

TUGAS AKHIR

KOORDINASI SINYAL SIMPANG JALAN YANG BERDEKATAN DENGAN PERMODELAN VISSIM: STUDY KASUS SIMPANG PANDANARAN DAN SIMPANG BESI JANGKANG KABUPATEN SLEMAN (*SIGNAL COORDINATION OF ADJACENT INTERSECTION USING VISSIM MODELING: A CASE STUDY OF PANDANARAN AND BESI JANGKANG INTERSECTION AT SLEMAN REGENCY*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Dian Ratnaningsih
13511278**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

TUGAS AKHIR

**KOORDINASI SINYAL SIMPANG JALAN YANG BERDEKATAN DENGAN PERMODELAN VISSIM:
STUDY KASUS SIMPANG PANDANARAN DAN SIMPANG BESI JANGKANG KABUPATEN SLEMAN
(*SIGNAL COORDINATION OF ADJACENT INTERSECTION USING VISSIM MODELING: A CASE STUDY OF PANDANARAN AND BESI JANGKANG INTERSECTION AT SLEMAN REGENCY*)**

Disusun oleh

**Dian Ratmaningsih
13511278**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 11 November 2020

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK : 015110101

Penguji I



Ir. Corry Ya'cub, M.T.
NIK : 815110102

Penguji II

Ir. Subarkah, M.T.
NIK : 865110101

Men gesahkan,

Ketua Komisi Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amimi Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa sesungguhnya laporan Tugas Akhir yang telah saya susun sebagai syarat untuk persyaratan memperoleh derajat Sarjana Starata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan Sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 11 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Dian Ratnaningsih

(13511278)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Koordinasi Sinyal Simpang Jalan Yang Berdekatan Dengan Permodelan Vissim: Study Kasus Simpang Pandanaran Dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan masukan-masukan selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Corry Ya'cub, M.T. Selaku dosen penguji 1 Tugas Akhir
3. Bapak Ir. Subarkah, M.T. Selaku dosen penguji 2 Tugas Akhir
4. Ibu Dr.Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Suwarto, Ibu Susyanti sebagai kedua orang tua, suami terkasih Hendra Susanto, sebagai orang yang telah memberikan dukungan terbesar, motivasi, semangat, serta do'a yang tidak pernah putus kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih atas kasih sayang dan segala hal yang berpengaruh besar terhadap kehidupan penulis selama ini.
6. Ika Setiawati, Apri Hermanto sebagai saudara kandung yang telah mendukung baik secara material maupun spiritual.

7. Sahabat Rukar, saudara Hari Wahyudi, Rendi, Retno Eka dan Suci dan teman surveyor yang telah membantu dan mendukung serta waktu dan tenaga yang dikorbankan untuk membantu kepentingan Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 11 November 2020
Penulis,



Dian Ratnaningsih
13511278



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Simpang	6
2.2 Jenis Simpang	6
2.2.1 Simpang Bersinyal	6
2.2.2 Simpang Tak Bersinyal	7
2.3 Koordinasi Antar Simpang	7
2.4 Perbandingan Penelitian Sekarang Dengan Penelitian Terdahulu	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Persimpangan	10
3.1.1 Kinerja Simpang	10
3.2 Jenis-Jenis Persimpangan	16
3.2.1 Simpang Bersinyal	16
3.2.2 Simpang Tak Bersinyal	17
3.3 Lampu Lalu Lintas	24

3.3.1	Parameter Lampu Lalu Lintas	24
3.3.2	Volume Lalu Lintas	25
3.4	Koordinasi Simpang Bersinyal	26
3.4.1	Syarat Koordinasi Sinyal	29
3.4.2	Konsep Dasar Koordinasi Lampu Lalu Lintas	30
3.4.3	Koordinasi Sinyal Pada Jalan Dua Arah	32
3.4.4	Keuntungan dan Efek Negatif Sistem Terkoordinasi	32
3.4.5	Simulasi Lalu Lintas	33
3.4.6	Simulasi Permodelan Dengan Menggunakan Software VISSIM	34
3.4.7	Penggunaan VISSIM Dalam Simulasi Lalu Lintas	35
BAB IV	METODE PENELITIAN	39
4.1	Tinjauan Umum	39
4.2	Jenis Penelitian	39
4.3	Data Penelitian	39
4.3.1	Data Primer	39
4.3.2	Data Sekunder	42
4.3.3	Alat Alat Penelitian	42
4.4	Metode Pengumpulan Data	42
4.4.1	Survei Pendahuluan (Observasi)	42
4.4.2	Geometri Jalan	42
4.4.3	Volume Lalu Lintas	42
4.4.4	Kondisi Arus Lalu Lintas	45
4.4.5	Siklus Lampu Lalu Lintas	45
4.4.6	Data <i>Driving Behaviour</i>	45
4.4.7	Survei Kecepatan Kendaraan	45
4.5	Metode Analisis Data	46
4.5	Metode Analisis Data	47
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	50
5.1	DATA	50

5.1.1 Data Primer	50
5.2 ANALISA	57
5.2.1 Rekapitulasi Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Pandanaran	57
5.3 KALIBRASI DAN VALIDASI VISSIM MODEL	59
5.3.1 Kalibrasi Permodelan Vissim	59
5.4 PERENCANAAN KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG	63
5.4.1 Alternatif Pemecahan Masalah	63
5.5 PEMBAHASAN	67
5.5.1 Perbandingan Panjang Antrian Hasil Koordinasi Antar Simpang	67
5.5.2 Perbandingan <i>Vehicle Travel Time</i> Hasil Koordinasi Simpang	68
5.5.3 Perbandingan Tundaan Hasil Koordinasi Simpang	70
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	72
6.1 SIMPULAN	72
6.2 SARAN	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian Simpang Jalan Kaliurang Km 12.5 Pandanaran Dan Simpang Jalan Kaliurang km 12,8 Besi Jangkang, Yogyakarta	2
Gambar 1.2 Kondisi Lalu Lintas Simpang Jalan Kaliurang Km 12.5 Pandanaran, Yogyakarta	3
Gambar 3.1 Offset Dan Bandwith Dalam Diagram Koordinasi	30
Gambar 3.2 Tampilan VISSIM Desktop	35
Gambar 4.1 Posisi Pengamatan Surveyor Pada Simpang Jalan Pandaran	433
Gambar 4.1 Posisi Pengamatan Surveyor Pada Simpang Jalan Besi Jangkang	43
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	466
Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian	477
Gambar 5.1 Geometri Simpang Jalan Kaliurang	51
Gambar 5.2 Detail Geometri Simpang Besi Jangkang	52
Gambar 5.2 Detail Geometri Simpang Pandanaran	52
Gambar 5.3 Diagram Fase Sinyal Simpang Besi Jangkang	59
Gambar 5.4 <i>Driving Behaviour</i> Sebelum Kalibrasi	61
Gambar 5.5 <i>Driving Behaviour</i> Setelah Kalibrasi	61
Gambar 5.6 Diagram Fase Sinyal Besi Jangkang	64
Gambar 5.7 Diagram Fase Sinyal Simpang Pandanaran	65
Gambar 5.8 Diagram Koordinasi Fase Sinyal Dua Simpang	66
Gambar 5.9 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrian Kondisi Eksisting dan setelah Di Koordinasikan	68
Gambar 5.10 Diagram Perbandingan Nilai Waktu Tempuh Kondisi Eksisting dan setelah Di Koordinasikan	69
Gambar 5.11 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan Kondisi Eksisting dan setelah Di Koordinasikan	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})	12
Tabel 3. 2 Faktor Hambatan Samping	12
Tabel 3. 3 Pengaturan Waktu Siklus	14
Tabel 3. 4 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping Dan Kendaraan Tak Bermotor (FFS)	15
Tabel 3. 5 Tipe Lingkungan Jalan	15
Tabel 3.6 Kriteria Pelayanan Untuk Persimpangan Bersinyal	28
Tabel 5.1 Geometri Simpang Jalan Kaliurang	53
Tabel 5.2 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Besi	53
Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Kendaraan Per 1 Jam	54
Tabel 5.4 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Pandanaran	55
Tabel 5.5 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Besi Jangkang	55
Tabel 5.6 Data Kecepatan Kendaraan Periode Jam Puncak Simpang Besi Jangkang	56
Tabel 5.7 Data Kecepatan Kendaraan Periode Jam Puncak Simpang Pandanaran	56
Tabel 5.8 Jarak Aman Kendaraan Simpang Bersinyal Besi	57
Tabel 5.9 Lebar Pendekat Simpang Pandanaran	58
Tabel 5.10 Perhitungan Derajat Kejenuhan	58
Tabel 5.11 Perhitungan Arus Jenuh	58
Tabel 5.12 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Padanaran	59
Tabel 5.13 Komponen <i>Driving Behaviour</i>	60
Tabel 5.14 Hasil Validasi VISSIM Setelah Kalibrasi Pada Kondisi Eksisting	62
Tabel 5.15 Nilai Tundaan, Waktu Tempuh, Panjang Antrian Dan Kecepatan Hasil Evaluasi VISSIM Kondisi Eksisting.	62

Tabel 5.16 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Besi Jangkang	64
Tabel 5.17 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Pandanaran	65
Tabel 5.18 Hasil Evaluasi Tundaan, Waktu Tempuh Dan Panjang Antrian	66
Tabel 5.19 Rekapitulasi Panjang Antrian Hasil Evaluasi VISSIM	67
Tabel 5.20 Rekapitulasi Vehicle Travel Time Hasil Evaluasi VISSIM	69
Tabel 5.21 Rekapitulasi Tundaan Hasil Evaluasi VISSIM	70



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Geometri Simpang Jalan Kaliurang
- Lampiran 2 Volume Lalu Lintas Per 1 Jam
- Lampiran 3 Kecepatan Kendaraan
- Lampiran 4 *Driving Behaviour*



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>Delay</i>	: Tundaan
EMP	: Ekuivalensi Mobil Penumpang
<i>HV (Heavy Vehicle)</i>	: Kendaraan Berat
LTOR	: <i>Left Turn on Red</i> (Belok Kiri Jalan Terus)
<i>LV (Light Vehicle)</i>	: Kendaraan Ringan
<i>MC (Motor Cycle)</i>	: Sepeda Motor
MKJI	: Manual Kapasitas Jalan Indonesia
SMP	: Satuan Mobil Penumpang
t	: Waktu tempuh
<i>Queue Length</i>	: Panjang Antrian
<i>Reduce Speed</i>	: Penurunan Kecepatan Kendaraan
<i>Vehicle Travel Time</i>	: Waktu Tempuh Kendaraan
VISSIM	: <i>Verkehr in Stadten Simulationsmodel</i> (Lalu Lintas di Kota – Model Simulasi)

ABSTRAK

Simpang Pandanaran dan simpang Besi Jangkang yang terletak di kabupaten Sleman Kota Yogyakarta tidak lepas dari permasalahan lalu lintas. Kedua simpang tersebut memiliki jarak 350 meter. Sehingga, jarak simpang yang pendek dan banyaknya volume kendaraan yang melewati kedua simpang tersebut akan menimbulkan masalah. Permasalahan yang terjadi dikarenakan belum adanya koordinasi simpang antar simpang Pandanaran dan simpang Besi Jangkang yang mengakibatkan kemacetan pada saat jam sibuk. Maka dari itu, pada penelitian ini akan memberikan alternatif perbaikan solusi antara koordinasi sinyal kedua simpang untuk mengatasi kemacetan pada saat jam sibuk.

Data diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan pada saat jam puncak kemudian dianalisis dengan menggunakan metode MKJI 1997 untuk mendapatkan derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan pada simpang Pandanaran, setelah kedua simpang menjadi simpang bersinyal kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk mendapatkan panjang antrian, tundaan, kecepatan, dan waktu tempuh.

Setelah dilakukan analisis dengan metode MKJI 1997 pada simpang Pandanaran didapat hasil derajat kejenuhan pada lengan Utara sebesar 1,170 dan tingkat pelayanannya yaitu D, lengan Selatan sebesar 1,194 dan tingkat pelayanannya yaitu C, lengan Barat sebesar 1,132 dan tingkat pelayannya yaitu B dengan hasil waktu siklus sebesar 107 detik. Setelah didapatkan hasil pada simpang tak bersinyal Pandanaran menjadi simpang Bersinyal selanjutnya kedua simpang dikoordinasikan dengan menggunakan diagram koordinasi, software *VISSIM* dan didapatkan hasil penurunan yang signifikan, waktu tempuh yang lebih cepat serta tundaan yang mengalami penurunan sehingga kinerja pelayanan dari kedua simpang tersebut cukup bagus. Berdasarkan nilai panjang antrian, waktu tempuh perjalanan, serta waktu tundaan dengan presentase rata-rata penurunan nilai panjang antrian pada simpang Pandanaran mengalami peningkatan 7%, Timur mengalami peningkatan 43%, Selatan penurunan 7% dan pada simpang Besi Jangkang pada lengan Utara mengalami penurunan 15%, Barat penurunan 49%, Selatan kenaikan 7%. Hasil tundaan mengalami penurunan pada simpang Pandanaran lengan Utara sebesar 48%, Timur 1%, Selatan tidak mengalami perubahan dan hasil dari simpang Besi Jangkang pada lengan Utara mengalami kenaikan sebesar 23%, Barat penurunan sebesar 31%, dan Selatan 4%, sehingga didapatkan tingkat pelayanan pada kedua simpang yaitu simpang pandanaran lengan Utara B, Timur C, Selatan B dan simpang Besi Jangkang lengan Utara adalah C, Barat C, dan Selatan B.

Kata-Kata Kunci : Simpang Bersinyal, Simpang Tak Bersinyal, MKJI 1997, *VISSIM*, Koordinasi Sinyal

ABSTRACT

Pandanaran transection and Besi Jangkang intersection which located at Sleman, Yogyakarta is not an exception to traffic problem. Both of those transection have a range of 350 meter. Which make the transection that shorter and have high volume of vehicle that pass both of those transection causes problem. Problems that happens because the fault of no presence of coordination between transections can cause traffic jam in busy hour. This research will give a solution to fix the coordination between both of those intersectin on peak hour.

The data is collected by live obvservation on the field on peak hour and then analyzed using MKJI 1997 method to find the saturated degree, the queue, the delay on Pandanaran transection, after both of the transection have the signal and then the analysis is carried out using VISSIM soft ware to get the queue, delay, speed, and duration time.

After the analysis is carried out with MKJI 1997 method on Pandanaran transection, the result is saturated degree on North side is 1,170 and the level of service is D, south side is 1,194 and the level of service is C, west side is 1,132 and the level of service is B with a cycle of 107 seconds. And after the results on the unsignaled transection to signaled transection the next is coordinating using VISSIM software and we the results is a significant decrease, a faster travel time with increased delay which make the level of service on both of the intersection increase. According to the queue, travel time, and time of delay with a mean percentage of decrease on Pandanaran transection on the north side is 7%, east is 43%, south is 7%, and on Besi Jangkang transection on north side is 48%, west is 1%, south is 0%. And for the increase on delay time on Pandanaran transection is % on the north side, east is 27%, south is 35% and on the Besi Jangkang transection is 31% n the north side, west is 31%, and south is 4%, and the level of serivce on both transection, on the Pandanaran transection on the north side become B, east become C, south become B and on Besi Jangkang transection north is B, west is C, and south is B

Key Words : *Transection, Unsignalize Intersection, Signal Coordination, VISSIM, MKJI 1997.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

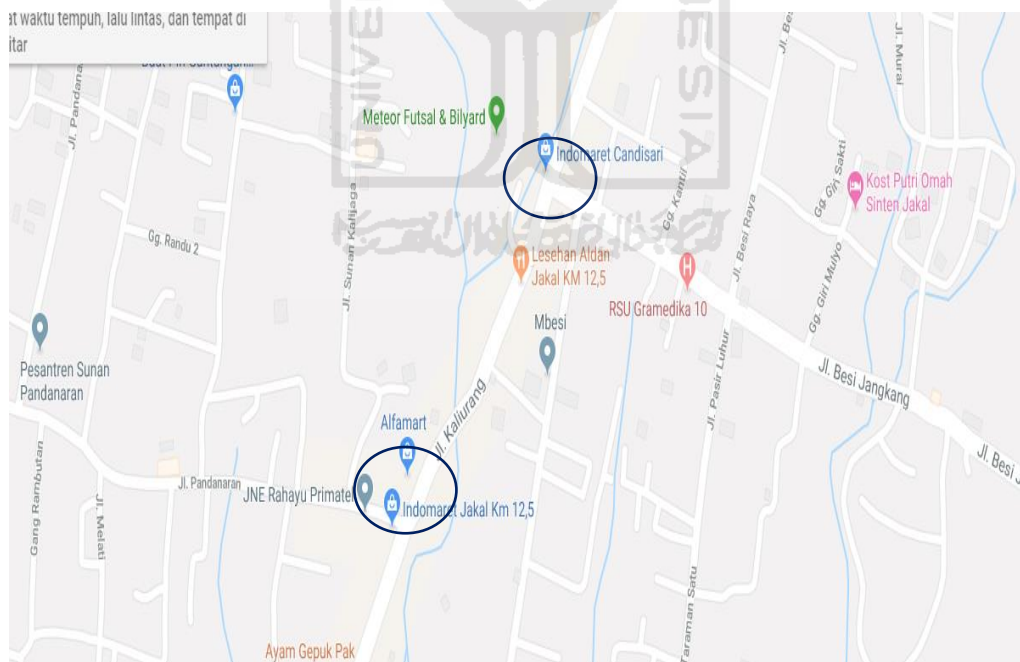
Persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan baik sebidang maupun tak sebidang. Dengan kata lain persimpangan dapat diartikan sebagai dua jalur atau lebih ruas jalan yang perpotongan, dan termasuk didalamnya fasilitas jalur – jalur dan tepi jalan. Persimpangan merupakan daerah yang rawan terhadap tundaan dan kecelakaan karena terjadinya konflik antar pergerakan kendaraan lain dengan lainnya maupun kendaraan dengan pejalan kaki. Semakin banyak persimpangan pada suatu jalan, maka akan semakin besar ketertundaan pada suatu jalan tersebut, dan akan semakin besar kemacetan yang terjadi. Resiko dari konflik lalu lintas yang menjadi titik pertemuan yaitu apabila tidak memiliki pengaturan seperti rambu dan tanda peringatan maka akan berakibat pada risiko kecelakaan.

Titik pertemuan arah adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan tanda agar kendaraan yang bermanuver di titik pertemuan tidak mengalami kemacetan yang berlebih. Faktor lain yang menyebabkan perlambatan di titik kendaraan tersebut adalah di saat kendaraan mengambil belok ke arah kiri atau ke arah kanan pastikan peluang kendaraan saat memasuki arah lurus mengalami perlambatan hal semacam ini bukan saja terjadi di daerah kota pendidikan seperti Yogyakarta melainkan sejumlah tempat diluar kota yang memiliki aktivitas dengan tingkat volume kendaraan yang begitu besar.

