Perangkat Daerah lokasi Yang ditetapkan.
2. Mematuhi peraturan dan ketentuan yang berlaku di lokasi Penelitian.
3. Tidak dibenarkan melakukan Penelitian atau aktivitas lain di luar lokasi yang telah direkomendasikan.
4. **Hasil penelitian diserahkan kepada Kepala Balitbang Kota Medan selambat lambatnya 2 (dua) bulan setelah penelitian dalam bentuk *soft copy* atau melalui Email *(balitbangmedan@yahoo.co.id)*.**
5. Surat rekomendasi penelitian dinyatakan batal apabila pemegang surat rekomendasi tidak mengindahkan ketentuan atau peraturan yang berlaku pada Pemerintah Kota Medan.
6. Surat rekomendasi penelitian ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan.

Demikian Surat ini diperbuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dikeluarkan di : Medan.
Pada Tanggal : 10 Juni 2021

An. KEPALA BALITBANG KOTA MEDAN
SEKRETARIS,

PEMERINTAH KOTA MEDAN BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Dra. SITI MAHRANI HASIBUAN
PEMBINA TK. I
NIP. 19661208 198603 2 002

Tembusan :

1. Walikota Medan (sebagai Laporan).
2. Kepala Dinas Perhubungan Kota Medan.
3. Wakil Dekan Bidang Akademik Dan Kelembagaan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Pertinggal.

3. Surat izin penelitian dari Dinas Perhubungan Kota Medan

PEMERINTAH KOTA MEDAN

DINAS PERHUBUNGAN

Jalan Pinang Baris No.114-A Medan Kode Pos 20127
Telp. (061) 8450542

Medan, 22 JUNI 2021

Nomor : 070/3858/DISHUB/VI/2021
Lamp. : -
Perihal : Penerimaan Penelitian

Kepada Yth :
Wakil Dekan Bidang Akademik Dan Kelembagaan
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
Di -
Medan

Dengan hormat ;

1. Menindak lanjuti Surat Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Medan Nomor : 070/2408/Balitbang/2021 Tanggal 10 Juni 2021 Perihal : Surat Rekomendasi Penelitian.
2. Berkaitan dengan hal tersebut di atas, dijelaskan bahwa Saudari Chairani ; NPM : 0703172044 ; Prodi : Matematika diterima melaksanakan Penelitian di Dinas Perhubungan Kota Medan.
3. Demikian disampaikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

KASUBBAG KEPEGAWAIAN DAN UMUM
DINAS PERHUBUNGAN KOTA MEDAN

PEMERINTAH KOTA MEDAN DINAS PERHUBUNGAN

IMELDA HERLINA, SH.MSi
PEMBINA
NIP. 19710312 199803 2 003

4. Data lebar jalan dan waktu lampu lalu lintas

a. Data lebar jalan pada persimpangan

Nama Jalan	Jalur masuk (meter)	Jalur keluar (meter)
Kolonel Yos Sudarso	7	7
H. Adam Malik	5	4
Bambu II	6	5
Putri Hijau	7	7

b. Data waktu lampu lalu lintas pada persimpangan

Persimpangan	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
Jalan Kolonel Yos Sudarso (A)	129	3	115
Jalan H. Adam Malik (B)	114	3	74
Jalan Bambu II (C)	106	3	74
Jalan Putri Hijau (D)	124	3	119

5. Data volume kendaraan pada persimpangan

   a. Volume kendaraan pada hari Rabu 23 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	49	2	85	23	2	27	25	1	65	23	2	50
2	07:03 - 07:06	51	1	130	31	3	75	20	1	89	45	2	52
3	07:06 - 07:09	47	2	63	29	2	65	19	2	75	30	1	54
4	07:09 - 07:12	79	2	69	39	5	50	10	1	85	35	2	55
5	07:12 - 07:15	86	3	47	57	3	42	15	1	30	30	1	52
6	07:15 - 07:18	76	1	85	48	1	65	25	1	95	25	1	40
7	07:18 - 07:21	35	2	95	32	1	42	22	1	115	40	1	40
8	07:21 - 07:24	42	0	56	30	4	75	30	1	80	32	1	45
9	07:24 - 07:27	27	2	82	35	3	90	25	0	75	19	0	40
10	07:27 - 07:30	24	1	132	25	2	85	20	0	75	22	2	52
11	07:30 - 07:33	28	0	96	25	2	45	20	0	62	36	1	42
12	07:33 - 07:36	20	1	65	20	1	60	15	2	75	32	1	44
13	07:36 - 07:39	46	2	142	42	4	54	15	1	85	25	1	45
14	07:39 - 07:42	47	2	73	25	3	60	10	0	80	32	1	40
15	07:42 - 07:45	32	2	97	23	2	31	15	2	95	42	2	65
16	07:45 - 07:48	74	3	86	54	5	55	25	2	80	25	1	50
17	07:48 - 07:51	66	5	69	62	2	62	20	1	32	38	2	55
18	07:51 - 07:54	82	4	63	67	1	55	30	1	41	30	2	65
19	07:54 - 07:57	71	1	65	35	0	40	30	1	85	36	1	109