Perkembangan wilayah pinggiran kota Yogyakarta ini akan berdampak pada tingkat mobilitas penduduk. Contohnya adalah daerah simpang Jalan Kaliurang km 12,5-Pandanaran dan simpang Jalan Kaliurang km 12,8-Besi Jangkang yang termasuk dalam jaringan jalan kolektor primer yang menghubungkan tempat wisata Kaliurang dengan kota Yogyakarta. Dimana jarak kedua simpang ini adalah 350 m. Jarak

simpang pendek inilah yang sering menyebabkan besarnya kemungkinan kendaraan berhenti pada setiap simpang sehingga mengurangi kenyamanan berkendara. Kendaraan yang melewati simpang tak bersinyal akan saling menunggu, tidak tertata dan terkadang sembarang untuk melewati simpang tak bersinyal karena tidak adanya APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas). Hal ini dapat mengakibatkan adanya ketidaknyamanan dan keselamatan pengendara.

Berdasarkan adanya permasalahan yang sudah dibahas di atas maka peneliti mengusulkan koordinasi rekayasa lampu APILL pada kedua simpang dan pada saat pengendara melewati simpang yang pertama yaitu simpang bersinyal Jalan Besi Jangkang akan menghindari tundaan akibat lampu merah, dengan demikian kelambatan panjang antrian pun dapat diminimalisir dan tingkat pelayanan simpang menjadi lebih baik dari sebelumnya. Berikut ini adalah Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Penelitian Simpang Jalan Kaliurang Km 12.5 Pandanaran Dan Simpang Jalan Kaliurang km 12,8 Besi Jangkang, Yogyakarta (Sumber: Google Maps, 2019)



Gambar 1. 2 Kondisi Lalu Lintas Simpang Jalan Kaliurang Km 12.5 Pandanaran, Yogyakarta



Gambar 1. 2 Kondisi Lalu Lintas Simpang Jalan Kaliurang Km 12.8 Besi Jangkang, Yogyakarta

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas ada dua permasalahan pokok yang akan dijadikan sebagai fokus tugas akhir penulis, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja simpang tiga tak bersinyal pada simpang jalan Pandanaran dan simpang bersinyal Jalan Besi Jangkang Kabupaten Sleman (derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian) ?
2. Bagaimana kinerja kedua simpang, jika dijadikan sebagai simpang bersinyal terkoordinasi ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi kinerja lalu lintas tanpa sinyal dan bersinyal pada persimpangan yang ditinjau sebelum dilakukan perencanaan dengan menggunakan sinyal lalu lintas untuk memperoleh perbandingan,
2. Mengetahui kondisi kedua simpang setelah dikoordinasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan masukan oleh pihak Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika Kabupaten Sleman dalam usaha peningkatan pelayanan lalu lintas,

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian yang penulis lakukan dapat dilakukan secara tertata dan teratur, tentunya diperlukan batasan-batasan yang diambil pada saat melakukan penelitian. Batasan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian yaitu berada disimpang tiga Jalan Pandaran dan simpang Jalan Besi Jangkang Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
2. Jenis kendaraan yang diteliti adalah:

- a. Kendaraan ringan *Ligt Vehicle (LV)* kendaraan bermotor beroda 4 dengan emp = 1,0, seperti ; (mobil penumpang, oplet, bus mikro, *jeep*, *van*, mobil *box*, dan *pick up*),
- b. Kendaraan berat *heavy vehicle (HV)* kendaraan bermotor beroda ≥ 4 dengan emp = 1,3, seperti (bus, truk 2 gandar, truk 3 gandar, dan kombinasinya yang sesuai dengan klasifikasi Bina Marga),
- c. Kendaraan motor *motor cycles (MC)* kendaraan bermotor beroda 2 atau 3 dengan emp = 0,5, seperti (sepeda motor dan kendaraan beroda yang memenuhi klasifikasi Bina Marga),
- d. Kendaraan tak bermotor *unmotorised vehicle (UM)* kendaraan tak bermotor namun mempunyai namun mempunyai roda seperti (sepeda, becak, dokar, dan kereta dorong yang sesuai dengan klasifikasi Bina Marga).

Pada MKJI 1997 UM dianggap sebagai hambatan samping.

3. Penelitian dilakukan selama dua hari dan dilakukan pada jam 06.00-08.00, 11.00-13.00, 17.00-19.00 WIB. Ukuran kinerja simpang yang diteliti meliputi (derajat kejenuhan, panjang antrian kendaraan terhenti dan tundaan).
4. Analisis kinerja simpang dan koordinasi sinyal antar simpang dilakukan dengan menggunakan program MKJI 1997 dan Program komputer *VISSIM*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpang

Simpang adalah suatu area yang kritis pada suatu jalan raya yang merupakan tempat titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih (Pignataro, 1973) dalam (Raisa, 2016).

Pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalulintas dan pertimbangan lingkungan (MKJI, 1997).

2.2 Jenis Simpang

Menurut (Morlok, 1988) menyatakan jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sebagai berikut.

2.2.1 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalulintas dari setiap pendekatannya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir (Morlok, 1988).

Triani (2006) melakukan penelitian untuk mengevaluasi efektifitas kinerja simpang bersinyal pada simpang jalan AR.Hakimn - WR.Supratman kota Mataram dan memberikan solusi yang optimal agar pangaturan simpang menjadi lebih efektif. Berdasarkan hasil akhir analisis dapat disimpulkan bahwa pada kondisi lapangan, tingkat kinerja simpang kurang efektif. Untuk memperoleh kinerja simpang yang optimal, dilakukan beberapa alternatif solusi berupa perubahan waktu sinyal dan penambahan lebar pendekatan. Alternatif perubahan waktu sinyal adalah alternatif solusi terbaik bila ditinjau dari segi ekonomis karena lebih mudah menganalisis di lapangan di bandingkan melakukan penambahan lebar pendekat.

2.2.2 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal (*unsignalize intersection*) adalah persimpangan yang tidak diatur dengan lampu pengatur lalu lintas. Jenis simpang ini paling banyak dijumpai di perkotaan dan cocok diterapkan apabila arus lalu lintas di jalan minor dan pergerakan membelok sedikit. Namun apabila arus lalu lintas di jalan utama sangat tinggi sehingga resiko kecelakaan bagi para pengendara di jalan minor meningkat (akibat terlalu berani mengambil gap yang kecil) maka dipertimbangkan adanya sinyal lalu lintas (Munawar, 2006) dalam (Raisa, 2016).

Hidayat, (2015) melakukan penelitian pada simpang tak bersinyal pada simpang tiga lengan yang terdapat di jalan masuk Universitas Islam Indonesia dan memberikan solusi yang optimal agar pengaturan simpang menjadi lebih efektif. Berdasarkan hasil akhir analisis dapat disimpulkan bahwa pada kondisi eksisting tidak sesuai dengan kriteria (MKJI, 1997), dengan derajat kejenuhan tertinggi sebesar 1,0127, kapasitas rata-rata sebesar 2589 smp/jam dan tundaan simpang rata-rata sebesar 19,005 det/smp. Alternatif pemecahan masalahnya adalah dengan merubah eksisting simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal dengan metode (MKJI, 1997). Alternatif ini menghasilkan simpang bersinyal dengan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,558, kapasitas rata-rata sebesar 791 smp/jam dan tundaan rata-rata sebesar 25,008 det/smp. Berdasarkan hasil analisis pemecahan masalah kondisi eksisting menjadi simpang bersinyal untuk 5 tahun mendatang, pada Pendekat Utara ke arah lurus didapatkan nilai kapasitas sebesar = 856 smp/jam, arus lalu lintas = 595 smp/jam dan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar = 0,694. Nilai derajat kejenuhan < 0,75 sehingga sesuai dengan yang disyaratkan oleh (MKJI, 1997).

2.3 Koordinasi Antar Simpang

Koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrian menurut (Taylor, 1996) dalam (Raisa, 2016).

Irawan (2017) melakukan penelitian pada persimpangan diruas tak bersinyal jalan Kusumanegara-jalan Ipda Tut Harsono dan simpang jalan Glagahsari pada

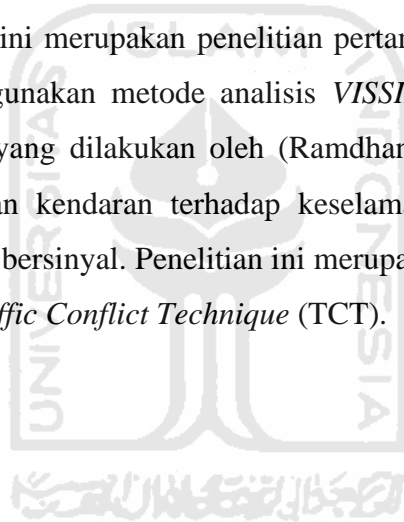
penelitian ini menggunakan metode deskriptif, kuantitatif, dan kualitatif. Data yang diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan pada saat jam puncak pagi, siang dan sore hari kemudian dianalisis dengan menggunakan metode (MKJI, 1997) untuk mendapatkan derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan dan analisis menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk mendapatkan panjang antrian, tundaan, kecepatan. Dan waktu tempuh. Setelah dilakukan analisis dengan metode (MKJI, 1997) maka didapat hasil derajat kejenuhan yang masih memenuhi kriteria. Pada simpang 1 bersinyal yaitu lengan barat sebesar 0,47, barat lurus jalan terus 0,58, timur 0,713, dan selatan 0,379. Sedangkan untuk simpang 2 tak bersinyal derajat kejenuhannya sebesar 0,56. Pada parameter lain yang digunakan dalam evaluasi 2 simpang kusumanegara menunjukkan hal yang berbeda seperti tundaan (*delay*) tertinggi dari metode (MKJI, 1997) adalah 28,3 detik sedangkan metode VISSIM 194,76 detik untuk simpang 1, dan dengan metode VISSIM sebesar 75,26 untuk simpang 2 tak bersinyal. Untuk panjang antrian (*queue length*) tertinggi untuk metode MKJI terdapat pada lengan timur simpang 1 sebesar 181 m, dan untuk metode VISSIM panjang antrian sebesar 307,105m. Alternatif 1 yaitu memberikan lampu sinyal pada simpang 2 mempunyai hasil yang kurang maksimal, hasilnya tidak mengurangi tundaan dan panjang antrian secara signifikan. Alternatif pemecahan masalah yang paling tepat untuk simpang 2 kusumanegara adalah dengan memberikan lampu sinyal pada simpang 2 lalu mengkoordinasikan sinyal kedua simpang ditambah metode *early cut of*. Alternatif Ini memberikan pengaruh cukup signifikan terhadap kedua simpang berdekatan dari tingkat pelayanan ruas dan tundaan. Kecepatan penggunaan ruas jalan naik sebesar 46 km/jam menjadikan kinerja ruas menjadi D yang awalnya E dan tundaan kedua simpang turun sebesar 15 detik/kendaraan menjadikan tingkat pelayanan kedua simpang Kusumanegara yang awalnya E menjadi B.

2.4 Perbandingan Penelitian Sekarang Dengan Penelitian Terdahulu

Dari penelitian-penelitian terdahulu, terdapat persamaan dan perbedaan dengan penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Raisa, 2016) yang

mengkaji tentang koordinasi dua simpang yang berdekatan dengan MKJI dan permodelan *VISSIM*, terdapat persamaan metode analisis yang digunakan yaitu permodelan *VISSIM*. Sedangkan perbedaannya adalah pada lokasi yang diteliti. Pada penelitian terdahulu, lokasi yang diteliti adalah di Jalan Kusumanegara – Jalan Ipda Tut Harsono dan Jalan Glagahsari -Jalan Kusumanegara Kota Yogyakarta, sedangkan pada penelitian ini lokasi yang diteliti adalah simpang Jalan Pandanaran dan simpang Jalan Besi Jangkang Kota Yogyakarta. Sehingga, dari geometri pendekatan arus lalu lintas dan metode analisisnya yang berbeda memungkinkan solusi yang didapat berbeda pula.

Selain itu, penelitian ini merupakan penelitian pertama yang mengkaji tentang koordinasi simpang menggunakan metode analisis *VISSIM* di lokasi yang diteliti. Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Ramdhani, 2017) adalah mengkaji tentang pengaruh kecepatan kendaran terhadap keselamatan pengguna kendaraan bermotor pada simpang tak bersinyal. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan metode analisis *Traffic Conflict Technique (TCT)*.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Ketika kendaraan didalam kota orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan didaerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, dimana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau belok dan pindah jalan.

Menurut departemen perhubungan direktorat jendral perhubungan darat (1996) persimpangan adala simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalulintas pada masing-masing kaki persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalulintas lainnya. Persimpangan-persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya didaerah-daerah perkotaan.

Karena persimpangan harus dimanfaatkan bersama-sama oleh orang yang ingin menggunakannya, maka persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Pergerakan lalulintas yang terjadi dan urutan-urutannya dapat ditangani dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangan yang dibutuhkan (Khisty, 2003)

Khisty (2003) menyatakan, persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

3.1.1 Kinerja Simpang

Tingkat kinerja simpang berdasarkan (MKJI, 1997) adalah ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi oprasional. Nilai kuantitatif dinyatakan dalam kapasitas, derat kejenuhan, tundaan, peluang antri, kecepatan penuh, waktu tempuh.

1. Parameter Kinerja Simpang

Kinerja simpang bersinyal jalan sangat penting keberadaannya karena beberapa alasan, seperti berhubungan dengan keselamatan pengguna jalan dan efektivitas pergerakan kendaraan yang saling bertemu pada saat melintas persimpangan. Tidak berfungsinya sinyal tentu akibatnya sangat fatal pada persimpangan yang mempunyai volume kendaraan besar, tundaan serta kemacetan tentu akan terjadi dan tidak bisa dipungkiri kecelakaan pun akan terjadi.

a. Arus Jenuh Lalu Lintas

Besarnya keberangkatan antrian didalam pendekatan selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau). Dalam menghitung arus jenuh menurut metode manual kapasitas jalan Indonesia (Ditjen Bina Marga, 1997) ada dua cara sebagai berikut.

Menentukan arus jenuh dasar (S_o) untuk setiap pendekatan

Untuk pendekatan tipe P (arus terlindung) digunakan persamaan 3.1 berikut.

$$S_o = (600) \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \quad 3.1$$

Keterangan : S_o = Arus Jenuh Dasar (smp/jam hijau)

W_e = Lebar Efektif (m)

(Sumber : Ditjen Bina Marga,1997)

Menghitung nilai arus jenuh S yang disesuaikan dengan persamaan 3.2. rumus S_o bias dilihat pada persamaan 3.2.

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_O \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam hijau)} \quad 3.2$$

Keterangan :

S_o = Arus Jenuh Yang Disesuaikan (smp/jam hijau)

F_{CS} = Arus Jenuh Dasar (smp/jam hijau)

F_{SF} = Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

F_G = Faktor Penyesuain Untuk Hambatan Samping

F_O = Faktor Penyesuain Untuk Kelandaian

F_P = Faktor Penyesuaian Parkir

F_{RT} = Faktor Penyesuain Belok Kanan

F_{LT} = Factor Penyesuai Belok Kiri

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Dalam penentuan farktor penyesuaian ukuran kota digunakan Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk kota (juta jiwa)	Factor penyesuain ukuran kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
< 0,1	0,82

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Sedangkan untuk menentukan factor hambatan sampig perlu diketahui dulu kelas dan hambatan sampig tersebut. Berikut data hambatan sampig berdasarkan jumlah bobot kejadian dan kondisi wilayah tempat kejadian pada table 3.2 berikut ini

Tabel 3. 2 Faktor Hambatan Sampig

Kelas Hambatan Sampig (SFC)	Kode	Jumlah Bobot Kejadian Per 200 m/Jam	Kondisi Khusus
Sangat rendah	VL	<100	Daerah permukiman, jalan sampig tersedia
Rendah	L	100-299	Daerah permukiman, beberpa angkutan umum, dsb
Sedang	M	300-499	Daerah industry, beberapa took sisi jalan
Tinggi	H	500-899	Daerah komersial aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	>900	Darah komersial aktivitas pasar sisi jalan

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Untuk menentukan besarnya faktor penyesuaian digunakan tipe lingkungan jalan, hambatan, dan kendaraan tak bermotor seperti pada Table 3.3.

b. Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus merupakan waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (antara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama). Waktu siklus yang paling rendah akan menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang, sedangkan waktu siklus yang lebih besar menyebabkan memanjangnya antrian kendaraan dan panjangnya tundaan, sehingga akan mengurangi kapasitas seluruh simpang (MKJI, 1997).

1). Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (C_{ua})

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap dihitung dengan rumus:

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (3-3)$$

Keterangan:

C_{ua} = Panjang siklus (detik)

LTI = Jumlah waktu yang hilang setiap siklus (detik)

IFR = Rasio arus perbandingan dari arus terhadap arus jenuh (Q/S)

FR_{CRIT} = Nilai tertinggi rasio arus dari seluruh pendekat yang terhenti pada suatu fase

ΣIFR_{CRIT} = Rasio arus simpang = jumlah FR_{CRIT} dari seluruh fase pada simpang

Waktu siklus yang didapat kemudian disesuaikan dengan waktu siklus yang direkomendasikan seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Pengaturan Waktu Siklus

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang layak (detik)
2 Fase	40 – 80
3 Fase	50 – 100
4 Fase	80 – 130

(Sumber: Bina Marga, 1997)

c. Waktu hijau (g)

Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat. Perhitungan waktu hijau untuk tiap fase dijelaskan dengan rumus:

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \geq 10 dtk \quad (3-4)$$

Keterangan:

 g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik) C_{ua} = Waktu siklus (detik) LTI = Waktu hilang total per siklus (detik) PR_i = Rasio fase = $FR_{CRIT} / \Sigma(FR_{CRIT})$ 2). Waktu siklus yang disesuaikan (c)

Waktu siklus yang disesuaikan (c) dihitung berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang. Dinyatakan dengan rumus:

$$c = \Sigma g + LTI \quad (3-5)$$

Untuk mengetahui faktor – faktor dalam perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia bisa dilihat pada table 3.4 berikut ini

Tabel 3. 4 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping Dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{FS})

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.2	≥ 0.25
Komersial	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.7
		Terlindung	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81
	Sedang	Terlawan	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.71
		Terlindung	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	Terlawan	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72
		terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Pemukiman	Tinggi	Terlawan	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
		Terlindung	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84
	Sedang	Terlawan	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.73
		Terlindung	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.85
	Rendah	Terlawan	0.98	0.93	0.88	0.83	0.80	0.74
		terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses terbatas	Tinggi/sedang/rendah	Terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
		terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1998)

Tabel 3. 5 Tipe Lingkungan Jalan

Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya perkotaan, rumah makan, perkotaan dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan)
Pemukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dan jalan masuk terbatas
Akses terbatas	Tempat jalan masuk langsung langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dan sebagainya)

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1998)

d. SMP (Satuan Mobil Penumpang)

MKJI (1997) menyatakan nilai ekuivalen mobil penumpang dari masing-masing pendekatan dapat dilihat ditabel 3.4 diatas dan untuk kendaraan tidak bermotor, menurut (MKJI, 1997) diperhitungkan sebagai hambatan samping.

3.2 Jenis-Jenis Persimpangan

Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu pertemuan jalan sebidang, pertemuan jalan tak sebidang, dan kombinasi antara keduanya. Persimpangan sebidang adalah persimpangan di mana dua jalan atau lebih bergabung pada satu bidang datar, dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya (Khisty, 2003).

Secara garis besar persimpangan terbagi dalam 2 bagian yang dilihat dari perencanaannya yaitu persimpangan sebidang dan persimpangan tak sebidang (simpang susun). Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya. Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintas pada dasarnya ada 4 macam yaitu bercabang tiga, bercabang empat, bercabang banyak, dan bundaran (Morlok, 1988). Persimpangan tidak sebidang/simpang susun adalah persimpangan dimana dua ruas atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada diatas atau dibawah ruas yang lain.

3.2.1 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa langan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas. Kapasitas simpang dapat ditingkatkan dengan menerapkan aturan prioritas sehingga simpang dapat digunakan secara bergantian. Pada jam-jam sibuk hambatan yang tinggi dapat terjadi, untuk mengatasi hal itu pengendalian dapat dibantu oleh petugas lalu lintas namun bila volume lalu lintas meningkat sepanjang waktu diperlukan sistem pengendalian untuk seluruh waktu yang dapat bekerja secara otomatis. Untuk menggambarkan beberapa ukuran dalam mengevaluasi efektivitas simpang bersinyal perlu adanya komponen untuk menganalisisnya.

3.2.2 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah persimpangan yang tidak diatur dengan lampu pengatur lalu lintas. Jenis simpang ini paling banyak dijumpai di perkotaan dan cocok diterapkan apabila arus lalu lintas di jalan minor dan pergerakan membelok sedikit. Namun apabila arus lalu lintas di jalan utama sangat tinggi sehingga resiko kecelakaan bagi para pengendara di jalan minor meningkat (akibat terlalu berani mengambil gap yang kecil) maka dipertimbangkan adanya sinyal lalu lintas (Munawar, 2006).

Langkah-langkah paling umum adalah menghitung rata-rata tundaan per kendaraan, rata-rata panjang antrian, waktu sinyal dan jumlah berhenti.

1. Kapasitas

Kapasitas di definisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua-lajur dua-arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur (MKJI, 1997). Kapasitas untuk tiap lengan simpang dihitung dengan persamaan berikut:

$$C = Sx \frac{g}{c} \quad (3-6)$$

Keterangan:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus yang ditentukan (detik)

2. Tundaan

Tundaan terdiri dari Tundaan Lalu Lintas (DT) dan Tundaan Geometri (DG). Tundaan Lalu Lintas (DT) adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh interaksi dengan gerakan yang bertentangan. Tundaan Geometri (DG) disebabkan oleh

perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di persimpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah. (MKJI, 1997).

a. Tundaan lalu lintas (DT)

Tundaan lalu lintas adalah akibat interaksi antar lalu lintas pada simpang dengan faktor luar seperti kemacetan pada hilir (pintu keluar) dan pengaturan manual oleh polisi, dengan rumus:

$$DT_j = cx \frac{0,5x(1-GR_j)}{(1-GR_j \times DS_j)} \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C_j} \quad (3-7)$$

Atau,

$$DT_j = cxA + \frac{NQ_1 \times 3600}{C_j} \quad (3-8)$$

Dimana:

$$A = \frac{0,5x(1-GR_j)}{(1-GR_j \times DS_j)} \quad (3-9)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (smp/jam)

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c) (detik)

NQ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

b. Tundaan Geometrik (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan akibat perlambatan atau percepatan pada simpang atau akibat terhenti karena lampu merah.

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times PT \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (3-10)$$

Atau masukkan DG_j rata-rata 6 detik/smp.

Keterangan:

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

3. Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga, dalam (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997) derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah perbandingan rasio arus (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam) dan digunakan sebagai faktor kunci dalam menilai dan menentukan tingkat kinerja suatu segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah simpang tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Nilai DS simpang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$DS = Q_{tot}/C \quad (3-11)$$

Keterangan:

DS = Derajat kejenuhan

Q = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas jalan (smp/jam)

4. Panjang Antrian

Panjang antrian merupakan jumlah kendaraan yang antri pada suatu pendekat. Pendekat adalah daerah suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. Satuan panjang antrian adalah satuan mobil penumpang (smp). (MKJI, 1997). Dari nilai derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu, diperoleh persamaan:

Untuk $DS > 0,5$:

$$NQ_1 = 0,25xCx[(DS - 1) - \sqrt{(DS - 1)^2 - \frac{8x(DS-0,5)}{C}}] \quad (3-12)$$

Untuk $DS \leq 0,5$

$$NQ_1 = 0 \quad (3-13)$$

Keterangan:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau

DS = Derajat jenuh

C = Kapasitas (smp/jam) = $SxGR$

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dengan persamaan berikut:

$$NQ_2 = cx \frac{1-GR}{1-GRxDS} x \frac{Q}{3600} \quad (3-14)$$

Keterangan:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat jenuh

GR = Rasio hijau (detik)

c = Waktu siklus

Q = Volume lalu lintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik)

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil di atas.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3-15)$$

5. Aliran Lalu Lintas

Aliran lalu lintas yaitu jumlah kendaraan yang terdapat dalam ruangan yang diukur dalam suatu interval waktu tertentu. Aliran lalu lintas bernotasikan Q .

$$Q = \sum_{i=1}^n q \quad (3-16)$$

Dengan q dari $i=1$ sampai n

Angka aliran lalu lintas adalah sebuah angka yang sama selama suatu jam dari jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau ruas jalan yang dipilih untuk ditinjau dalam suatu waktu tertentu yang lebih kecil dari satu jam, biasanya paling sering digunakan 15 menit bahkan untuk mencapai hasil yang lebih akurat yaitu dengan memakai waktu yang lebih kecil seperti 5 menit atau 1 menit.

Faktor jam puncak yaitu perbandingan dari jumlah volume lalu lintas selama 1 jam dengan angka aliran puncak pada jam tersebut.

$$PHF = \frac{\text{volume kendaraan dalam 1 jam}}{\text{angka aliran puncak dalam 1 jam}}$$

Jika periode yang dipakai 15 menit, maka untuk perhitungan PHF dapat digunakan dengan persamaan berikut ini.

$$PHF = \frac{V}{4+V_{15}} \quad (3-16)$$

Keterangan

PHF = Faktor Jam Puncak

V = Volume 1 Jam

V_{15} = Volume sebagai periode tertinggi 15 menit dalam jam puncak (kend/15 menit)

6. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik selama suatu interval waktu penelitian. Volume ini bias dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik dijalan dalam suatu waktu, bias dilihat dari persamaan 3-17 dibawah ini.

$$q = \frac{N}{T} \quad (3-17)$$

Keterangan:

q = volume kendaraan (kendaraan/jam)

N = jumlah kendaraan yang lewat dititik (kendaraan)

T = waktu atau periode pengamatan (jam)

Volume lalu lintas yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Volume harian, yaitu volume lalu lintas pada hari penlitian
- b. Volume tiap jam, yaitu volume harian yang diukur tiap jam – jam puncak.

Volume lalu lintas pada umumnya berbeda antara volume lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore.

7. Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu siklus untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode (*webster*, 1966) untuk meminimalkan tundaan total pada suatu

simpang. Langkah pertama yaitu ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (gi) pada masing-masing fase (i).

a. Waktu Siklus

$$C = (1.5 \times LTI - 5) / (1 - \sum FR_{crit}) \quad (3-18)$$

Keterangan:

C = waktu siklus sinyal (detik)

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal.

E (FR_{crit}) = rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka ada resiko serius akan terjadinya lewat jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai E(FR_{crit}) mendekati atau lebih dari 1 maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negative

b. Waktu Hijau

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / L(FR_{crit}) \quad (3-19)$$

keterangan:

gi = tampilan waktu hijau fase I (detik)

Kinerja waktu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau dari pada terhadap panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecil pun dari rasio hijau (g/c) yang ditentukan dari rumus 5 dan 6 diatas menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

3.2.3 Perbaikan Umum Simpang Tak Bersinyal

Munawar (2004) dalam Raisa (2016) menyatakan pada simpang tak bersinyal di Indonesia, perbaikan simpang umumnya dapat dilakukan seperti berikut ini.

1. Perbaikan Secara Geometri

Khususnya pada sudut atau radius belokan. Perbaikan ini secara analitis akan mempengaruhi kinerja simpang, khususnya mengurangi nilai tundaan, meningkatkan kapasitas serta mengurangi derajat kejenuhan. Dampak positif lainnya adalah minimalisasi konflik pada gerakan kendaraan serta meningkatkan kenyamanan.

2. Secara Manajemen Lalu Lintas

Simpang tak bersinyal seharusnya memiliki prasarana pelengkap seperti rambu atau garis marka yang jelas. Perbaikan dapat diwujudkan dalam bentuk memberikan rambu (seperti rambu larangan berhenti, tanda yield atau stop pada jalan minor) serta garis marka untuk batas arus serta garis larangan parkir pada area sekitar simpang.

3. Pengaturan Area PKL (Pedagang Kaki Lima)

Pengaturan ini dilakukan untuk dapat mengurangi hambatan samping yang akan dapat meningkatkan kapasitas, pengaturan ini dapat berupa:

- a. Tindakan represif, seperti pelanggaran PKL serta tindakan-tindakan hukum
- b. Tindakan preventif, seperti trotoar yang didesain secara khusus agar tidak dapat ditepati oleh PKL namun nyaman bagi pejalan kaki.

4. Pulau Lalu Lintas

Pulau lalu lintas dapat dibuat namun sebaiknya digunakan bila lebar jalan lebih dari 10 meter untuk keselamatan pejalan kaki serta meminimalisasi konflik.

5. Lebar Median Dijalan Utama

Lebar median jalan utama sebaiknya minimal 3-4 m untuk memudahkan kendaraan dari jalan melewati jalan utama dalam 2 (dua) tahap. Hal ini akan meningkatkan kapasitas serta keselamatan.

6. Peningkatan Fisik

Dilakukan pada ruas jalan dengan beban lalu lintas yang berat serta kemungkinan perubahan tata lahan yang tepat.

3.3 Lampu Lalu Lintas

3.3.1 Parameter Lampu Lalu Lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas. Menurut (*C. Jotin Khisty, 2003*)

Lampu lalu lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki dan tempat arus lalu lintas lainnya. Pengaturan lampu lalu lintas di persimpangan jalan dimaksudkan untuk mengatur pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan agar dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu antar-arus yang ada. (UU no.22/2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan: Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas atau APILL).

Clarkson H. Oglesby (1999) menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi yang tersebut di bawah ini:

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur.
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan.
3. Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu.
4. Mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu.
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki.
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.
7. Sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan

8. Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat atau pada jembatan gerak.

Di lain pihak (*Clarkson H. Oglesby*, 1999) menyebutkan bahwa terdapat hal-hal yang kurang menguntungkan dari lampu lalu lintas, antara lain adalah:

1. Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki.
2. Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pada pemasangan khusus.
3. Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan.
4. Meningkatkan frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki

3.3.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik selama suatu interval waktu penelitian. Volume ini bias dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik di jalan dalam suatu waktu, bias dilihat dari persamaan 3.20 dibawah ini.

$$q = N/T \quad (3-20)$$

keterangan :

- q = volume kendaraan (kendaraan/jam)
 N = jumlah kendaraan yang lewat dititik (kendaraan)
 T = waktu atau periode pengamatan (jam)

Volume lalu lintas yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah

1. Volume harian, yaitu volume lalu lintas pada hari penelitian
2. Volume tiap jam, yaitu volume harian yang diukur tiap jam-jam puncak.

Volume lalu lintas pada umumnya berbeda antara volume lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore.

Menurut (MKJI, 1997) menyatakan pada umumnya penggunaan sinyal lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut ini.

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

3.4 Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

Analisis kapasitas jalan di Indonesia di bedakan dari jalan perkotaan, jalan luar kota dan jalan bebas hambatan. Sebagai panduan untuk membedakan antara jalan perkotaan dan jalan luar kota. (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997) memberikan ciri/karakteristik jalan perkotaan/semi perkotaan yang dapat dilihat dari beberapa hal berikut.

1. Terdapatnya kawasan terbangun secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan.
2. Jalan pada daerah perkotaan dengan penduduk kurang lebih dari 100.000 jiwa digolongkan dalam kelompok ini.
3. Jalan pada daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 jiwa digolongkan dalam kelompok ini, jika mempunyai kawasan terbangun secara permanen dan menerus seperti dijelaskan pada butir (1).
4. Memiliki karakteristik arus lalu lintas jam puncak pagi dan sore hari lebih tinggi, dan komposisi lalu lintas sepeda motor dan kendaraan pribadi yang sangat dominan, sementara komposisi jenis kendaraan truk adalah rendah.

3.4.1 Penetapan Tingkat Pelayanan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Tahun 2015 penetapan tingkat pelayanan bertujuan untuk menetapkan tingkat pelayanan pada suatu jalan dan/atau

persimpangan. Berikut ini adalah indikator yang harus dipenuhi dalam tingkat pelayanan sebagai berikut.

1. Rasio antara dan kapasitas jalan
2. Waktu perjalanan
3. Kebebasan bergerak
4. Keamanan
5. Keselamatan
6. Ketertiban
7. Kelancaran, dan
8. Penilaian pengemudi terhadap kondisi arus lalu lintas.

Tingkat pelayanan dibagi atas tingkatan : a, b, c, d, e, dan f. Pada kondisi operasional yang paling baik dari suatu fasilitas dinyatakan dengan tingkat pelayanan a, sedangkan untuk kondisi yang paling buruk dinyatakan dengan tingkat pelayanan f. Tingkat pelayanan pada persimpangan diklasifikasikan atas sebagai berikut.

1. Tingkat pelayanan a, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan.
2. Tingkat pelayanan b, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan.
3. Tingkat pelayanan c, dengan kondisi tundaan kurang dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan.
4. Tingkat pelayanan d, dengan kondisi tundaan kurang dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan.
5. Tingkat pelayanan e, dengan kondisi tundaan kurang dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan.
6. Tingkat pelayanan f, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan.

Hubungan antara besarnya tundaan henti kendaraan (detik) dengan tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Kriteria Pelayanan Untuk Persimpangan Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan Per Kendaraan (Detik/Kendaraan)
A	≤ 5
B	$> 5-15$
C	$> 15-25$
D	$> 25-40$
E	$> 40-60$
F	≥ 60

(Sumber: Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2015)

3.5 Koordinasi Simpang Bersinyal

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan adanya koordinasi sinyal ini diharapkan tundaan (*delay*) yang dialami kendaraan dapat berkurang dan menghindarkan antrian kendaraan yang panjang. Kendaraan yang telah bergerak meninggalkan satu simpang diupayakan tidak mendapati sinyal merah pada simpang berikutnya, sehingga dapat terus berjalan dengan kecepatan normal. Sistem sinyal terkoordinasi mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional (Sandra Chitra Amelia, 2008 dikutip dari Arouffy, 2002)

Sistem koordinasi sinyal dibagi menjadi empat macam sebagai berikut ini:

1. Sistem serentak (*simultaneous system*), semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama.
2. Sistem berganti-ganti (*alternate system*), sistem dimana semua indikasi sinyal berganti pada waktu yang sama, tetapi sinyal atau kelompok sinyal pada simpang didekatnya memperlihatkan warna yang berlawanan.
3. Sistem progresif sederhana (*simple progressive system*), berpedoman pada siklus yang umum tetapi dilengkapi dengan indikasi sinyal jalan secara terpisah.
4. Sistem progresif fleksibel (*flexible progressive system*), memiliki mekanisme pengendali induk yang mengatur pengendali pada tiap sinyal. Pengendalian ini

tidak hanya memberikan koordinasi yang baik diantara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang siklus dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari.

3.4.1 Syarat Koordinasi Sinyal

Pada situasi di mana terdapat beberapa sinyal yang mempunyai jarak yang cukup dekat, diperlukan koordinasi sinyal sehingga kendaraan dapat bergerak secara efisien melalui kumpulan sinyal-sinyal tersebut. pada umumnya, kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya. Jarak di mana kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 meter (*McShane dan Roess, 1990*). Untuk mengkoordinasikan beberapa sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi (*McShane dan Roess, 1990*), yaitu:

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka koordinasi sinyal tidak akan efektif lagi.
2. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama.
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk grid.
4. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

Selain itu, *Taylor, dkk (1996)* juga mengisyaratkan bahwa fungsi dari sistem koordinasi sinyal adalah mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang tanpa berhenti dengan mulai waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya mengikuti kedatangan dari kelompok (*platoon*). Semua pendapat yang disebut diatas hanyalah pendekatan yang dilakukan berdasarkan hasil penelitian pada lokasi tertentu. Namun yang terpenting adalah bentuk arus yang terjadi ketika memasuki suatu persimpangan, apabila yang keluar dari satu persimpangan dan saat memasuki persimpangan dihilir masih berbentuk *platoon*, maka kedua persimpangan tersebut sebaiknya dikoordinasikan. Demikian sebaliknya, apabila arus saat tiba pada

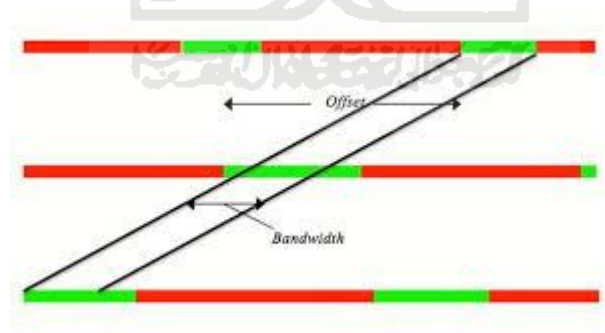
simpang dihilir berbentuk seragam (tidak berbentuk *platoon*) maka kedua persimpangan tidak perlu dikoordinasikan. Jika ada kemungkinan kriteria yang disebutkan diatas tidak berlaku pada jalan tertentu. Hal ini terbukti dengan adanya pendapat yang menyatakan bahwa untuk jarak yang lebih besar dari 800 meter hingga 1200 meter dinilai masih lebih efektif bila dikoordinasikan.

3.4.2 Offset dan Bandwith

Offset merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya (papacostas, 2005). Waktu offset dapat dihitung melalui diagram koordinasi. Namun waktu offset juga dapat digunakan untuk memulai membantuk lintasan koordinasi.

Sedangkan bandwith adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (papacostas, 2005). Keduanya berada dalam kecepatan yang konstan dan merupakan *platoon* yang tidak terganggu sinyal merah sama sekali.

Untuk lebih jelasnya, offset dan bandwith dapat dilihat pada gambar 3.1 diagram koordinasi tiga simpang dibawah ini.



Gambar 3.1 Offset Dan Bandwith Dalam Diagram Koordinasi
(Sumber : Papacostas, 2005)

3.4.3 Konsep Dasar Koordinasi Lampu Lalu Lintas

Menurut pedoman sistem pengendalian lalu lintas terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat, dasar pendekatan dari perencanaan sistem terkoordinasi pengaturan lalu lintas sepanjang

suatu jalan arteri adalah bahwa kendaraan-kendaraan yang lewat jalan tersebut akan melaju dalam bentuk iring-iringan dari satu simpang ke simpang berikutnya. Berdasarkan kecepatan gerak iring-iringan tersebut, interval lampu dan lama lampu hijau menyala di satu simpang dan di simpang berikutnya dapat ditentukan, sehingga iring-iringan tersebut dapat melaju terus tanpa hambatan sepanjang jalan yang lampu pengatur lalu lintasnya terkoordinasikan.