20	07:57 - 08:00	54	2	68	54	0	65	35	1	40	33	3	75
21	12:00 - 12:03	51	0	143	25	3	85	55	2	50	45	1	66
22	12:03 - 12:06	63	3	65	42	2	75	25	1	78	45	0	52
23	12:06 - 12:09	49	1	62	57	4	105	25	1	55	32	1	50
24	12:09 - 12:12	67	0	69	25	2	65	25	1	72	47	0	35
25	12:12 - 12:15	54	2	58	35	1	75	20	1	40	50	1	52
26	12:15 - 12:18	62	4	46	25	2	85	22	3	40	37	2	40
27	12:18 - 12:21	52	1	75	32	2	75	30	1	72	52	2	40
28	12:21 - 12:24	36	3	94	40	1	70	25	0	65	35	1	52
29	12:24 - 12:27	47	2	58	35	3	90	30	0	41	60	1	52
30	12:27 - 12:30	115	1	63	32	2	85	25	2	55	53	1	45
31	12:30 - 12:33	85	1	86	20	3	90	35	2	42	77	1	40
32	12:33 - 12:36	34	1	73	22	2	82	32	1	55	65	2	36
33	12:36 - 12:39	77	2	121	45	5	80	42	1	51	49	3	52
34	12:39 - 12:42	124	2	48	65	4	95	35	1	45	35	1	45
35	12:42 - 12:45	87	0	86	52	3	70	50	2	45	55	1	60
36	12:45 - 12:48	59	0	63	45	2	82	35	1	55	53	1	75
37	12:48 - 12:51	76	0	43	52	1	95	40	2	40	40	0	48
38	12:51 - 12:54	91	1	51	60	1	65	25	1	51	45	0	65
39	12:54 - 12:57	74	1	54	45	1	50	45	0	42	40	0	52
40	12:57 - 13:00	80	2	132	65	0	85	60	2	65	55	1	40
41	16:00 - 16:03	54	1	92	42	0	72	25	3	60	42	2	65
42	16:03 - 16:06	56	1	65	40	1	82	62	4	58	48	1	60

43	16:06 - 16:09	49	0	53	42	4	95	40	1	65	50	1	55
44	16:09 - 16:12	57	1	61	60	6	75	25	2	68	45	2	52
45	16:12 - 16:15	55	1	73	52	4	80	25	1	54	43	2	50
46	16:15 - 16:18	62	3	52	50	2	95	30	2	65	55	1	48
47	16:18 - 16:21	32	2	61	54	4	82	22	1	78	39	2	58
48	16:21 - 16:24	39	1	53	42	3	85	25	2	80	41	1	55
49	12:24 - 12:27	68	0	84	40	2	90	20	1	118	55	1	56
50	16:27 - 16:30	56	0	69	52	4	95	20	3	95	50	1	54
51	16:30 - 16:33	53	0	73	44	2	72	22	2	119	45	1	52
52	16:33 - 16:36	67	0	65	35	1	82	15	2	90	56	2	45
53	16:36 - 16:39	59	1	115	40	2	45	20	2	85	60	2	38
54	16:39 - 16:42	114	1	86	52	1	77	25	2	92	45	3	46
55	16:42 - 16:45	65	1	54	44	0	75	25	1	110	39	2	52
56	16:45 - 16:48	57	1	69	50	0	85	35	2	78	45	1	60
57	16:48 - 16:51	67	0	62	54	2	75	40	1	85	50	0	65
58	16:51 - 16:54	78	1	54	52	1	65	35	1	140	61	0	62
59	16:54 - 16:57	59	1	69	46	1	70	50	1	150	76	1	70
60	16:57 - 17:00	126	0	82	57	6	132	62	1	145	80	1	86

b. Data volume kendaraan pada hari Kamis 24 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	50	2	75	25	2	25	23	1	63	25	1	48
2	07:03 - 07:06	45	1	90	30	2	65	20	1	87	39	1	52
3	07:06 - 07:09	45	1	62	27	2	62	19	1	80	35	2	52
4	07:09 - 07:12	75	1	65	35	4	56	14	1	75	30	2	55
5	07:12 - 07:15	80	1	45	55	2	41	12	1	42	27	1	50
6	07:15 - 07:18	75	2	80	45	2	62	23	1	85	20	1	40
7	07:18 - 07:21	37	2	90	31	1	40	20	0	88	52	1	42
8	07:21 - 07:24	45	1	55	31	2	77	27	0	75	37	1	42
9	07:24 - 07:27	30	0	80	33	1	87	24	2	77	19	0	40
10	07:27 - 07:30	25	0	119	22	3	86	18	0	73	21	1	50
11	07:30 - 07:33	25	0	89	23	2	42	20	0	60	46	1	34
12	07:33 - 07:36	18	1	60	25	2	59	17	1	65	22	1	44
13	07:36 - 07:39	45	1	95	37	2	55	14	1	82	25	1	40
14	07:39 - 07:42	45	1	85	27	1	57	12	1	78	32	1	36
15	07:42 - 07:45	30	2	90	25	2	30	14	2	92	46	2	62
16	07:45 - 07:48	65	3	85	52	4	52	23	2	78	22	1	54
17	07:48 - 07:51	65	3	72	60	3	60	19	1	30	35	1	50
18	07:51 - 07:54	80	2	62	65	2	53	27	1	45	32	1	62
19	07:54 - 07:57	70	1	64	33	1	45	25	1	80	38	1	98
20	07:57 - 08:00	55	2	68	52	1	62	33	1	35	30	4	86
21	12:00 - 12:03	50	5	131	23	2	76	54	2	52	43	1	65