1. Koordinasi pada jalan satu arah dan jalan dua arah bentuk paling sederhana dari satu koordiansi pengaturan lampu lalu lintas adalah pada suatu jalan satu arah di mana tidak ada lalu lintas yang dapat masuk ke dalam ruas jalan tersebut dia antara dua persimpangan. Lampu lalu lintas bagi penyebarangan pejalan kaki pada ruas jalan tersebut diatur sedemikian rupa sehingga arus lalu lintas kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu seolah-olah tidak mengalami hambatan. Kesulitan muncul seandainya jalan tersebut harus melayani lalu lintas dua arah. Jika pengaturan untuk penyebrang jalan diterapkan berdasarkan parameter pergerakan arus lalu lintas dari satu arah tertentu, maka arus lalu lintas arah berlawanan akan menderita kerugian. Kecuali jika lokasi penyebrangan tepat berada di tengah-tengah ruas jalan tersebut.

2. Metode koordinasi lampu lalu lintas

a. Pola pengaturan waktu tetap (*Fixed Time Control*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan hanya satu, tidak berubah-ubah. Pola pengaturan tersebut merupakan pola pengaturan yang paling cocok untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkordinasikan. Pola-pola pengaturan tersebut ditetapkan berdasarkan data-data dan kondisi dari jalan atau jaringan yang bersangkutan.

b. Pola pengaturan waktu berubah berdasarkan kondisi lalu lintas. Pola pengaturan waktu yang diterapkan tidak hanya satu tetapi diubah-ubah sesuai dengan kondisi lalu lintas yang ada. Biasanya ada tiga pola yang diterapkan yang sudah secara umum ditetapkan berdasarkan kondisi lalu lintas sibuk pagi (*morning peak condition*), kondisi lalu lintas sibuk sore (*evening peak condition*), dan kondisi lalu lintas di antara kedua periode waktu tersebut (*off peak condition*).

c. Pola pengaturan waktu berubah sesuai kondisi lalu lintas (*traffic responsive system*). Pola pengaturan waktu yang diterapkan dapat berubah-ubah setiap waktu sesuai dengan perkiraan kondisi lalu lintas yang ada pada waktu yang bersangkutan. Pola-pola tersebut ditetapkan berdasarkan perkiraan kedatangan kendaraan yang dilakukan beberapa saat sebelum penerapannya. Sudah barang tentu metode ini hanya dapat diterapkan dengan peralatan-peralatan yang lengkap.

3.4.3 Koordinasi Sinyal Pada Jalan Dua Arah

Mengkoordinasikan sinyal lampu lalu lintas pada jalan dua arah lebih sulit dilakukan

1. Jarak antar persimpangan tidak seragam
2. Volume lalu lintas tidak sama pada kedua arah
3. Kecepatan kendaraan mungkin berbeda pada kedua arah
4. Lama lampu hijau untuk keseluruhan yang dikoordinasikan tidak sama
5. Adanya disperse platoon

Arus lalulintas dua arah dan jarak antar simpang perempatan tidak sama, maka situasinya lebih kompleks. Dengan sistem laju fleksibel, waktu siklus pada setiap persimpangan adalah tetap tetapi indikasi hijau digantikan agar cocok dengan kecepatan jalan yang dipilih dan merupakan suatu kompromi yang didasarkan pada arus searah, jarak sinyal dan kebutuhan lalu lintas persilangan jalan (*hobbs*, 1995).

3.4.4 Keuntungan dan Efek Negatif Sistem Terkoordinasi

Masih menurut Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mengkoordinasikan lalu lintas dalam perkotaan, beberapa diantaranya adalah keuntungan dan efek negatif dari penerapan sistem tersebut. Dalam penerapan sistem pengaturan terkoordinasi, beberapa keuntungannya adalah:

1. Diperolehnya waktu perjalanan total yang lebih singkat bagi kendaraan-kendaraan dengan karakteristik tertentu,

2. Penurunan derajat polusi udara dan suara,
3. Penurunan konsumsi energi baha bakar,
4. Penurunan angka kecelakaan.

Di samping keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan sistem pengaturan lalu lintas terkoordinasi ini, perlu pula diperhatikan akibat negatifnya, seperti:

1. Kemungkinan terjadi waktu perjalanan yang lebih panjang bagi lalu lintas kendaraan yang karakteristik operasinya berbeda dengan karakteristik operasi kendaraan yang diatur secara terkoordinasi.
2. Manfaat penerapan sistem ini akan berkurang jika mempertimbangkan jenis lalu lintas lain seperti pejalan kaki, sepeda, dan angkutan umum. Umumnya, keuntungan lebih besar akan diperoleh jika sistem ini diterapkan di suatu jaringan jalan arteri utama dibandingkan dengan jaringan jalan yang memiliki banyak hambatan.
3. Koordinsai lampu lalu lintas pada jalan arteri utama akan efektif jika satu simpang dengan simpang yang lain berjarak kurang lebih 800 meter. Jika jarak lebih dari itu, maka keefektivannya akan berkurang.

3.4.5 Simulasi Lalu Lintas

Simulasi lalu lintas atau simulasi sistem transportasi adalah permodalan matematika dari sistem transportasi (misalnya, persimpangan jalan bebas hambatan, arteri rute, bundaran, system jaringan pusat kota, dan lain-lain) melalui beberapa perangkat lunak komputer untuk lebih membantu rencana, desain dan mengoprasikan system transportasi. Berbagai lembaga transportasi lokal, lembaga akademik dan perusahaan konsultan menggunakan simulasi untuk membantu dalam manajemen mereka dalam hal jaringan transportasi.

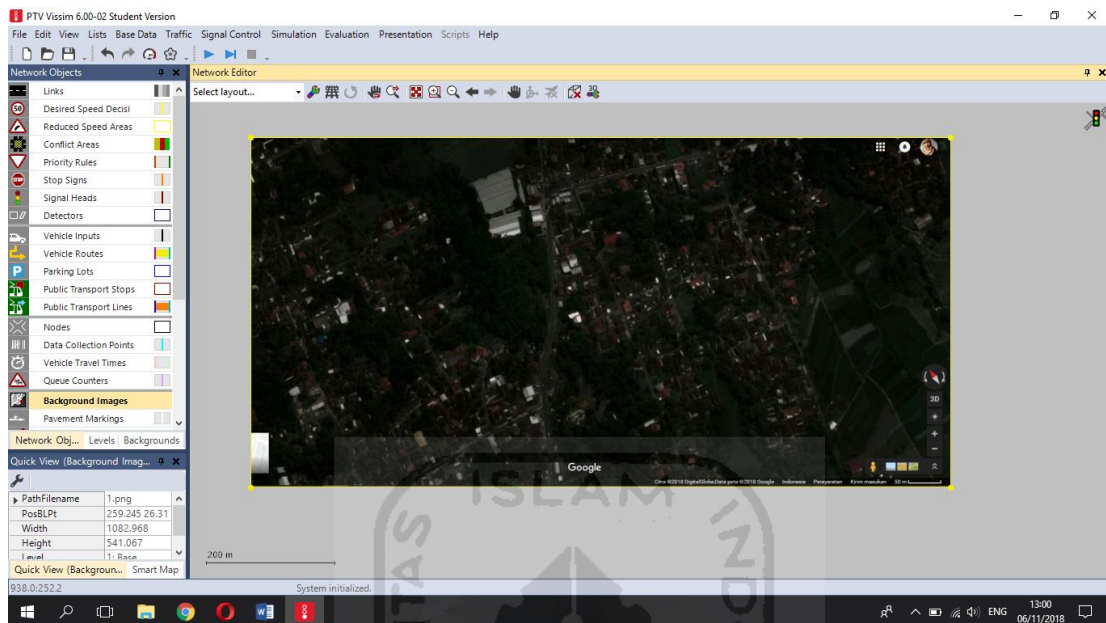
Model simulasi dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu makroskopik, mesoskopik, dan mikroskopik. Makroskopik adalah simulasi jaringan transportasi secara *section-by-section*. Mesoskopik adalah model simulasi yang menggabungkan sifat makroskopik dan mikroskopik. Mikroskopik atau yang biasa disebut dengan

mikrosimulasi ini dimaksudkan sebagai setiap jenis moda transportasi dan juga pejalan kaki yang disimulasikan tersebut dapat mewakili secara individual itu sendiri, sehingga perlu mempertimbangkan seluruh parameter yang berpengaruh pada simulasi. Pemodelan dan simulasi sistem transportasi kini semakin diminati karena kemudahannya dalam proses pergantian berbagai skenario dengan tetap melihat potensi yang dapat diimplementasikan di lapangan. *VISSIM* termasuk dalam perangkat lunak dengan kategori mikroskopik yang memiliki keunggulan yaitu dapat memodelkan berbagai jenis kendaraan termasuk sepeda motor dan kendaraan tidak bermotor (Hormansyah dkk, 2014).

3.4.6 Simulasi Permodelan Dengan Menggunakan *Software VISSIM*

VISSIM merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multi – moda yang diterjemahkan secara visual dan dikembangkan pada tahun 1992 oleh salah satu perusahaan IT di negara Jerman. (Siemens, 2012). *VISSIM* berasal dari kata *Verkehr Stadten – Simulations model* (dalam bahasa Jerman) yang artinya model simulasi lalu lintas kota

VISSIM atau *Verkehr Stadten Simulationsmodell* program yang dikembangkan oleh PTV (*Planung Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman . *VISSIM* merupakan perangkat lunak yang dapat melakukan simulasi menyerupai kondisi di lapangan (mikroskopis). Dalam hal ini *VISSIM* menjadi alternatif atau alat bantu untuk mensimulasikan lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas. Perangkat lunak *VISSIM* juga dapat menampilkan berbagai jenis dan karakteristik kendaraan-kendaraan yang biasa digunakan sehari-hari, antara lain *vehicles* (mobil, truk, sepeda motor, dan sepeda), *public transport* (tram, bus), dan pejalan kaki. Hasil dari perangkat lunak *VISSIM* berupa visual 3D dalam hal ini dapat menampilkan sebuah animasi yang realistis sesuai dengan yang telah dimodelkan pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3. 2 Tampilan VISSIM Desktop

3.4.7 Penggunaan VISSIM Dalam Simulasi Lalu Lintas

VISSIM digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dari segala jenis ukuran, jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan. Dalam jaringan-jaringan transportasi berikut, VISSIM mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan mulai dari jalan raya lintas untuk sepeda motor hingga jalan raya untuk mobil. Jangkauan aplikasi jaringan vissim yang juga meliputi fasilitas-fasilitas transportasi umum, sepeda hingga pejalan kaki. Selain itu vissim juga bias mensimulasikan geometrik dan kondisi oprasional yang unik yang terdapat dalam sistem transportasi. Data-data yang dimasukkan untuk dianalisis sesuai keinginan pengguna. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam VISSIM.

1. *Vehicle Input*

Vehicle Input digunakan untuk memasukkan volume arus lalu lintas dengan cara memasukkan data volume setiap lengan yang akan dimodelkan sesuai data yang didapat dari lapangan.

2. *Vehicle compositions*

Selain volume kendaraan, dibutuhkan juga juga komposisi dari setiap jenis kendaraan beserta kecepatannya pada setiap lengan pada jam puncak.

3. *Conflict area*

Conflict area digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling bertabrakan satu sama lain dan digunakan untuk memprioritaskan kendaraan agar jalan terlebih dahulu sesuai keinginan kita.

Prinsip kerja *conflict area* :

- a. Kuning : area kuning merupakan area terjadinya konflik yang secara default/tidak adanyaanya perioritas yang ditetapkan.
- b. Merah : area merah digunakan dimana perioritas ditentukan oleh kedatangan seperti di 4 - *way stop*.
- c. Hijau : area hijau digunakan untuk kendaraan yang lewat akan mendapatkan perioritas terlebih dahulu jika ada kendaraan lain yang datang dari arah lain.

4. *Priority rules*

Prinsip kerja *Priority Rules*:

- a. *red bar* : garis henti yang ditujukan bagi pengendara untuk berhenti sejenak atau memperlambat kecepatan,
- b. *green bar* : satu atau lebih penanda konflik yang terkait denga garis henti.

Berdasarkan kondisi pada penanda konflik, garis henti menentukan kendaraan untuk dapat lewat atau tidak. Dua faktor utama yang ditinjau dari penanda konflik yaitu jarak minimum dan waktu selang minimum.

5. *Signal control*

Signal control digunakan untuk mengatur *traffic light* pada jaringan jalan. *Signal controlles* terdiri dari beberapa *signal group* dengan jumlah lengan simpang bersinyal.

6. *Evaluation Configuration*

Evaluation Configuration mengatur hasil yang didapat dari *VISSIM* sesuai dengan kebutuhan. *VISSIM* dapat menyediakan informasi panjang antrian, waktu tempuh, distribusi waktu hijau, informasi kendaraan khusus, dan lain-lain.

a. *Queue counter* (panjang antrian)

Queue counter merupakan jarak dalam meter dari garis henti dimana kendaraan antri. *Queue counter* didapat dengan tahap sebagai berikut,

- 1) Menentukan posisi *queue counters* pada jaringan jalan.
- 2) Mencentang variabel *queue counters* pada menu *configuration*.
- 3) *Running* simulasi *VISSIM*.
- 4) Pembacaan *queue result*.

b. *Travel time* (waktu tempuh)

Travel time merupakan waktu yang ditempuh kendaraan untuk berpindah pada suatu rute. *Travel time sections* harus ditentukan untuk mendapatkan waktu tempuh atau data tundaan. *VISSIM* menghitung waktu tempuh rata-rata (termasuk waktu tunggu dan masa tunggu) dari awal sampai akhir bagian yang ditentukan. *Travel time* didapat dengan tahap sebagai berikut.

- 1) Menentukan posisi dan jarak *vehicle travel times* pada jaringan jalan.
- 2) Mengelompokkan *vehicle travel times* pada *delay measurements*.
- 3) Mencentang variabel *delay* dan *travel time* pada menu *configuration*.
- 4) *Running* simulasi *VISSIM*.
- 5) Pembacaan *delay result* dan *travel time result*.

c. *Delay* (waktu tundaan)

Delay merupakan perbedaan antara waktu tempuh pada pendekatan dan waktu arus bebas dari kendaraan tanpa hambatan pada jarak yang sama. *Delay* didapat bersamaan dengan variabel *travel time*.

d. *Data collection*

VISSIM menyediakan model simulasi mikroskopis yang sangat bergantung pada parameter dan input data yang digunakan selama pengkodean jaringan.

Dengan demikian, bagian ini akan mengevaluasi kelebihan dan kekurangan penggunaan *VISSIM* berdasarkan data yang dibutuhkan dan proses pengumpulan data. *Data collection* didapat dengan tahap sebagai berikut.

- 1) Menentukan posisi *data collection points* pada jaringan jalan.
- 2) Mengelompokkan *data collection points* pada *data collection measurements*.
- 3) Mencentang variabel *data collection* pada menu *configuration*.
- 4) *Running* simulasi *VISSIM*.
- 5) Pembacaan *data collection result*.

7. Validasi

Validasi adalah perbandingan parameter yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan *VISSIM*. *Validasi* tidak memenuhi persyaratan apabila perbandingan data lapangan dan simulasi mengalami simpangan melebihi 15%. Kalibrasi dilakukan apabila ternyata validasi tidak memenuhi persyaratan.

Salah satu cara untuk validasi adalah dengan merubah nilai *random seed Collins*, (2009).

a. *Random seed*

Random seed adalah nilai yang menginisialisasikan bilangan acak. Jika nilai *random seed* divariasikan maka fungsi stokastik di *VISSIM* akan merubah arus lalu lintas. Proses validasi merubah nilai *random seed* sekurang-kurangnya 5x (lima kali perubahan) sehingga didapatkan nilai *average* (rata-rata) dari hasil *running* tersebut.

b. *Running VISSIM*.

Running vissim dilakukan selama 3600 detik. Apabila menggunakan *VISSIM. Student version*, *running* hanya dilakukan selama 600 detik. *Running* dilakukan minimal 5x dengan mengganti nilai *random seed* yang kemudian dari hasil *running* diambil nilai *average* (nilai rata-rata).

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan diuraikan tahapan yang akan dilakukan untuk Merekayasa Koordinasi Dua Simpang Yang Berdekatan Dengan Permodelan Simulasi *Vissim*. Proses analisis ini memerlukan data yang sesuai agar mendapatkan hasil rekayasa koordinasi yang diinginkan. Sehingga pada akhirnya tidak menyebabkan kegagalan validasi pada permodelan simulasi *Vissim* nya.

4.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini dilakukan menggunakan metode deskriptif. Jenis penelitian deskriptif (Narbuko dan Ahmadi, 2008), adalah jenis penelitian yang berusaha untuk menuturkan pemecahan masalah yang sekarang berdasarkan data-data. Sehingga penelitian ini juga menyediakan data, menganalisis data, dan menginterpretasikan hasil penelitian.

4.3 Data Penelitian

Proses ini dilakukan untuk menginvestasikan data penelitian, agar data yang diperoleh dapat dikelompokkan ke dalam jenis-jenisnya. Pengelompokkan data dapat dibagi menjadi 2, data primer dan data sekunder.

Dalam mencari data, dibutuhkan waktu yang tepat dengan mempertimbangkan keadaan dilapangan. Dari segi cuaca maupun efektifitas dalam pengambilan data.

4.3.1 Data Primer

Data primer adalah data utama yang didapatkan dengan cara observasi atau pengamatan langsung dilokasi yang meliputi:

1. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas ini digunakan untuk menentukan volume simpang tersebut pada saat jam puncak sehingga dapat diketahui kelayakan suatu simpang dalam menyediakan kapasitas volume tersebut menurut (MKJI, 1997). Waktu pengambilan data kedua simpang untuk mengetahui volume lalu lintas dilakukan sama dan bersamaan dalam dua hari dan dilakukan 1 kali dalam sehari untuk pengambilan data waktu yang ditentukan adalah pada jam puncak simpang yaitu pukul 15.00-19.00 WIB.

2. Pengukuran Geometri Simpang

Pengukuran Geometri simpang dilakukan untuk mengetahui:

- a. Lebar perkerasan jalan berupa lebar pendekat, lebar masuk, lebar keluar.
- b. Lebar jalur (belok kiri, lurus, dan belok kanan)
- c. Median
- d. Jarak antar simpang

Pengukuran dilakukan pada saat pagi hari. Hal ini diperlukan keadaan yang kosong agar pengukuran berjalan lancar.

3. Lingkungan Simpang

Lingkungan simpang diamati berdasarkan pengamatan visual. Diperlukan untuk mengetahui disekitar ruas jalan yang diamati untuk mengetahui disekitar ruas jalan yang diamati merupakan lahan komersial, lahan permukiman atau daerah dengan akses terbatas.

4. Kondisi Arus Lalu Lintas

Pengamatan kondisi lingkungan dilokasi penelitian guna memperoleh kondisi lingkungan sekitar simpang yang mana meliputi hambatan samping.

5. Siklus Lampu Lalu Lintas

Pengumpulan data waktu siklus lalu lintas mencatat fase siklus APILL (merah, kuning, hijau, *all red*) dengan menggunakan alat bantu berupa arloji.

4.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang didapatkan dari penelitian sebelumnya. Selain itu ada beberapa data yang merujuk dari instansi pemerintah terkait dengan penelitian ini. Data sekunder tersebut digunakan untuk mendukung kinerja dari data primer. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah lokasi penelitian yang didapat dari *google maps*.

4.3.3. Alat Alat Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat untuk menunjang pelaksanaan penelitian dilapangan sebagai berikut:

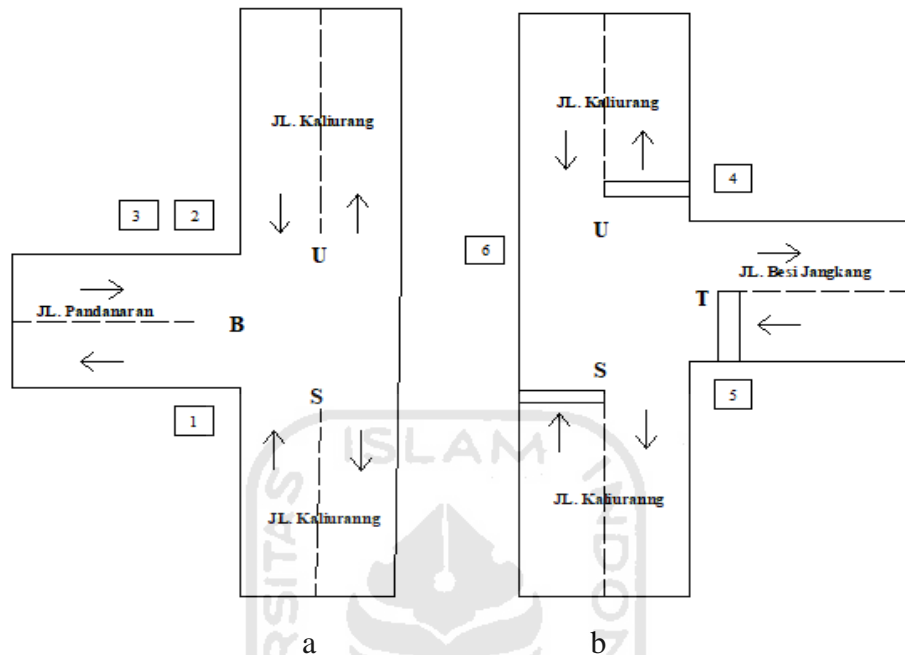
1. Formulir dan alat tulis
2. Alat penghitung (kalkulator)
3. Pita ukur (meteran)
4. Hand *tally counter*
5. Arloji atau jam tangan

4.4 Metode Pengumpulan Data

4.4.1 Survei Pendahuluan (Observasi)

Survei dilakukan sebelum penelitian dilapangan dilakukan, adapun yang termasuk dalam survei adalah peninjauan lokasi penelitian, pengumpulan surveyor untuk pengambilan data saat penelitian, penentuan titik surveyor agar memudahkan dalam penguasaan, pemecahan arus lalu lintas.

Posisi pengamatan oleh surveyor dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



**Gambar 4. 1 a. Posisi Pengamatan Surveyor Pada Simpang Jalan Pandaran,
b. Posisi Pengamatan Surveyor Pada Simpang Jalan Besi Jangkang**

Keterangan :

Gambar a : 1. Titik 1 (Jl.Kaliurang-Utara)

3 orang *surveyor* menghitung volume kendaraan dari pendekatan Utara masuk ke pendekatan barat dan pendekatan Selatan , dan 1 orang menghitung waktu siklus.

2. Titik 2 (Jl. Kaliurang-Selatan)

3 orang *surveyor* menghitung volume kendaraan dari pendekatan Selatan Barat dan pendekatan Utara, dan 1 orang menghitung waktu siklus.

3. Titik 3 (Jl. Pandanaran-Barat)

3 orang *surveyor* menghitung volume kendaraan dari pendekatan Selatan dan pendekatan Utara, dan 1 orang menghitung waktu siklus.

Gambar b : 4. Titik 4 (Jl.kaliurang-Selatan)

3 orang *surveyor* menghitung volume kendaraan dari pendekatan Utara dan pendekatan Timur, dan 1 orang menghitung waktu siklus.

5. Titik 5 (Jl. Besi Jangkang-Utara)

3 orang *surveyor* menghitung volume kendaraan dari pendekatan Selatan dan pendekatan Timur, dan 1 orang menghitung waktu siklus.

6. Titik 6 (Jl.kaliurang-Timur)

3 orang *surveyor* menghitung volume kendaraan dari pendekatan Selatan dan pendekatan Utara, dan 1 orang menghitung waktu siklus.

4.4.2 Geometri Jalan

Pengamatan dan pengukuran geometrik simpang dilakukan dengan mencatat jumlah lajur, jalur, dan arah, menentukan kode pendekatan (utara, selatan, timur, barat) dan tipe pendekatan (terlindung atau terlawan), mencatat dan menentukan fase pada simpang, ada tidaknya median jalan, menentukan kelandaian jalan, mengukur lebar pendekatan, lebar jalur belok kiri langsung, lebar masuk dan keluar pendekatan. Adapun pengamatan dan pengukuran dilakukan pada waktu lenggang agar tidak mengganggu kelancaran arus lalu lintas, terkecuali pada pengamatan fase siklus lampu APILL dilakukan pada siang hari.

4.4.3 Volume Lalu Lintas

Pengumpulan data volume lalu lintas dan jenis kendaraan dilakukan oleh *surveyor* dengan menggunakan alat *handy tally counter*. Penelitian dilakukan pada hari libur dan hari kerja, yaitu Sabtu dan Senin. Penelitian dilakukan pada jam puncak simpang yaitu pukul 15.00-19.00 WIB. *Surveyor* ditempatkan pada titik-titik yang telah ditentukan di lapangan. Jenis kendaraan yang disurvei adalah HV (kendaraan berat), LV (kendaraan ringan), MC (kendaraan bermotor), dan UM (kendaraan tidak bermotor) setiap arah pada lengan simpang dalam interval waktu yang telah ditentukan sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

4.4.4 Kondisi Arus Lalu Lintas

Pengamatan kondisi lingkungan di lokasi penelitian guna memperoleh kondisi lingkungan sekitar simpang yang mana meliputi hambatan samping.

4.4.5 Siklus Lampu Lalu Lintas

Pengumpulan data waktu siklus lalu lintas dengan mencatat fase siklus lampu APILL (merah, kuning, hijau, *all red*) dengan menggunakan alat bantu berupa arloji.

4.4.6 Data *Driving Behaviour*

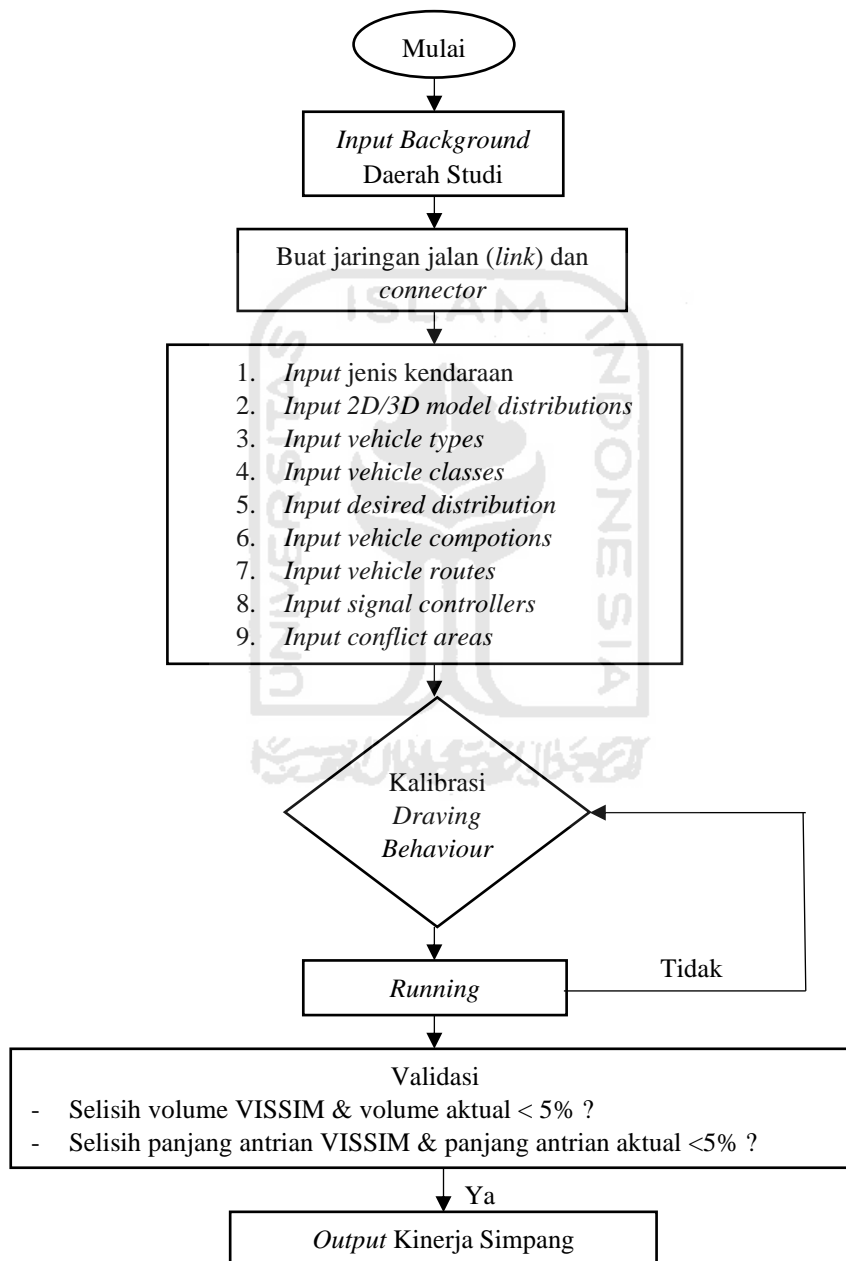
Driving Behaviour adalah parameter dari software VISSIM yaitu sebagai perilaku mengemudi baik secara antara kendaraan pada saat posisi pengemudi berhenti maupun pada saat pengendara berjalan. Survei *driving behaviour* diamati secara langsung dilapangan dengan cara pada saat pengemudi berhenti dilampu merah kendaraan diberi tanda dengan pilox pada aspal baik kendaraan yang berdampingan serta kendaraan pada posisi depan belakang dan kemudian dilakukan pengukuran menggunakan meterean. Selain itu juga mengamati perilaku kendaraan saat bergerak secara berdampingan serta jarak aman saat kendaran bergerombol. Pengambilan data diambil sebanyak 20 sampel yaitu terdiri dari masing-masing 5 sampel saat kendaraan berhenti secara bersampingan, kendaraan berhenti depan belakang, jarak kendaraan pada saat bergerak berdampingan dan jarak aman kendaraan pada saat bergerak secara gerombolan.

4.4.7 Survei Kecepatan Kendaraan

Survei kecepatan kendaraan diperoleh langsung dari pengamatan dilapangan dengan jarak yang sudah ditentukan. Jarak pengamatan dilakukandi lengan-lengan simpang pada jarak sekitar 50m sebelum simpang dengan cara aktu tempuh kendaraan dalam jarak 20m. survei kecepatan diambil dengan jumlah sampel yaitu 5 kendaraan berat, 10 kendaraan ringan, dan 20 sepeda motor. Pengambilan survei kecepatan kendaraan dilakukan pada waktu jam puncak dan selama jam puncak berlangsung.

4.5 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini hasil dari pengumpulan data dimodelkan pada program komputer VISSIM. Proses permodelan dirangkum pada gambar 4.2 dibawah.

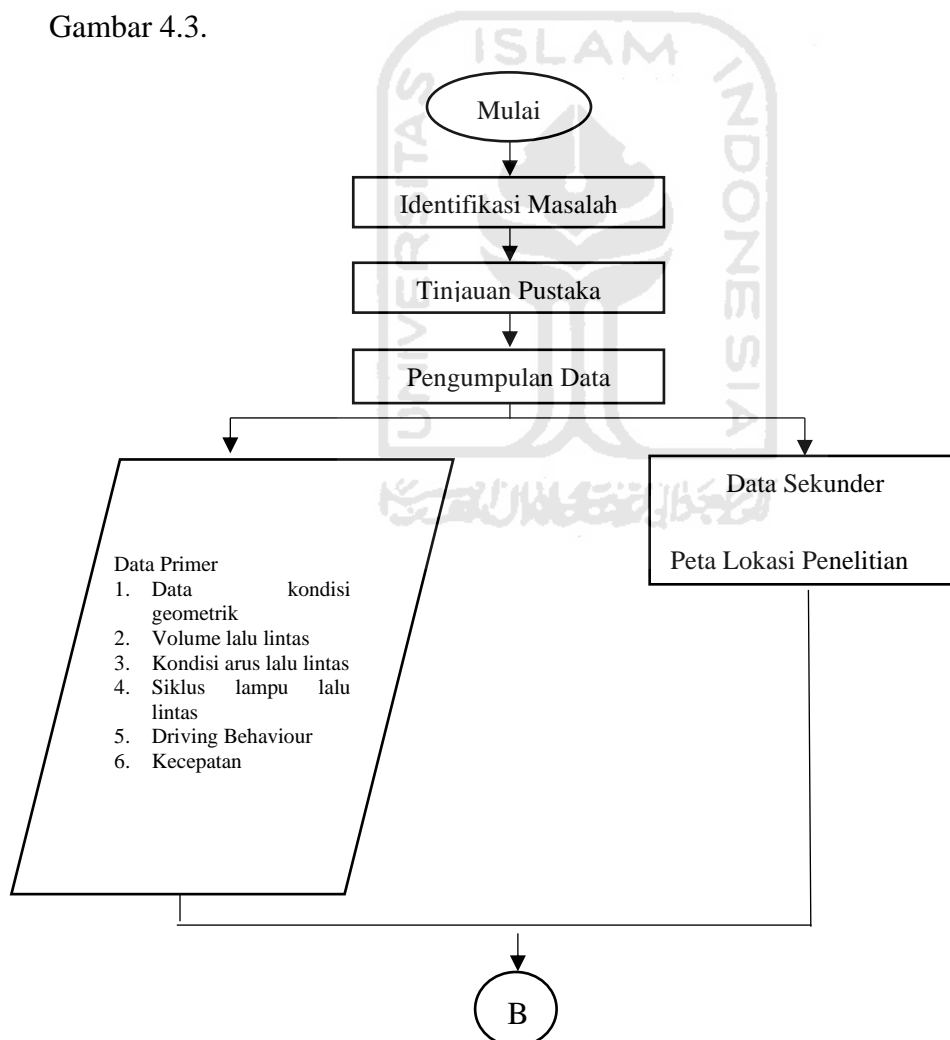


Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

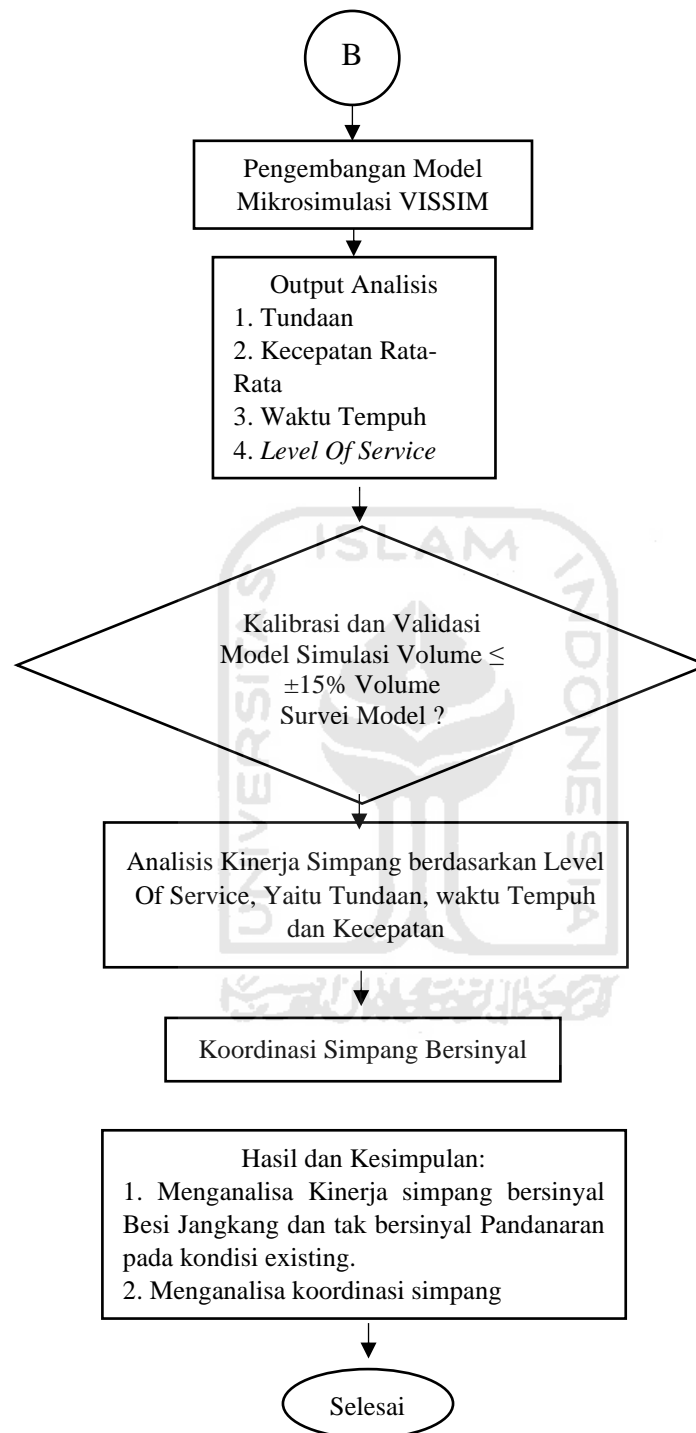
Dari hasil simulasi pertama yaitu dengan kondisi simpang bersinyal dan tidak bersinyal seperti di lapangan (kondisi eksisting), selanjutnya simulasi kedua dengan alternatif pembuatan simpang bersinyal pada simpang tidak bersinyal jalan Pandanaran dan kemudian dikordinasikan kedua simpang. Dari hasil yang telah disimulasikan, dibandingkan kinerja kedua simpang, *output* yang didapat yaitu panjang antrian, waktu tundaan, kapasitas.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Secara keseluruhan konsep perancangan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian dimana peneliti melakukan survei di lapangan yang akan dijadikan studi kasus guna mendapatkan data primer. Data sekunder merupakan peta lokasi penelitian yang diambil dari *Google Maps*. Setelah data diperoleh selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan pemodelan simulasi *VISSIM* simpang bersinyal dengan 2 jenis pemodelan, yaitu dengan kondisi seperti di lapangan (kondisi eksisting), dan dengan dikordinasikan kedua simpang. Setelah mendapatkan hasil dari analisis dilakukan pembahasan dan kesimpulan dari penelitian.