22	12:03 - 12:06	62	2	62	40	1	74	23	1	76	43	1	50
23	12:06 - 12:09	45	1	60	56	3	93	26	1	50	30	1	45
24	12:09 - 12:12	65	0	65	32	1	65	20	1	72	45	1	34
25	12:12 - 12:15	52	0	56	36	1	70	22	1	38	48	2	50
26	12:15 - 12:18	65	2	42	27	1	82	24	3	38	35	1	38
27	12:18 - 12:21	52	2	74	30	2	71	27	1	70	50	1	38
28	12:21 - 12:24	39	2	90	42	1	65	26	0	63	33	1	50
29	12:24 - 12:27	45	1	52	33	2	87	28	0	40	62	1	51
30	12:27 - 12:30	95	1	60	36	1	84	22	2	54	50	1	42
31	12:30 - 12:33	77	0	84	21	4	87	33	2	42	75	1	38
32	12:33 - 12:36	35	0	70	20	3	80	30	1	53	54	1	35
33	12:36 - 12:39	112	1	116	42	2	78	40	0	50	46	2	51
34	12:39 - 12:42	85	1	45	63	2	92	34	0	42	30	2	43
35	12:42 - 12:45	85	0	84	50	5	72	49	1	40	54	3	57
36	12:45 - 12:48	57	1	69	43	4	81	33	1	55	53	1	58
37	12:48 - 12:51	65	1	47	52	2	93	40	2	41	42	2	45
38	12:51 - 12:54	90	1	52	59	1	62	23	1	50	43	1	60
39	12:54 - 12:57	75	1	55	44	0	52	44	0	40	40	1	50
40	12:57 - 13:00	81	2	133	62	0	80	58	2	63	52	3	55
41	16:00 - 16:03	55	2	90	40	1	68	23	3	58	35	1	62
42	16:03 - 16:06	55	1	66	37	2	80	57	4	57	45	2	61
43	16:06 - 16:09	40	1	51	40	3	91	42	1	63	42	1	54
44	16:09 - 16:12	55	2	60	57	5	74	23	2	65	42	1	50

45	16:12 - 16:15	50	1	72	50	4	78	22	1	50	40	1	48
46	16:15 - 16:18	60	2	50	47	3	86	29	2	62	56	1	47
47	16:18 - 16:21	33	2	59	52	2	84	20	1	75	37	2	55
48	16:21 - 16:24	35	1	51	40	2	83	24	2	78	40	1	53
49	12:24 - 12:27	65	0	82	38	1	79	19	1	121	52	1	52
50	16:27 - 16:30	55	0	66	50	1	92	15	3	82	50	2	54
51	16:30 - 16:33	52	1	71	42	1	70	20	3	105	42	2	50
52	16:33 - 16:36	65	1	64	36	2	79	16	1	85	54	2	44
53	16:36 - 16:39	60	2	109	43	2	46	26	2	85	59	2	40
54	16:39 - 16:42	91	1	85	50	1	75	22	2	90	43	2	45
55	16:42 - 16:45	56	1	52	41	1	72	24	1	92	37	2	53
56	16:45 - 16:48	50	1	67	49	1	80	36	1	75	43	1	57
57	16:48 - 16:51	65	2	60	52	1	73	46	1	80	52	1	60
58	16:51 - 16:54	75	1	52	50	2	67	39	1	115	60	1	60
59	16:54 - 16:57	58	1	65	44	2	71	46	2	113	75	1	72
60	16:57 - 17:00	124	1	80	55	7	125	60	1	130	78	1	84

c. Data volume kendaraan pada hari Jum’at 25 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	47	1	65	20	2	24	21	2	60	23	1	45

2	07:03 - 07:06	45	1	85	17	1	62	20	1	85	37	0	50
3	07:06 - 07:09	45	1	60	25	1	60	18	1	78	33	1	50
4	07:09 - 07:12	70	1	62	33	3	54	16	2	73	30	1	54
5	07:12 - 07:15	75	1	43	53	2	40	13	2	40	25	0	50
6	07:15 - 07:18	72	1	75	44	2	60	20	1	83	20	0	38
7	07:18 - 07:21	35	1	85	32	2	42	17	1	85	50	0	40
8	07:21 - 07:24	40	1	50	30	1	75	24	1	72	35	1	40
9	07:24 - 07:27	32	1	75	32	1	86	28	1	75	17	1	38
10	07:27 - 07:30	26	2	112	20	1	82	20	0	70	20	2	49
11	07:30 - 07:33	22	2	80	22	2	39	27	0	58	45	2	33
12	07:33 - 07:36	16	1	56	27	1	55	13	0	64	20	1	43
13	07:36 - 07:39	43	1	94	35	2	57	16	0	80	25	1	40
14	07:39 - 07:42	42	1	83	25	1	50	24	1	75	30	1	35
15	07:42 - 07:45	29	2	86	22	2	32	17	1	93	45	1	60
16	07:45 - 07:48	63	3	97	53	2	50	19	1	75	20	3	53
17	07:48 - 07:51	63	2	65	62	3	57	17	1	33	33	1	50
18	07:51 - 07:54	75	1	60	62	4	55	25	1	40	30	0	60
19	07:54 - 07:57	68	1	62	32	1	42	23	1	75	37	1	92
20	07:57 - 08:00	54	1	66	42	2	64	34	2	30	30	2	85
21	12:00 - 12:03	55	4	135	25	3	72	53	2	50	42	1	60
22	12:03 - 12:06	63	2	56	35	1	73	16	1	75	40	0	48
23	12:06 - 12:09	43	1	55	55	2	95	24	1	46	30	0	43
24	12:09 - 12:12	62	1	64	30	1	60	20	1	70	43	1	36
25	12:12 - 12:15	50	1	52	35	1	62	22	1	35	45	2	48
26	12:15 - 12:18	60	2	40	25	2	80	24	3	35	30	1	36
27	12:18 - 12:21	50	1	73	30	1	61	26	1	64	50	2	36