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 DATA

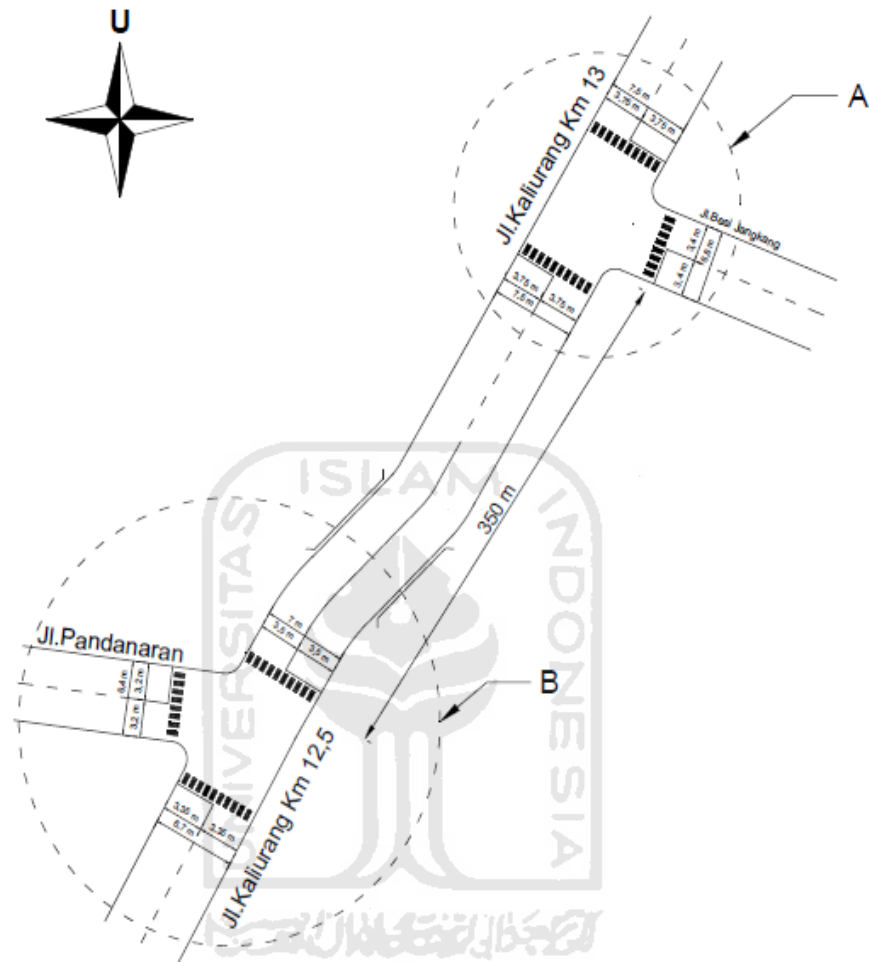
Dalam penelitian ini proses analisis data berupa data primer dan sekunder. Data primer merupakan data aktual yang diperoleh dari pengamatan dilapangan langsung. Data yang diamati diantaranya adalah data volume lalu lintas, sinyal lalu lintas dan geometri pada simpang yang diamati. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dari instansi yang berkaitan dengan penelitian ini.

5.1.1 Data Primer

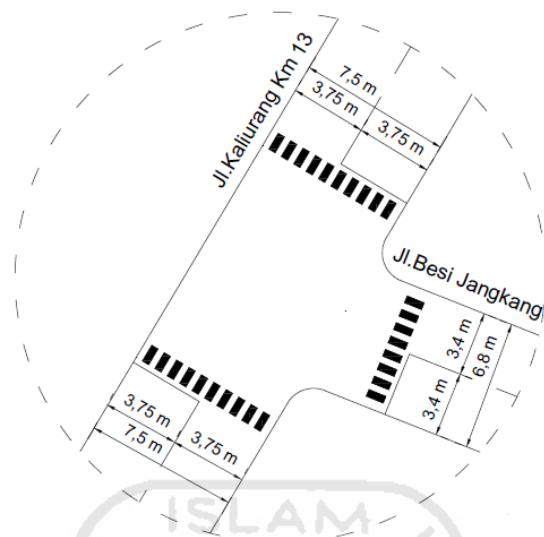
Data primer merupakan data aktual yang diperoleh dari pengamatan di lapangan langsung. Data yang diamati di antaranya adalah data geometri simpang, data lampu lalu lintas, data volume simpang, data Kecepatan, dan data *Driving Behaviour*.

1. Data Geometri Simpang

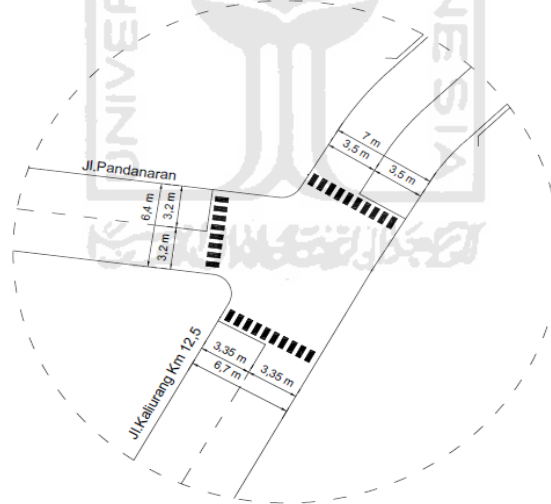
Data geometri simpang adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung pada geometri jalan yang ditinjau. Data geometri dibutuhkan dalam permodelan VISSIM adalah lebar lajur jalan yang digunakan untuk skala peta lokasi input lebar lajur jalan. Berikut adalah data geometri dari kedua simpang dapat dilihat pada tabel dan Gambar 5.1 dan 5.2 berikut ini



Gambar 5.1 Geometri Simpang Jalan Kaliurang



Gambar 5.2 a. Detail Geometri Simpang Jalan Besi Jangkang



Gambar 5.2 b. Detail Geometri Simpang Jalan Pandanaran

Tabel 5.1 Geometri Simpang Jalan Kaliurang

Nama Jalan	Pendekat		
	Lebar Pendekat	Lebar Lajur Pendekat Masuk (m)	Lebar Pendekat Keluar (m)
Jl. Kaliurang Atas 1 (U)	7,5	3,7	3,7
Jl Besi Jangkang (T)	6,8	3,4	3,4
Jl. Kaliurang Bawah 1 (S)	7,5	3,7	3,7
Jl. Kaliurang Atas 2 (U)	7	3,5	3,5
Jl. Pandanaran (B)	6,4	3,2	3,2
Jl Kaliurang Bawah 2 (S)	6,7	3,3	3,3

2. Data Fase Dan Sinyal Lalu Lintas

Data fase dan sinyal lalu lintas diperoleh dengan cara pengamatan secara langsung dilapangan menggunakan *stopwatch* untuk mendapatkan waktu hijau, kuning, dan merah semua. Data fase sinyal dapat dilihat pada tabel 5.2 dan gambar sebagai berikut.

Tabel 5.2 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Besi

Kode Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
S	35	2	50	3	90
U	15	2	70	3	90
T	25	2	60	3	90

3. Data Volume Simpang

Data volume simpang diperoleh dari hasil survei volume langsung dilapangan dalam satuan kendaraan per jam dan kemudian dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang per jam. Survei dilakukan dengan pengamatan langsung dilapangan oleh petugas survei selama 6 jam per hari selama 2 hari dengan interval 15 menit pada jam sibuk pagi, siang, dan sore hari. Data volume kendaraan dari kedua simpang dilakukan untuk menentukan kapan jam puncak terjadi. Berikut ini adalah data volume simpang jam per 1 jam yang dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Kendaraan Per 1 Jam

Periode Waktu	Volume Lalu Lintas (kend/jam)			
	Senin, 28 Okt 2019		Kamis 31 Okt 2019	
Pagi	Besi Jangkang	Pandanaran	Besi Jangkang	Pandanaran
06.00-07.00	5425	5640	5836	5546
06.15-07.15	*5934	6937	6081	6337
06.30-07.30	5989	7399	6231	6552
06.45-07.45	5907	7708	6127	6847
07.00-08.00	5582	*8492	5789	7223
Siang	Besi Jangkang	Pandanaran	Besi Jangkang	Pandanaran
11.30-12.30	4564	5604	4131	4519
11.45-12.45	4587	5705	4237	4765
12.00-12.00	4675	6223	4348	5005
12.15-13.15	4831	6935	4388	5428
12.30-13.30	4505	5927	4414	5733
Sore	Besi Jangkang	Pandanaran	Besi Jangkang	Pandanaran
17.00-18.00	5722	7432	5127	6295
17.15-18.15	5440	7863	5176	6751
17.30-18.30	5407	8034	5257	6751
17.45-18.45	4955	8315	4541	7206
18.00-19.00	4880	8302	5037	7311

(*Volume kendaraan pada jam puncak)

Dari tabel 5.3 diatas, maka dapat dilihat jam puncak terjadi pada hari senin 28 oktober 2019 pukul 07.00-08.00 WIB dengan volume sebesar 8492 kendaraan/jam. Data distribusi pergerakan arus lalu lintas per arah pada periode jam puncak dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Pandanaran

Komposisi Lalu Lintas		LV		HV		MC		Faktor-smp		Faktor-k
Arus Lalu Lintas		Kend Ringan LV		Kend Berat HV		Sepeda Motor MC		Kend Bermotor Total MV		
Pendekat	Arah	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	smp/jam	Rasio Belok
			1		1,3		0,2			
			smp/jam		smp/jam		smp/jam			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jl. Utama A (UTARA)	RT	355	355	18	23,4	2106	421,2	2479	799,6	0,544
	ST	333	333	14	18,2	1597	319,4	1944	670,6	0,456
	Total	688	688	32	41,6	3703	740,6	4423	1470,2	
Jl. Utama B (SELATAN)	LT	301	301	11	14,3	1771	354,2	2083	669,5	0,539
	ST	265	265	16	20,8	1429	285,8	1710	571,6	0,461
	Total	566	566	27	35,1	3200	640	3793	1241,1	
Jumlah Jl. Utama Total A+B		1254	1254	59	76,7	6903	1380,6	8216	2711,3	
Jl. Minor Barat C	LT	108	108	7	9,1	580	116	695	233,1	0,502
	RT	78	78	21	27,3	629	125,8	728	231,1	0,498
	Total	186	186	28	36,4	1209	241,8	1423	464,2	
Jumlah Jl. Minor Total C+D		186	186	28	36,4	1209	241,8	1423	464,2	
Jln Utama+Minor	LT	301	301	11	14,3	1771	354,2	2083	669,5	0,21
	ST	265	265	16	20,8	1429	285,8	1710	571,6	
	RT	78	78	21	27,3	629	125,8	728	231,1	0,07
	Total	1440	1440	87	113,1	8112	1622,4	9639	3176	
RASIO JALAN MINOR PMI									0,146	

Tabel 5.5 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Besi Jangkang

Komposisi Lalu Lintas		LV		HV		MC		Faktor-smp		Faktor-k
Arus Lalu Lintas		Kend Ringan LV		Kend Berat HV		Sepeda Motor MC		Kend Bermotor Total MV		
Pendekat	Arah	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	smp/jam	Rasio Belok
			1		1,3		0,2			
			smp/jam		smp/jam		smp/jam			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jl. Utama A (UTARA)	LT	308	308	8	10,4	1441	288,2	1757	606,6	0,413
	ST	90	90	1	1,3	472	94,4	563	670,6	0,456
	Total	398	398	9	11,7	1913	382,6	4423	1470,2	
Jl. Utama B (SELATAN)	RT	143	143	11	14,3	839	167,8	2083	669,5	0,539
	ST	250	250	12	15,6	1484	296,8	1710	571,6	0,461
	Total	393	393	23	29,9	2323	464,6	3793	1241,1	
Jumlah Jl. Utama Total A+B		791	791	32	41,6	4236	847,2	8216	2711,3	
Jl. Minor Timur C	LT	117	117	5	6,5	1138	227,6	1260	351,1	0,555
	RT	145	145	9	11,7	626	125,2	780	281,9	0,445
	Total	262	262	14	18,2	1764	352,8	2040	633	
Jumlah Jl. Minor Total C		262	262	14	18,2	1764	352,8	2040	633	
Jln Utama+Minor	LT	425	425	13	16,9	2579	515,8	3017	957,7	0,967
	ST	340	340	13	16,9	1956	391,2	2273	1242,2	0,917
	RT	288	288	20	26	1465	293	2863	951,4	0,985
	Total	1053	1053	46	59,8	6000	1200	8153	3151,3	
RASIO JALAN MINOR PMI									0,201	

Dari Tabel 5.4 dan 5.5 diatas, dapat dilihat pada semua simpang komposisi kendaraan yang paling besar adalah sepeda motor (MC), dan komposisi kendaraan yang paling kecil adalah kendaraan (HV).

4. Data Kecepatan

Data kecepatan diperoleh dari survei kecepatan langsung dilapangan oleh petugas survei selama 1 jam pada periode jam puncak yaitu pada hari senin 28 oktober 2019 pukul 07.00-08.00 WIB.

Diambil kecepatan maksimal dan kecepatan minimal dari setiap tipe kendaraan sebagai input pada permodelan software VISSIM. Berikut ini adalah data setiap kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Data Kecepatan Kendaraan Periode Jam Puncak Simpang Besi Jangkang

Simpang	Simpang 1 Besi					
	Selatan		Utara		Timur	
Kecepatan Km/Jam	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak
Lokasi	Kaliurang atas		Kaliurang Bawah		Besi	
Motor MC	17	40	19	38	25	40
Mobil Penumpang LV	17	30	19	34	21	35
Truck HV	15	28	15	30	20	30

Tabel 5.7 Data Kecepatan Kendaraan Periode Jam Puncak Simpang Pandanaran

Simpang	Simpang 2 Pandanaran					
	Selatan		Utara		Barat	
Kecepatan Km/Jam	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak
Lokasi	Kaliurang Bawah		Kaliurang Atas		Pandanaran	
Motor MC	20	44	20	44	24	38
Mobil Penumpang LV	22	34	22	34	20	35
Truck HV	18	30	20	23	18	23

5. Data *Driving Behaviour*

Driving Behaviour merupakan perilaku pengemudi pada parameter dari VISSIM untuk mengatur cara kendaraan pengemudi di VISSIM. Data yang diambil dilapangan adalah data jarak antar kendaraan berdampingan serta jarak kendaraan depan belakang sehingga data yang diambil dilapangan sebagai input

kalibrasi di VISSIM. Pengambilan data diambil sebanyak 20 sampel yaitu terdiri dari masing-masing 5 sampel saat kendaraan berhenti secara bersampingan, kendaraan berhenti depan belakang, jarak kendaraan pada saat bergerak berdampingan dan jarak aman kendaraan pada saat bergerak secara gerombolan. Data *Driving Behaviour* dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Jarak Antar Kendaraan Sempang Bersinyal Besi

Jumlah Sampel Kendaraan	Depan Belakang (<i>Following</i>) Kendaraan Berjalan (m)	Depan Belakang (<i>Following</i>) Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan (<i>Lateral</i>) Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan (<i>Lateral</i>) Kendaraan Berhenti (m)
1	1,2	1,5	0,8	0,6
2	0,7	0,9	0,5	0,8
3	0,6	2,9	0,7	1,2
4	0,8	1,2	0,8	0,9
5	1,2	0,9	0,7	0,9

5.2 ANALISIS

Pada penelitian ini, kinerja dua simpang yaitu simpang simpang Pandanaran pada kondisi eksisting dianalisis menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 yang dibantu dengan perangkat Lunak VISSIM dan Exel.

5.2.1 Rekapitulasi Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Pandanaran

Perhitungan dilakukan dengan cara menganalisis data survei di lapangan ke dalam formulir yang terdapat dalam MKJI 1997. Berikut ini adalah contoh perhitungan simpang Pandanaran.

1. Form SIG 1 (geometri, dan Komposisi Lalu Lintas)

- a. Hari/Tanggal : 28 Oktober 2019
- b. Kota : Yogyakarta
- c. Simpang : Pandanaran Kecamatan ngaglik Kabupaten Sleman, Yogyakarta
- d. Ukuran Kota : 78.707 Ribu Jiwa

- e. Simpang : Jln. Pandanaran
 f. Jalan Utama : Jalan Kaliurang
 g. Jalan Minor : Jalan Pandanaran
 h. Tipe Lingkungan : COM (Komersial)
 i. Geometri : (Lihat Lampiran)
 j. *Traffic Flow Data* : CL (*Classified, hourly*)
 k. Komponen Arus Lalu lintas : (Lihat Lampiran)

2. Form SIG II (Lebar Pendekat, Tipe simpang, kapasitas dan perilaku lalu lintas)

a. lebar pendekat dan tipe simpang

1) Lebar pendekat (W)

Dari kondisi geometri simpang maka lebar pendekat dihitung pada analisis Tabel 5.9, 5.10, 5.11 Berikut ini.