28	12:21 - 12:24	40	1	91	40	1	65	19	2	62	30	1	48
29	12:24 - 12:27	42	2	50	32	2	84	22	2	38	60	1	50
30	12:27 - 12:30	91	1	62	34	1	67	23	2	52	47	2	40
31	12:30 - 12:33	75	1	80	20	2	75	30	1	40	67	1	38
32	12:33 - 12:36	33	1	68	18	3	78	35	1	52	53	1	32
33	12:36 - 12:39	97	1	102	40	1	72	40	1	48	42	2	50
34	12:39 - 12:42	88	1	53	60	1	90	33	1	40	29	0	42
35	12:42 - 12:45	86	1	52	48	4	71	45	1	38	55	3	55
36	12:45 - 12:48	54	2	62	42	3	83	32	1	54	52	1	55
37	12:48 - 12:51	62	2	42	50	1	92	39	2	40	41	2	42
38	12:51 - 12:54	88	2	50	56	1	62	24	2	47	42	1	58
39	12:54 - 12:57	77	1	54	42	0	50	40	3	38	41	1	48
40	12:57 - 13:00	80	1	97	60	0	78	55	4	62	50	3	52
41	16:00 – 16:03	54	3	92	38	1	60	22	0	55	30	1	60
42	16:03 - 16:06	52	2	64	32	1	76	55	1	53	43	1	60
43	16:06 - 16:09	40	1	50	42	2	86	40	1	60	40	1	55
44	16:09 - 16:12	52	1	58	55	3	67	22	2	62	40	1	49
45	16:12 - 16:15	50	1	70	48	5	76	21	1	48	38	2	48
46	16:15 - 16:18	58	1	48	45	4	84	25	1	60	55	1	46
47	16:18 - 16:21	34	2	56	50	2	82	20	1	77	38	2	54
48	16:21 - 16:24	36	1	50	38	1	80	24	3	75	41	1	52
49	12:24 - 12:27	64	1	80	38	1	75	20	1	115	50	1	50
50	16:27 - 16:30	53	1	62	47	1	95	14	3	80	48	2	57

51	16:30 - 16:33	50	0	70	45	1	72	25	3	97	40	2	52
52	16:33 - 16:36	64	0	62	33	2	75	15	1	84	56	0	40
53	16:36 - 16:39	58	0	95	43	2	48	25	2	83	54	0	39
54	16:39 - 16:42	90	1	86	52	1	72	22	2	78	40	0	43
55	16:42 - 16:45	54	1	55	40	1	72	24	1	90	35	1	50
56	16:45 - 16:48	48	0	68	45	1	80	36	1	74	42	1	58
57	16:48 - 16:51	66	0	62	50	1	73	46	0	75	50	2	49
58	16:51 - 16:54	74	0	50	55	3	67	54	0	99	59	2	47
59	16:54 - 16:57	53	1	63	42	3	71	35	0	124	74	1	70
60	16:57 - 17:00	98	1	75	50	2	105	63	1	116	68	1	86

d. Data volume kendaraan pada hari Sabtu 26 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	40	2	60	19	1	22	20	1	58	21	1	45
2	07:03 - 07:06	42	0	82	15	1	60	18	1	82	35	1	47
3	07:06 - 07:09	45	0	55	20	1	58	17	1	76	32	1	50
4	07:09 - 07:12	60	1	60	32	1	52	15	0	70	28	1	52
5	07:12 - 07:15	55	1	42	50	1	38	15	0	38	23	1	47
6	07:15 - 07:18	62	1	65	42	1	58	18	1	82	19	1	35
7	07:18 - 07:21	30	1	80	30	1	40	19	2	83	48	1	37

8	07:21 - 07:24	42	1	45	29	1	72	22	1	70	33	1	38
9	07:24 - 07:27	30	1	70	30	1	85	25	1	73	16	1	35
10	07:27 - 07:30	25	1	95	18	1	80	20	0	67	22	0	45
11	07:30 - 07:33	20	3	75	20	0	35	25	0	54	40	0	32
12	07:33 - 07:36	15	0	55	25	2	52	14	0	62	22	0	45
13	07:36 - 07:39	40	0	90	32	1	55	15	0	76	23	0	38
14	07:39 - 07:42	42	1	81	23	1	49	22	1	73	28	1	32
15	07:42 - 07:45	28	0	85	20	1	30	15	1	90	43	1	62
16	07:45 - 07:48	60	3	92	52	1	47	17	2	73	18	2	50
17	07:48 - 07:51	60	1	60	60	3	55	18	1	30	27	2	48
18	07:51 - 07:54	65	1	60	62	2	50	23	2	38	25	1	56
19	07:54 - 07:57	65	0	62	30	1	40	23	1	72	35	1	84
20	07:57 - 08:00	52	0	66	42	2	62	32	1	30	27	2	80
21	12:00 - 12:03	52	1	95	22	3	70	50	1	48	40	1	54
22	12:03 - 12:06	60	1	55	30	1	65	15	1	74	37	0	46
23	12:06 - 12:09	40	1	54	50	1	90	22	1	44	35	0	40
24	12:09 - 12:12	58	1	60	30	1	52	20	1	68	42	1	35
25	12:12 - 12:15	55	1	52	32	1	60	22	1	33	43	2	45
26	12:15 - 12:18	58	2	40	22	0	71	24	2	33	28	1	32
27	12:18 - 12:21	45	1	73	28	2	55	24	1	60	47	2	37
28	12:21 - 12:24	40	1	85	40	2	64	17	1	58	27	1	45
29	12:24 - 12:27	40	2	45	35	2	77	20	1	30	53	1	48
30	12:27 - 12:30	90	1	60	32	1	65	22	1	51	45	2	38
31	12:30 - 12:33	65	1	65	20	1	68	28	1	38	61	1	35
32	12:33 - 12:36	30	1	68	18	1	72	33	2	50	50	1	30

33	12:36 - 12:39	95	1	79	40	1	70	38	1	46	41	2	52
34	12:39 - 12:42	76	1	50	60	1	82	32	0	38	26	0	40
35	12:42 - 12:45	72	1	51	48	2	63	43	0	36	53	3	53
36	12:45 - 12:48	50	1	60	42	3	82	30	1	52	50	1	53
37	12:48 - 12:51	62	2	42	48	1	86	37	1	38	40	2	40
38	12:51 - 12:54	80	2	50	54	1	60	22	1	45	42	1	50
39	12:54 - 12:57	75	1	54	40	0	48	38	2	36	40	1	45
40	12:57 - 13:00	68	1	85	58	0	75	54	0	60	48	3	50
41	16:00 - 16:03	52	0	90	36	1	56	20	0	54	28	1	58
42	16:03 - 16:06	50	0	60	30	1	76	53	1	52	42	1	57
43	16:06 - 16:09	40	1	45	40	2	77	38	1	56	38	1	52
44	16:09 - 16:12	50	1	55	52	2	65	20	0	60	37	1	47
45	16:12 - 16:15	48	1	65	46	4	74	20	1	46	38	2	45
46	16:15 - 16:18	55	0	45	42	3	82	22	1	55	54	1	45
47	16:18 - 16:21	32	2	55	50	5	80	20	1	67	36	1	52
48	16:21 - 16:24	34	1	45	35	2	75	22	2	73	40	1	50
49	12:24 - 12:27	62	1	68	38	1	60	18	1	95	48	1	48
50	16:27 - 16:30	48	1	62	45	1	92	12	1	78	47	1	55
51	16:30 - 16:33	50	0	65	42	1	70	23	2	75	42	1	50
52	16:33 - 16:36	62	0	62	30	0	72	17	1	80	55	0	38
53	16:36 - 16:39	56	0	110	40	0	45	20	1	78	53	1	39
54	16:39 - 16:42	75	1	65	50	1	70	16	1	75	48	1	42
55	16:42 - 16:45	52	1	50	38	1	70	22	1	85	30	1	45

56	16:45 - 16:48	45	0	65	43	1	63	32	0	72	40	2	53
57	16:48 - 16:51	64	0	60	48	1	67	44	0	70	45	1	42
58	16:51 - 16:54	72	0	45	52	2	61	50	0	86	57	1	45
59	16:54 - 16:57	52	2	62	40	1	59	33	1	96	73	1	75
60	16:57 - 17:00	96	1	70	47	2	85	61	1	87	65	1	72

e. Data volume kendaraan pada hari Minggu 27 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	30	1	55	20	1	20	25	1	55	20	1	40
2	07:03 - 07:06	28	1	72	16	2	56	19	1	75	35	0	45
3	07:06 - 07:09	35	0	50	19	1	55	18	0	70	30	1	48
4	07:09 - 07:12	46	0	48	30	1	50	17	1	65	26	1	50
5	07:12 - 07:15	52	0	40	45	0	35	15	1	35	22	1	45
6	07:15 - 07:18	50	0	62	40	0	55	16	1	78	17	0	30
7	07:18 - 07:21	28	1	72	27	0	38	18	0	75	45	1	35
8	07:21 - 07:24	40	1	42	25	0	70	20	0	65	30	1	36
9	07:24 - 07:27	25	2	68	27	0	68	22	1	70	15	1	32
10	07:27 - 07:30	22	2	82	18	1	75	19	1	65	20	0	40
11	07:30 - 07:33	18	1	65	19	1	33	22	1	52	36	0	30
12	07:33 - 07:36	25	0	46	23	1	48	15	0	60	22	1	40
13	07:36 - 07:39	35	0	85	30	1	50	12	0	75	20	0	36
14	07:39 - 07:42	40	1	80	20	1	45	20	1	72	26	1	30