Tabel 5.9 Lebar Pendekat Simpang Pandanaran

Jumlah Lengan Simpang	Lebar Pendekat (m)						Lebar Pendekat Rata-Rata	Jumlah Lajur		Tipe Simpang
	Jalan Utama			Jalan Minor				Jalan Minor	Jalan Utama	
	WA	WB	WAB	WC	WD	WCD				
3	3,5	6,5	5	3,2	0	1,6	3,30	2	2	322

Tabel 5.10 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Kapasitas Dasar Co smp/jam	Faktor Penyesuaian Kapasitas F							Kapasitas smp/jam C	Arus Lalu Lintas Q smp/jam	Derajat Kejenuhan DS
	Lebar Pendekat Rata-Rata Fw	Median Jalan Utama FM	Ukuran Kota FCS	Hambatan Samping FRSU	Belok Kiri FLT	Belok Kanan FRT	Rasio Minor / Total FMI			
3176	0,986	1	1	0,930	1,179	1,000	1,041	3576	3175,5	0,89

Tabel 5.11 Perhitungan Arus Jenuh

Kapasitas C (smp/jam)	DS	NQ (smp/jam)	NS (smp/jam)	QL (m)	D (detik/smp)	TIPE
1087	0,89	48,23	0,984	143	44	D
1279	0,89	55,80	0,961	92	48	E
415	0,89	45,94	2,505	175	306	F

Derajat kejenuhan untuk periode tersebut mencapai 0,89. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), Derajat Kejenuhan yang dapat

diterima tidak lebih dari 0,75. Dari analisis yang didapat maka simpang Pandanaran masih bisa menampung kendaraan pada saat jam puncak namun tidak nyaman dan aman saat dilalui. Untuk keamanan dan kenyamanan perlu dilakukan koordinasi sinyal maka diperlukan adanya evaluasi yaitu adanya pembuatan lampu signal. Berikut ini hasil fase signal yang didapatkan pada simpang Pandanaran Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Pandanaran

Kode Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
S	44	2	58	3	107
U	35	2	67	3	107
B	28	2	74	3	107

5.3 KALIBRASI DAN VALIDASI VISSIM MODEL

5.3.1 Kalibrasi Permodelan Vissim

VISSIM merupakan perangkat lunak dengan kategori mikroskopik yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan kendaraan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu linta dan berbagai alternatif rekayaa transportasi lainnya. *VISSIM* dapat melakukan simulasi dan memodelkan semua klasifikasi menyerupai kondisi lapangan. Model yang dikembangkan *VISSIM* dapat dikatakan representatif melalui kalibrasi dan validasi. Untuk membuat permodelan vissim dapat mewakili kondisi dilapangan maka diperlukan kalibrasi pada permodelan *VISSIM*. Kalibrasi dilakukan pada *driving behaviour* secara *default* memang diperuntukkan untuk kondisi perilaku mengemudi di Eropa, misalnya seperti jarak antar kendaraan yang mencapai 2 m dan kurangnya agresivitas pengendara. Hal ini tentu berbeda dengan perilaku mengemudi di Indonesia yang cenderung rapat jarak antar henti kendaraan dan memiliki perilaku mengemudi dengan agresivitas tinggi. Komponen *driving behaviour* yang pertama dikalibrasi adalah perilaku *car following* atau jarak anatar

kendaraan. Apabila perilaku *car following* yang telah dikalibrasi masih terdapat perbedaan besar dengan lapangan, maka dilanjutkan kekomponen lateral dengan mengganti *desired position at free flow* dari semula agresivitas yang lebih tinggi. Komponen *driving behaviour* yang dirubah pada kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Komponen Driving Behavior

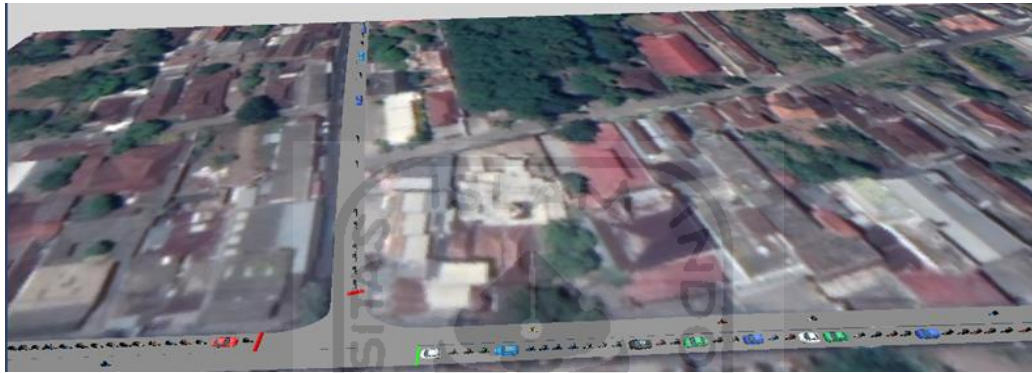
Parameter Yang Diganti	Komponen Yang Diganti	Nilai	
		Default VISSIM	Sesudah Kalibrasi
<i>Car Following</i>	<i>Average Standstill Distance</i>	2,00 m	0,5 m
	<i>Additive Part of Safety Distance</i>	2,00 m	0,8 m
	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i>	3,00 m	1 m
<i>Lateral</i>	<i>Desired Position at Free Flow</i>	<i>Middle Of Lane</i>	<i>Any</i>
	<i>Minimum Distance Standing</i>	1,00 m	0,5 m
	<i>Minimum Distance Driving</i>	1,00 m	0,8 m

Langkah pertama dari kalibrasi adalah mengubah nilai *average standstill distance* pada komponen *car following* dan *default* 2 meter menjadi 0,5 meter, sesuai dengan data yang telah didapat dari hasil survei dilapangan. Langkah kedua adalah mengubah nilai *additive part of safety distance* yaitu nilai yang digunakan pada jarak aman antar kendaraan *default* 2 meter menjadi 0,8 meter, berdasarkan data dari hasil survei dilapangan. Selanjutnya langkah ketiga yaitu mengubah *multiplicative part of safety distance* atau nilai kelipatan jarak aman dari pembuntutan kendaraan *default* 3 meter menjadi 1 meter, berdasarkan data dari hasil survei dilapangan. Pengubahan nilai pada komponen *car following* tidak dapat dilakukan lagi, karena apabila dirubah pada nilai yang rendah lagi permodelan vissim tidak akan mewakili kondisi lapangan.

Langkah kalibrasi selanjutnya adalah mengubah nilai *desired position at free flow* pada komponen *lateral* dari *middle of line* menjadi *any* agar posisi kendaraan pada lajur menjadi bervariasi. Selanjutnya mengubah *minimum distance standing*, yaitu jarak antar pengemudi secara berdampingan secara berdampingan

saat berhenti dari *default* 1 meter menjadi 0,5 meter. Langkah berikutnya mengubah *minimum distance driving*, yaitu jarak antar pengemudi secara berdampingan saat kendaraan berjalan dari *default* 1 meter menjadi 0,8 meter.

Secara visualisasi, hasil permodelan simulasi sebelum dan sesudah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4 dibawah ini.



Gambar 5.3 *Driving Behaviour* Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.4 *Driving Behaviour* Sesudah Kalibrasi

5.2.2 Validasi

Proses kalibrasi dapat mempengaruhi volume kendaraan yang keluar dan panjang antrian seperti yang dapat dilihat pada gambar diatas. Setelah kalibrasi, selanjutnya dilakukan validasi. Validasi adalah proses menyesuaikan untuk mendapatkan keseuaian antar nilai simulasi dengan data yang diamati. Untuk

menguji kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya berdasarkan volume kendaraan yang keluar dan volume kendaraan yang diinput kedalam VISSIM. Parameter *random seed* yang digunakan pada validasi ini adalah 42, 50, 55, 60 dan 65. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Hasil Validasi VISSIM Setelah Kalibrasi Pada Kondisi Eksisting

Lokasi	Vehicle Input	Output VISSIM	Selisih	Persentase
1. JL KALIURANG 1 UTARA	1470	1315	155	4,16
2. JL BESI JANGKANG	633	535	98	4,06
3. JL KALIURANG 1 SELATAN	1241	1146	95	2,74
4. JL KALIURANG 2 UTARA	1470	1320	150	4,01
5. JL PANDANARAN	464	362	102	5,03
6. JL KALIURANG 2 SELATAN	1241	1074	167	4,91

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat bahwa memiliki perbedaan jumlah kendaraan antara data yang diinput engan data ang keluar namun tidak signifikan dan masih dapat ditoleransi dengan nilai selisi dibawah 5%. Permodelan VISSIM yang telah dikalibrasi menghasilkan nilai tundaan, waktu tempuh, dan kecepatan untuk kemudian dapat dinilai tingkat pelayanan (*level of service*) simpang. Berikut ini adalah nilai tundaan, waktu tempuh, dan kecepatan berdasarkan rute hasil evaluasi VISSIM pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5.15 Nilai Tundaan, Waktu Tempuh, Panjang Antrian Dan Kecepatan Hasil Evaluasi VISSIM Kondisi Eksisting.

Lokasi	Arah	Avg. Delay (s)	Vehicle Travel Time VISSIM (s)	Qlen (m)	LEVEL OF SERVICE (LOS)
Simpang 1 Besi	Utara	25,30	37,67	156,41	D
	Timur	22,06	36,32	259,03	C
	Selatan	11,64	13,47	279,91	B
Simpang 2 Pandanaran	Utara	18,46	32,47	182,50	C
	Barat	32,46	40,48	100,15	D
	Selatan	7,88	20,00	233,55	B

Pada simpang 1 memiliki panjang antrian yaitu pada arah utara sebesar 151,41 m, Timur 259,03 m, dan Selatan 279,91 m. Setelah itu mendapatkan nilai panjang natrian, didapatkan nilai waktu tempuh perjalanan dari panjang antrian sebesar tersebut pada arah uatara 37,67 detik, Timur 36,32 detik dan selatan 13,47

detik. Nilai tundaan pada periode jam puncak dari simpang 1 yaitu arah Utara 25,30 detik, Timur 22,06 detik, dan Selatan 11,64 detik.

Pada simpang 2 memiliki panjang antrian yaitu pada arah Utara sebesar 182,50 m, Barat 100,15 m, Selatan 233,55 m. setelah itu mendapatkan nilai panjang antrian, didapatkan nilai waktu tempuh perjalanan dari panjang antrian sebesar tersebut pada arah Utara 32,47 detik, Barat 40,48 detik, Selatan 20,00 detik. Nilai tundaan pada periode jam puncak dari simpang 2 yaitu arah Utara 18,46 m, Barat 32,46 m, Selatan 7,88 m.

Berdasarkan Permenhub Nomor 96 Tahun 2015, tingkat simpang 1 yaitu simpang Besi Jangkang pada arah Utara yaitu D, Timur yaitu C, dan Selatan yaitu B. Untuk simpang 2 yaitu simpang Pandanaran pelayanannya pada masing-masing adalah Utara C, Barat D, dan Selatan B.

5.4 Perencanaan Koordinasi Sinyal Antar Simpang.

Dalam tahap perancangan koordinasi sinyal antar simpang bersinyal, dari hasil analisis di atas telah diketahui bahwa kedua simpang tersebut pada kondisi eksisting belum terkoordinasi sinyal antar simpang bersinyal. Setelah itu dilakukan alternatif pemecahan dengan cara mengkoordinasikan kedua simpang tersebut.

5.4.1 Alternatif Pemecahan

Alternatif perancangan koordinasi sinyal antar simpang yang pertama dilakukan dengan pembuatan diagram koordinasi. Dalam perencanaan ini, digunakan kecepatan rata-rata eksisting yang didapat dari VISSIM pada arah simpang 1 ke simpang 2 sebesar 20,70 km/jam dan sebaliknya dari arah simpang 2 ke simpang 1 sebesar 20,76 km/jam. Dengan kecepatan ini maka akan didapat waktu offset yang cukup panjang, sehingga kendaraan terakhir dalam pleton masih memiliki kesempatan untuk mendapatkan sinyal hijau. Waktu tempuh dari simpang 1 ke simpang 2 dan simpang 2 ke simpang 1 adalah sebagai berikut.

$t = \text{Jarak} : \text{Kecepatan}$

$$t1 = (0,35 \text{ km} : 20,70 \text{ km/jam}) \times 3600 \text{ detik}$$

$$= 60,87 \text{ detik}$$

$$t2 = (0,35 \text{ km} : 20,76 \text{ km/jam}) \times 3600 \text{ detik}$$

$$= 60,70 \text{ detik}$$

Dengan :

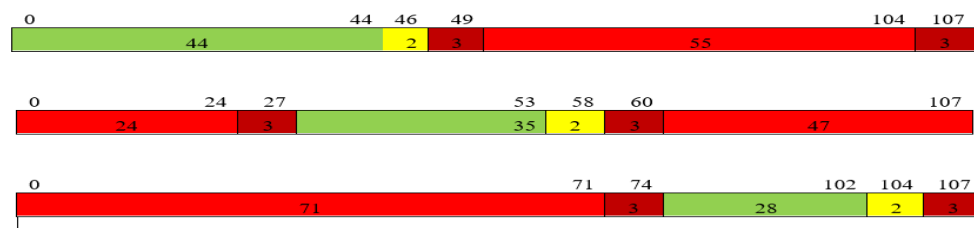
$t1 = \text{waktu tempuh simpang 1 ke simpang 2}$

$t2 = \text{waktu tempuh simpang 2 ke simpang 1}$

waktu tempuh diatas digunakan sebagai waktu tempuh untuk menggambarkan lintasan pergerakan platoon pada diagram koordinasi. Skenario selanjutnya yaitu dilakukan dengan menggunakan trial waktu siklus. Pengaturan berbeda dengan fase kondisi eksisting, dimulai dari fase simpang 1 fase pertama lengan selatan dengan waktu hijau 42 detik, Utara 37 detik, Timur 30 detik, secara berurutan. Selanjutnya, yaitu simpang 2 dimulai fase pertama yaitu Selatan 44 detik, Utara 35 detik, Barat 28 detik. Berikut ini adalah data waktu siklus serta gambar fase dapat dilihat pada Tabel 5.16 - Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.16 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Besi Jangkang

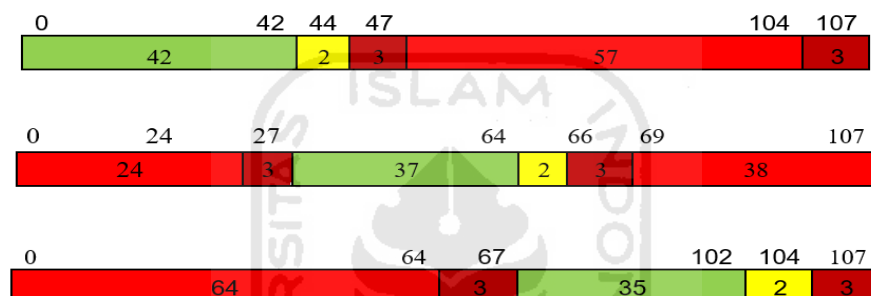
Kode Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
S	42	2	60	3	107
U	37	2	65	3	107
T	30	2	72	3	107



Gambar 5.5. Diagram Fase Sinyal Simpang Besi Jangkang

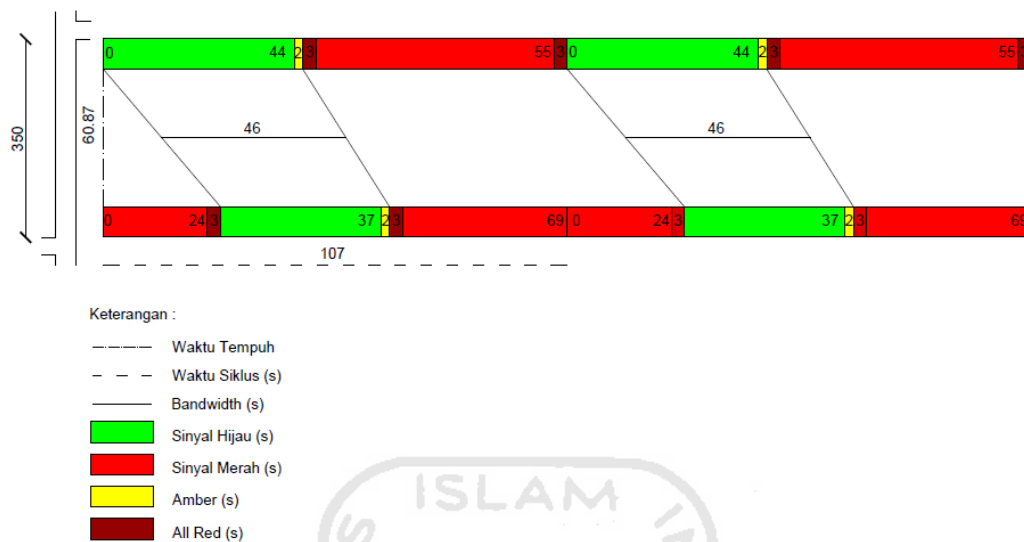
Tabel 5.17 data sinyal lalu lintas Simpang Pandanaran

Kode Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
S	44	2	58	3	107
U	35	2	67	3	107
B	28	2	74	3	107

**Gambar 5.6 Diagram Fase Sinyal Simpang Pandanaran**

Keterangan :





Gambar 5.7. Diagram Koordinasi Fase Sinyal Dua Simpang

Dari diagram koordinasi diatas didapatkan hasil evaluasi tundaan, waktu tempuh dan panjang antrian pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Hasil Evaluasi Tundaan, Waktu Tempuh Dan Panjang Antrian

Lokasi	Arah	Avg. Delay (s)	Vehicle Travel Time VISSIM (s)	Q _{len} (m)	LEVEL OF SERVICE (LOS)
Simpang 1 Besi Jangkang	Utara	13,20	15,18	132,49	B
	Timur	22,32	31,29	132,65	C
	Selatan	11,63	19,67	300,44	B
Simpang 2 Pandanaran	Utara	22,72	37,84	199,64	C
	Barat	22,33	30,14	143,13	C
	Selatan	7,54	18,05	121,07	B

Pada simpang 1 memiliki panjang antrian yaitu pada arah utara sebesar 132,49 m, Timur 132,65 m, dan Selatan 300,44 m. setelah itu mendapatkan nilai panjang antrian, didapat nilai waktu tempuh perjalanan dari panjang antrian tersebut sebesar pada arah Utara 15,18, Timur 31,29 detik, dan Selatan 22,67 detik. Nilai tundaan pada periode jam puncak dari simpang 1 yaitu arah Utara 13,20 detik, Timur 22,32 detik, dan Selatan 11,63 detik.

Pada simpang 2 memiliki panjang antrian yaitu pada arah Utara sebesar 199,64 m, Barat 143,13 m, Selatan 121,07 m. setelah itu mendapatkan nilai

panjang antrian, didapatkan nilai waktu tempuh perjalanan dari panjang antrian sebesar tersebut pada arah Utara 37,84 detik, Barat 30,14 detik, Selatan 18,05 detik. Nilai tundaan pada periode jam puncak dari simpang 2 yaitu arah Utara 22,72 m, Barat 22,33 m, Selatan 7,54 m.

Berdasarkan Permenhub Nomor 96 Tahun 2015, tingkat simpang 1 yaitu simpang Besi Jangkang pada arah Utara yaitu B, Timur yaitu C, dan Selatan yaitu B. Untuk simpang 2 yaitu simpang Pandanaran pelayanannya pada masing-masing adalah Utara C, Barat C, dan Selatan B.

5.5 Pembahasan

Kinerja yang direncanakan adalah kinerja kedua simpang tersebut, yaitu simpang Besi Jangkang Dan simpang Pandanaran. Ada beberapa peningkatan waktu tempuh perjalanan serta penurunan panjang antrian dan tundaan akibat dari alternatif skenario yang telah dianalisis. Alternatif kedua lengan utara tidak memiliki nilai panjang antrian, waktu tempuh perjalanan, serta tundaan.