15	07:42 - 07:45	26	0	82	19	2	28	16	1	76	36	1	58
16	07:45 - 07:48	56	2	85	50	1	45	15	2	72	15	2	46
17	07:48 - 07:51	45	1	55	58	1	50	17	1	28	25	0	46
18	07:51 - 07:54	55	1	54	60	1	45	22	1	36	20	0	55
19	07:54 - 07:57	50	0	60	29	1	38	20	1	68	30	0	75
20	07:57 - 08:00	50	0	64	40	1	60	30	1	25	20	2	69
21	12:00 - 12:03	48	1	75	20	2	72	45	1	45	35	1	48
22	12:03 - 12:06	54	1	52	27	1	57	15	1	65	35	0	42
23	12:06 - 12:09	48	1	50	48	2	65	17	1	40	33	0	38
24	12:09 - 12:12	55	1	58	28	1	50	18	1	60	40	1	34
25	12:12 - 12:15	50	1	50	30	1	57	20	1	30	40	2	44
26	12:15 - 12:18	56	1	38	20	1	70	22	0	32	26	1	30
27	12:18 - 12:21	42	1	72	26	1	50	22	0	58	45	1	35
28	12:21 - 12:24	38	1	82	38	1	62	15	0	55	25	1	40
29	12:24 - 12:27	35	1	43	32	1	75	19	0	27	52	1	45
30	12:27 - 12:30	62	0	57	30	1	62	20	1	50	44	1	36
31	12:30 - 12:33	58	0	60	17	1	65	26	1	36	60	1	33
32	12:33 - 12:36	25	0	65	16	1	70	32	1	48	48	1	30
33	12:36 - 12:39	76	0	52	38	1	65	35	1	44	40	2	50
34	12:39 - 12:42	52	0	47	58	1	75	30	1	36	25	1	38
35	12:42 - 12:45	60	1	49	46	2	60	42	1	34	52	2	50
36	12:45 - 12:48	48	1	58	40	2	80	25	1	50	48	1	52
37	12:48 - 12:51	60	1	40	46	1	85	35	1	36	38	2	38
38	12:51 - 12:54	75	1	48	52	2	58	20	1	42	40	1	50

39	12:54 - 12:57	74	1	52	38	1	45	35	1	33	38	1	44
40	12:57 - 13:00	65	1	75	55	1	70	45	1	52	46	3	50
41	16:00 - 16:03	50	0	64	35	1	52	22	1	40	26	1	55
42	16:03 - 16:06	45	1	52	28	2	75	50	1	52	40	1	55
43	16:06 - 16:09	38	1	43	38	1	75	32	1	50	36	1	50
44	16:09 - 16:12	46	1	52	50	1	63	20	1	54	34	1	45
45	16:12 - 16:15	45	0	56	44	3	72	19	1	42	36	1	46
46	16:15 - 16:18	52	0	42	40	2	75	21	0	50	50	1	44
47	16:18 - 16:21	30	1	53	48	3	65	18	0	54	34	0	50
48	16:21 - 16:24	32	0	42	30	1	72	20	1	62	38	0	48
49	12:24 - 12:27	52	0	66	36	0	58	17	1	82	45	0	44
50	16:27 - 16:30	35	0	60	43	0	72	16	1	76	47	0	52
51	16:30 - 16:33	40	0	62	40	0	67	20	1	73	40	1	48
52	16:33 - 16:36	50	1	60	28	1	70	15	1	75	50	0	36
53	16:36 - 16:39	47	1	75	38	1	42	19	0	75	47	1	35
54	16:39 - 16:42	68	0	60	48	0	56	15	0	74	45	1	40
55	16:42 - 16:45	45	0	48	36	1	65	20	0	76	25	1	40
56	16:45 - 16:48	40	1	62	40	1	60	30	1	70	35	1	50
57	16:48 - 16:51	63	1	58	45	2	59	45	1	68	40	1	38
58	16:51 - 16:54	62	1	42	50	1	57	48	1	69	55	1	40
59	16:54 - 16:57	45	1	58	35	1	55	32	0	85	70	1	65
60	16:57 - 17:00	68	0	56	45	1	70	31	0	75	55	1	60

f. Data volume kendaraan pada hari Senin 28 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	49	2	93	25	3	32	20	1	75	26	2	58
2	07:03 - 07:06	51	1	185	32	5	107	22	2	91	50	2	52
3	07:06 - 07:09	47	2	74	31	3	87	15	3	77	33	1	56
4	07:09 - 07:12	79	2	76	40	4	52	12	3	86	37	3	57
5	07:12 - 07:15	86	3	57	61	6	30	11	0	33	35	1	54
6	07:15 - 07:18	76	1	115	58	7	72	28	1	115	27	1	42
7	07:18 - 07:21	35	2	146	33	4	78	26	1	125	43	2	41
8	07:21 - 07:24	42	0	57	31	5	82	34	0	84	35	2	46
9	07:24 - 07:27	27	2	90	37	5	92	28	1	77	19	1	42
10	07:27 - 07:30	24	1	163	26	6	93	21	0	77	23	3	54
11	07:30 - 07:33	28	0	131	30	4	70	21	0	66	37	2	44
12	07:33 - 07:36	20	1	62	22	3	63	10	3	76	33	1	48
13	07:36 - 07:39	46	2	137	44	5	56	19	2	88	25	2	49
14	07:39 - 07:42	47	2	89	20	6	62	14	1	86	33	1	45
15	07:42 - 07:45	32	2	123	25	3	32	17	2	93	43	3	62
16	07:45 - 07:48	74	3	103	57	6	57	26	2	85	27	2	48
17	07:48 - 07:51	66	5	78	63	7	68	22	3	35	35	3	56
18	07:51 - 07:54	82	4	112	65	2	56	35	2	43	29	2	67
19	07:54 - 07:57	71	1	96	36	3	43	32	1	95	37	1	51
20	07:57 - 08:00	54	2	67	50	4	67	37	2	42	33	4	114
21	12:00 - 12:03	51	2	135	28	2	93	62	3	50	47	1	65

22	12:03 - 12:06	63	3	78	45	1	78	27	1	81	45	1	54
23	12:06 - 12:09	49	1	56	59	5	121	25	1	57	36	1	51
24	12:09 - 12:12	67	0	75	29	1	61	28	2	75	49	0	39
25	12:12 - 12:15	54	2	64	38	4	84	20	0	43	51	2	54
26	12:15 - 12:18	62	4	54	30	3	95	24	4	41	37	3	42
27	12:18 - 12:21	52	1	82	34	3	78	33	2	75	53	2	38
28	12:21 - 12:24	36	3	119	41	2	79	27	0	67	39	1	55
29	12:24 - 12:27	47	2	67	36	4	95	32	3	46	62	1	53
30	12:27 - 12:30	115	1	76	33	4	93	29	4	58	54	2	48
31	12:30 - 12:33	85	1	129	24	4	91	38	1	48	78	0	41
32	12:33 - 12:36	34	1	65	25	3	84	33	0	57	66	3	39
33	12:36 - 12:39	77	2	113	47	7	85	44	2	50	48	4	56
34	12:39 - 12:42	124	2	59	69	9	113	38	1	47	37	0	47
35	12:42 - 12:45	87	0	93	57	5	76	54	4	45	56	0	61
36	12:45 - 12:48	59	0	79	48	3	84	36	2	57	53	0	76
37	12:48 - 12:51	76	0	57	56	2	96	48	3	42	42	0	49
38	12:51 - 12:54	91	1	53	62	0	67	27	1	52	46	1	68
39	12:54 - 12:57	74	1	65	52	1	59	46	0	43	44	1	53
40	12:57 - 13:00	80	2	149	71	4	112	61	2	68	56	1	42
41	16:00 - 16:03	54	1	96	44	3	77	26	3	64	43	2	68
42	16:03 - 16:06	56	1	77	42	1	81	66	5	66	47	1	62
43	16:06 - 16:09	49	0	49	45	6	115	42	1	72	51	1	57
44	16:09 - 16:12	57	1	76	63	10	82	30	2	76	49	1	54

45	16:12 - 16:15	55	1	81	53	6	105	26	2	74	46	1	51
46	16:15 - 16:18	62	3	95	52	3	101	33	2	76	55	1	49
47	16:18 - 16:21	32	2	68	56	5	82	26	2	80	38	3	63
48	16:21 - 16:24	39	1	87	43	5	90	24	1	85	42	2	57
49	12:24 - 12:27	68	0	79	42	3	91	27	1	128	57	1	58
50	16:27 - 16:30	56	0	75	57	6	97	22	4	96	52	1	57
51	16:30 - 16:33	53	0	84	46	3	77	23	1	121	49	1	54
52	16:33 - 16:36	67	0	81	35	2	84	17	1	91	57	2	46
53	16:36 - 16:39	59	1	119	45	4	59	22	2	88	61	2	39
54	16:39 - 16:42	114	1	97	53	3	80	21	0	91	47	4	47
55	16:42 - 16:45	65	1	89	46	2	70	27	1	112	38	3	53
56	16:45 - 16:48	57	1	92	55	3	99	38	3	80	43	2	62
57	16:48 - 16:51	67	0	81	57	3	86	42	2	87	55	1	65
58	16:51 - 16:54	78	1	79	52	2	97	37	1	139	62	0	64
59	16:54 - 16:57	59	1	87	49	1	83	51	2	153	79	1	72
60	16:57 - 17:00	126	0	111	58	7	128	70	1	153	82	2	96

g. Data volume kendaraan pada hari Selasa 29 Juni 2021

No	Waktu	Persimpangan											
		Kol. Yos Sudarso			H. Adam Malik			Bambu II			Putri Hijau		
		LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	07:00 - 07:03	45	3	90	26	2	32	21	1	62	25	1	57

2	07:03 - 07:06	50	2	145	32	3	105	22	1	84	48	1	50
3	07:06 - 07:09	45	1	72	30	1	85	17	2	71	32	1	55
4	07:09 - 07:12	68	1	74	40	3	50	10	3	80	35	2	53
5	07:12 - 07:15	85	2	55	60	4	30	12	1	42	33	1	54
6	07:15 - 07:18	75	1	107	56	5	70	25	1	102	25	1	40
7	07:18 - 07:21	30	2	126	32	3	76	23	1	97	42	2	42
8	07:21 - 07:24	40	0	55	30	6	82	30	2	80	33	1	45
9	07:24 - 07:27	25	2	76	35	2	90	25	1	77	20	1	41
10	07:27 - 07:30	22	1	145	25	1	92	20	0	74	22	2	50
11	07:30 - 07:33	26	0	121	30	3	65	20	1	63	35	1	44
12	07:33 - 07:36	25	1	60	22	2	60	10	1	75	32	1	49
13	07:36 - 07:39	44	2	125	40	4	55	15	1	84	24	2	47
14	07:39 - 07:42	45	2	87	22	2	59	10	2	82	30	1	44
15	07:42 - 07:45	30	2	121	25	2	30	14	1	90	42	2	60
16	07:45 - 07:48	72	3	101	55	5	55	20	2	80	26	1	44
17	07:48 - 07:51	64	4	75	63	1	66	22	1	33	34	2	54
18	07:51 - 07:54	80	4	105	63	1	52	30	2	40	24	1	62
19	07:54 - 07:57	70	1	96	35	2	42	30	1	67	35	1	51
20	07:57 - 08:00	55	2	65	48	3	65	25	2	38	32	3	104
21	12:00 - 12:03	50	1	124	26	2	90	55	3	50	45	1	64
22	12:03 - 12:06	58	2	75	42	2	75	20	1	78	43	1	52
23	12:06 - 12:09	45	1	52	50	4	111	19	1	54	32	1	50
24	12:09 - 12:12	64	0	72	25	3	60	27	2	68	47	1	37
25	12:12 - 12:15	52	2	62	36	2	82	19	1	37	50	1	52
26	12:15 - 12:18	60	3	50	30	3	90	20	3	39	35	2	40
27	12:18 - 12:21	50	1	80	32	2	76	30	2	72	52	1	36

28	12:21 - 12:24	34	2	120	40	1	78	24	1	63	37	1	52
29	12:24 - 12:27	45	2	65	35	1	94	27	2	44	60	1	52
30	12:27 - 12:30	102	1	72	30	3	92	25	3	54	52	2	48
31	12:30 - 12:33	82	1	130	25	3	90	35	1	43	76	1	40
32	12:33 - 12:36	33	1	64	26	2	80	30	1	54	65	3	32
33	12:36 - 12:39	75	2	105	45	5	82	38	2	49	42	3	55
34	12:39 - 12:42	116	2	57	67	4	102	34	1	44	35	1	45
35	12:42 - 12:45	85	0	92	55	5	75	50	2	39	54	1	61
36	12:45 - 12:48	55	0	77	46	2	82	32	1	52	52	1	75
37	12:48 - 12:51	75	0	56	55	1	95	44	2	39	40	1	47
38	12:51 - 12:54	90	1	50	61	1	65	22	1	52	44	0	65
39	12:54 - 12:57	72	1	60	50	1	55	42	1	40	42	0	51
40	12:57 - 13:00	78	1	125	70	3	109	58	2	64	54	1	40
41	16:00 - 16:03	52	1	95	45	2	75	22	3	60	42	1	66
42	16:03 - 16:06	54	1	75	42	1	80	63	4	62	45	1	60
43	16:06 - 16:09	47	0	42	43	5	105	35	1	70	50	0	55
44	16:09 - 16:12	55	1	75	62	7	80	28	2	72	45	0	52
45	16:12 - 16:15	52	1	80	50	6	98	23	2	70	44	1	50
46	16:15 - 16:18	61	2	90	52	2	99	29	1	72	52	1	47
47	16:18 - 16:21	30	2	66	55	4	80	24	2	76	35	2	60
48	16:21 - 16:24	37	0	85	40	3	85	23	1	82	40	2	55
49	12:24 - 12:27	66	0	77	40	1	90	24	2	106	55	1	53
50	16:27 - 16:30	54	1	70	55	1	95	20	2	90	50	1	55

51	16:30 - 16:33	52	1	82	45	2	75	20	2	115	44	3	52
52	16:33 - 16:36	65	1	80	30	2	82	17	1	87	55	1	44
53	16:36 - 16:39	57	1	102	40	3	55	19	1	84	60	2	37
54	16:39 - 16:42	109	1	95	50	2	75	21	3	85	45	3	45
55	16:42 - 16:45	64	0	86	45	2	65	24	1	105	36	2	52
56	16:45 - 16:48	56	0	90	50	3	94	39	1	70	40	1	60
57	16:48 - 16:51	65	0	80	55	2	85	39	1	80	54	1	63
58	16:51 - 16:54	75	1	77	50	2	95	34	1	120	60	1	62
59	16:54 - 16:57	58	1	85	47	1	80	49	1	125	78	1	70
60	16:57 - 17:00	113	1	109	56	6	125	62	1	130	79	1	94

DOKUMENTASI

1. Foto lokasi Simpang Kolonel Yos Sudarso

2. Foto lokasi simpang H. Adam Malik

3. Foto lokasi simpang Bambu II

4. Foto lokasi Simpang Putri Hijau

KERJA SAMA:
SINI KERJA
SITU BERSAMA