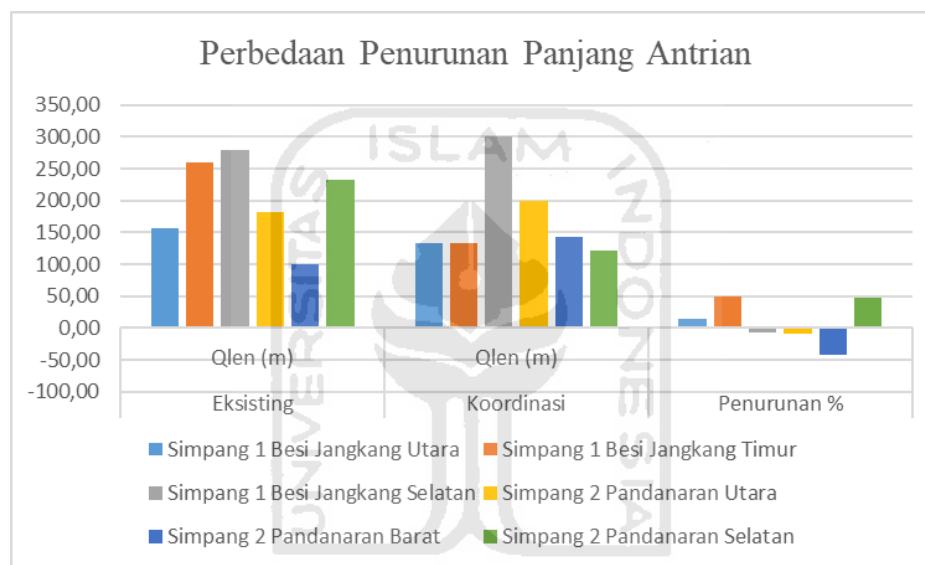
5.5.1 Perbandingan Panjang Antrian Hasil Koordinasi Antar Simpang

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi panjang antrian dari semua perencanaan koordinasi sinyal antar simpang bersinyal hingga penilaian kinerja pelayanan dari lengan simpang tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Perbandingan Panjang Antrian Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	Arah	Eksisting	Koordinasi	Penurunan %
		<i>Q_{len} (m)</i>	<i>Q_{len} (m)</i>	
Simpang 1 Besi Jangkang	Utara	156,41	132,49	15
	Timur	259,03	132,65	49
	Selatan	279,91	300,44	-7
Simpang 2 Pandanaran	Utara	182,50	199,64	-9
	Barat	100,15	143,13	-43
	Selatan	233,55	121,07	48

Berdasarkan hasil dari tabel diatas, pada alternatif koordinasi panjang antrian mengalami penurunan disimpang 1 yaitu lengan utara sebesar 15% dan lengan Timur sebesar 49% sedangkan lengan Selatan mengalami Peningkatan sebesar 7% namun tidak terlalu mempengaruhi kondisi lalu lintas. Disimpang 2 panjang antrian mengalami kenaikan 9%, lengan Barat sebesar 43% dan dilengan Selatan mengalami penurunan sebesar 48%. Grafik hasil perbandingan analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5.8 Perbandingan Nilai Panjang Antrian Pada Kondisi Eksisting Dan Setelah Dikoordinasi

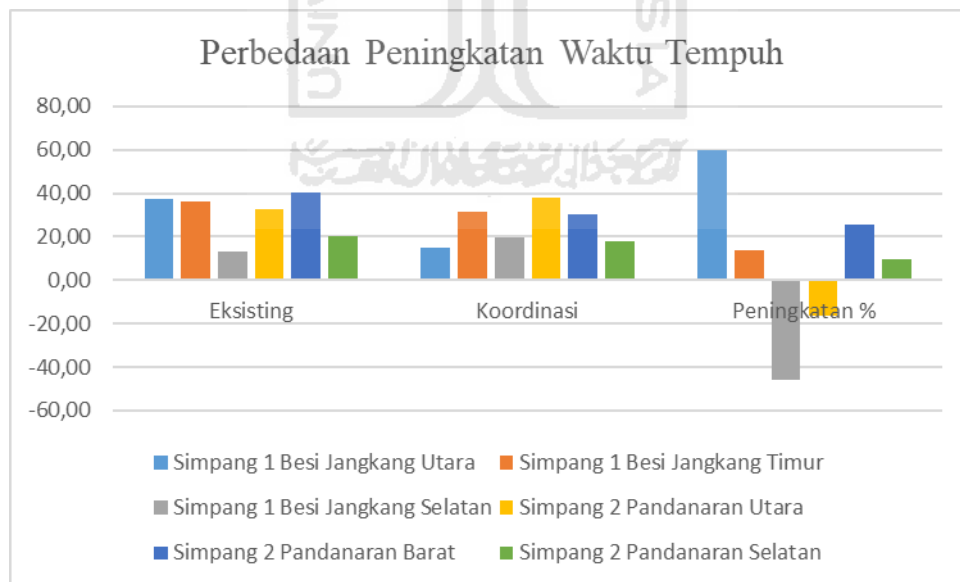
5.3.2 Perbandingan *Vehicle Travel Time* Hasil Koordinasi Simpang

Berikut ini hasil rekapitulasi waktu tempuh dari semua perancangan koordinasi antar simpang bersinyal hingga penilaian kinerja pelayanan dari lengan simpang tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Vehicle Travel Time Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	Arah	Eksisting	Koordinasi	Peningkatan %
		<i>Vehicle Travel Time VISSIM (s)</i>	<i>Vehicle Travel Time VISSIM (s)</i>	
Simpang 1 Besi Jangkang	Utara	37,67	15,18	60
	Timur	36,32	31,29	14
	Selatan	13,47	19,67	-46
Simpang 2 Pandanaran	Utara	32,47	37,84	-17
	Barat	40,48	30,14	26
	Selatan	20,00	18,05	10

Untuk perjalanan waktu tempuh pada alternatif koordinasi hanya lengan Utara simpang 1 yang memiliki kenaikan sebesar 60% sehingga lebih cepat sedangkan lengan Timur 14% dan lengan Selatan mengalami penurunan 46%. Disimpang 2 pada lengan Utara mengalami penurunan sebesar 17%, lengan Barat mengalami peningkatan sebesar 26% dan lengan Selatan mengalami peningkatan sebesar 10%. Hasil perbandingan kedua analisis dapat dilihat pada Gambar 5.9 dibawah ini.



Gambar 5.9 Perbandingan Nilai *Vehicle Travel Time* Pada Kondisi Eksisting Dan Setelah Dikoordinasi

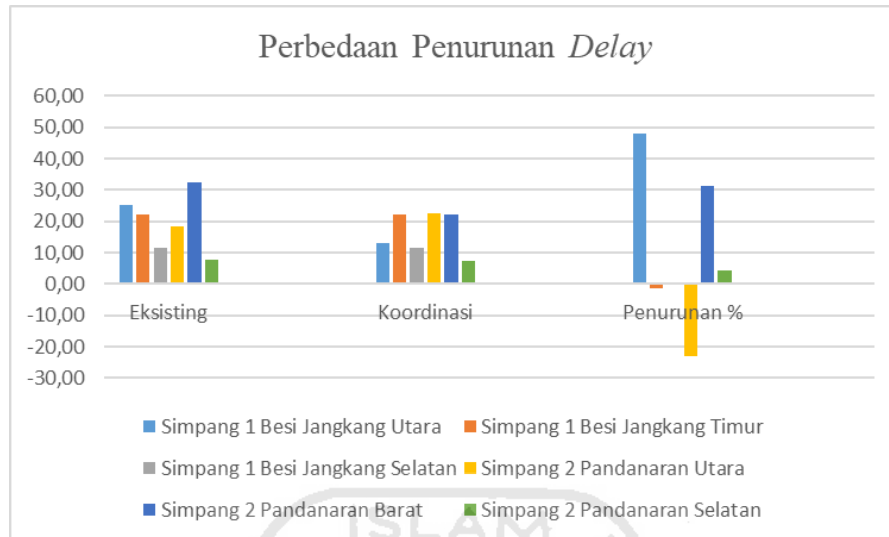
5.5.3 Perbandingan Tundaan Hasil Koordinasi Simpang

Berikut ini hasil rekapitulasi tundaan dari semua perancangan koordinasi antar simpang bersinyal hingga penilaian kinerja pelayanan dari lengan simpang tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Tundaan Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	Arah	Eksisting		Koordinasi		Penurunan %
		<i>Avg. Delay (s)</i>	<i>level of service (LOS)</i>	<i>Avg. Delay (s)</i>	<i>level of service (LOS)</i>	
Simpang 1 Besi Jangkang	Utara	25,30	D	13,20	B	48
	Timur	22,06	C	22,32	C	-1
	Selatan	11,64	B	11,63	B	0
Simpang 2 Pandanaran	Utara	18,46	C	22,72	C	-23
	Barat	32,46	D	22,33	C	31
	Selatan	7,88	B	7,54	B	4

Untuk nilai tundaan pada alternatif koordinasi mengalami penurunan pada lengan Utara simpang 1 sebesar 48% sehingga tingkat pelayanannya berubah dari D menjadi B dan lengan Timur mengalami penurunan sebesar 1% tetapi tidak merubah tingkat pelayanan sama sekali, dan lengan Selatan tidak mengalami penurunan. Disimpang 2 lengan Utara mengalami peningkatan 23% namun tidak merubah tingkat pelayanan, lengan Barat mengalami peningkatan penurunan 31% dan mengalami peningkatan dari D menjadi C dan lengan Selatan mengalami penurunan sebesar 4% namun tidak mengalami penurunan pelayanan sama sekali. Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil analisis tundaan dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5.10 Perbandingan Nilai Tundaan Pada Kondisi Eksisting Dan Setelah Dikoordinasi

Dilihat dari tabel rekapan panjang antrian, waktu tempuh dan tundaan serta gambar hasil terbaik diperoleh pada alternatif koordinasi simpang. Hasil penurunan panjang antrian yang signifikan, waktu tempuh yang lebih cepat, serta waktu tundaan yang mengalami penurunan mengakibatkan kinerja pelayanan dari kedua simpang tersebut bagus. Berdasarkan nilai tundaan tersebut didapat tingkat pelayanan pada simpang pertama lengan Utara B, Timur C, Selatan B dan disimpang 2 tingkat pelayanannya pada lengan Utara C, Barat C dan Selatan B.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Dari analisis dua simpang Besi Jangkang dan simpang Pandanaran yang telah dilakukan dengan perangkat lunak VISSim, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut ini.

1. Pada Simpang Pandanaran dilakukan perbaikan berupa memberi lampu sinyal pada simpang Pandanaran dengan menggunakan analisis MKJI 1997. Waktu hijau lengan Selatan 44 detik, lengan utara 35 detik, lengan Barat 28 detik dan didapatkan Level of Service nya pada lengan Utara adalah D lengan Barat C dan lengan Selatan B, dengan waktu siklus sebesar 107 detik dan tetap mempertahankan waktu siklus eksisting pada simpang Besi Jangkang.
2. Setelah dilakukan rekayasa simpang bersinyal maka selanjutnya adalah melakukan koordinasi sinyal 2 simpang Besi jangkang da simpang Pandanaran dengan cara menyamakan waktu siklus pada kedua simpang. Waktu siklus yang digunakan adalah simpang Pandanaran yaitu 107 detik, jadi untuk simpang Besi Jangkang juga mempunyai waktu siklus sama 107 detik. Dari hasil analisis vissim didapat hasil yang cukup signifikan, dari panjang antrian lengan, tundaan dan waktu tempuh dengan persentase rata-rata penurunan nilai panjang antrian pada simpang 1 Utara sebesar 15%, Timur 49%, dan Selatatan mengalami peningkatan 7%. Dan untuk simpang 2 Utara mengalami peningkatan sebesar 9%, Barat 43%, dan Selatan mengalami penurunan 48%. Dari penurunan nilai panjang antrian, waktu tempuh dan tundaan mendapatkan peningkatan kinerja pelayanan pada simpang Pandanran dan simpang Besi Jangkang tersebut.
3. Dari hasil analisis pada 2 simpang perbaikan sama-sama mengurangi tundaan, panjang antrian. Namun jika dilakukan perbaikan disarankan menggunakan koordinasi simpang karena menunjukkan persentase penurunan sehingga banyak

tingkat pelayanan yang berubah seperti Simpang 1 lengan Utara menjadi B, lengan Timur tetap di C, lengan Selatan B dan simpang 2 lengan Utara C, lengan Barat C dan lengan Selatan B.

6.2 SARAN

Setelah dilakukan pengamatan secara langsung dan analisis pada 2 simpang berdekatan dengan menggunakan program vissim berikut ini saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian berikutnya.

Untuk penelitian selanjutnya pada kedua simpang berdekatan sebaiknya memperhitungkan kondisi geometri jalannya pada kedua jalan tersebut terutama pada kondisi kelandaian jalannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Bina Karya. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 1991. *Pedoman Sitem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat*. SK DJ Hub Dar No. AJ 401/1/7. Jakarta
- Hobbs. F. D. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Khisty, C.J dan B. Kent Lall. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Morlok, E. 1991. *Pengantar dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Munawar, A. 2004. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Papacostas. C.S. 2005. *Transportation Engineering and Planning*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2015. *Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia. Jakarta.
- PTV AG. 2011. *Vissim 5.30-05 User Manual*. PTV. Karlsruhe.
- Raisa. P. F. 2016. *Koordinasi Simpang Yang Berdekatan Dengan MKJI Dan Permodelan VISSIM. Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan) Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Taylor. M. dan Young. W. 1996. *Understanding Traffic System*. Avebury Technical. Sydney.
- Zainuri A. M. 2018. *Koordinasi Sinyal Antara Simpang BPK Dan Simpang Badran Yogyakarta. Tugas Akhir*. (Tidak Ditrbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

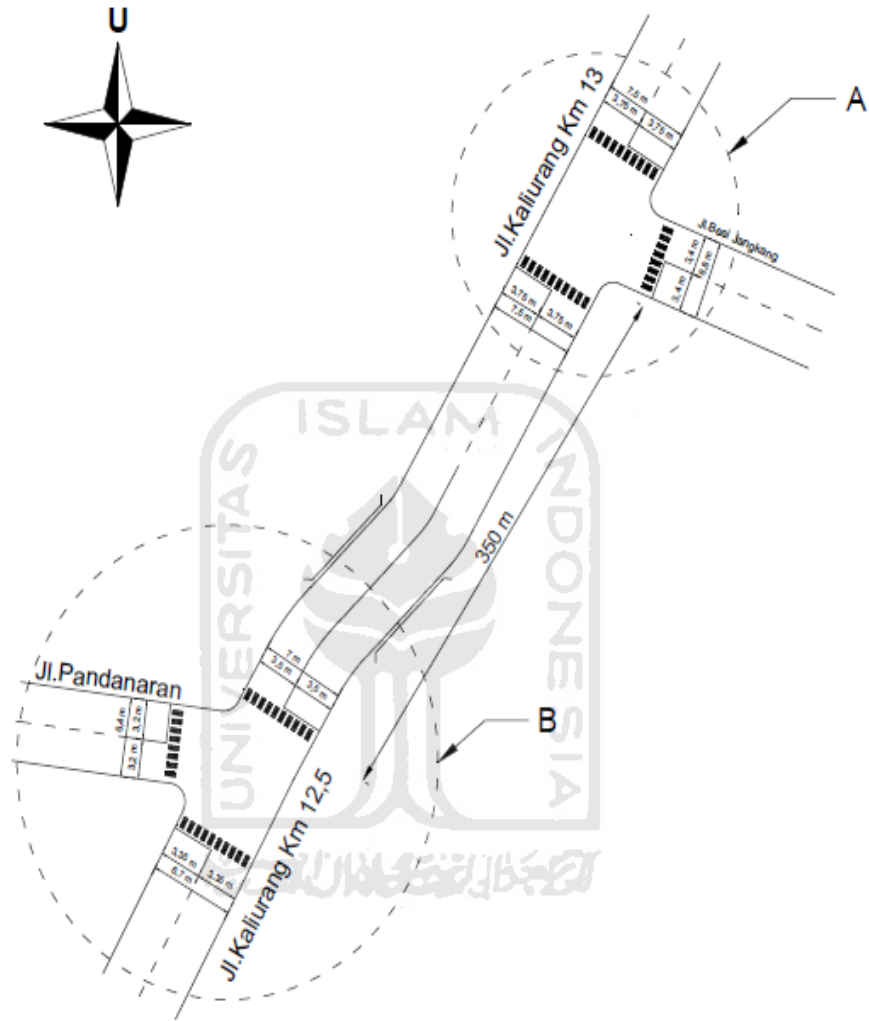
LAMPIRAN



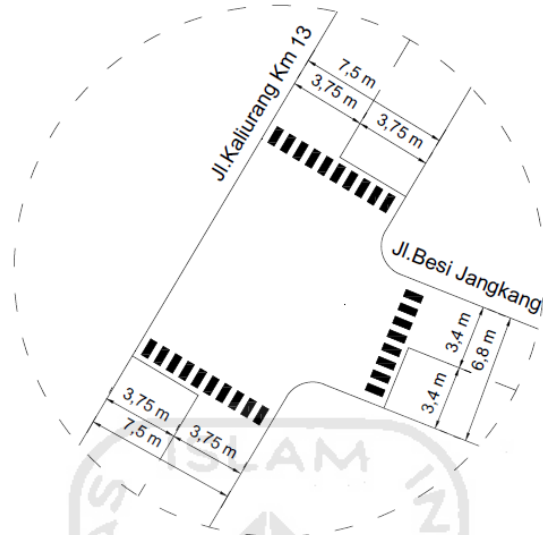
LAMPIRAN 1



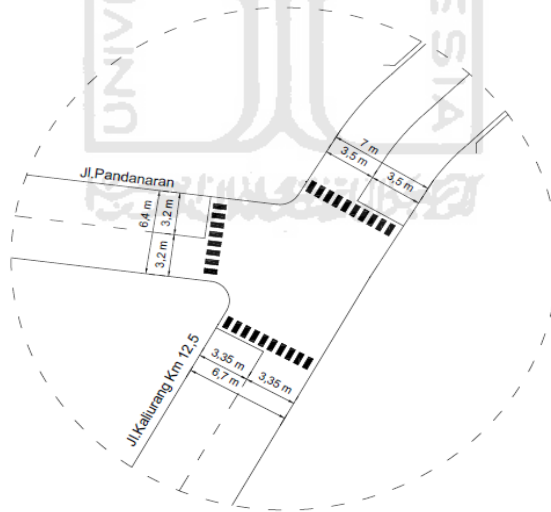
Gambar L-1.1 Geometri Simpang Jalan Kaliurang



Gambar L-1.2 Detail Geometri Simpang Jalan Kaliurang



Gambar L-1.3 Geometri Simpang Jalan Kaliurang



Tabel L-1.1 Volume Lalulintas Per 1 Jam

SENIN, 28 OKTOBER 2019 (PAGI)							
WAKTU	LENGAN	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	Keterangan
06.00 - 07.00	U	1606	234	22	1862	5640	PANDANARAN
	B	1571	229	8	1808		
	S	1580	360	30	1970		
	U	1250	238	34	1522	5425	BESI
	T	975	155	8	1138		
	S	2579	173	13	2765		
06.15 - 07.15	U	1884	274	21	2179	6956	PANDANARAN
	B	2271	333	13	2617		
	S	1808	304	48	2160		
	U	1375	254	21	1650	5934	BESI
	T	1062	164	7	1233		
	S	2640	398	13	3051		
06.30 - 07.30	U	1772	252	20	2044	7399	PANDANARAN
	B	2774	455	17	3246		
	S	1785	278	46	2109		
	U	1543	301	15	1859	5989	BESI
	T	976	150	9	1135		
	S	2609	365	21	2995		
06.45 - 07.45	U	1760	300	19	2079	7708	PANDANARAN
	B	3260	556	22	3838		
	S	1532	221	38	1791		
	U	1697	328	20	2045	5907	BESI
	T	882	148	8	1038		
	S	2466	329	29	2824		
07.00 - 08.00	U	1872	343	17	2232	8492	PANDANARAN
	B	3877	656	29	4562		
	S	1453	211	34	1698		
	U	1786	392	25	2203	5582	BESI
	T	818	138	8	964		
	S	2111	270	34	2415		

Tabel L-1.2 Volume Lalulintas Per 1 Jam

SENIN, 28 OKTOBER 2019 (SIANG)							
WAKTU	LENGAN	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	Keterangan
11.30-12.30	U	1456	426	41	1923	5604	PANDANARAN
	B	2116	310	14	2440		
	S	974	238	29	1241		
	U	1320	403	36	1759	4564	BESI
	T	660	184	28	872		
	S	1497	380	56	1933		
11.45-12.45	U	1402	639	48	2089	5705	PANDANARAN
	B	1954	424	21	2399		
	S	971	224	22	1217		
	U	1303	425	37	1765	4587	BESI
	T	617	184	28	829		
	S	1538	400	55	1993		
12.00-13.00	U	1459	409	43	1911	6223	PANDANARAN
	B	2493	534	28	3055		
	S	989	243	25	1257		
	U	1360	426	38	1824	4675	BESI
	T	608	179	24	811		
	S	1582	408	50	2040		
12.15-13.15	U	1413	395	45	1853	6935	PANDANARAN
	B	2967	653	35	3655		
	S	1129	271	27	1427		
	U	1356	414	31	1801	4831	BESI
	T	598	168	247	1013		
	S	1564	413	40	2017		
12.30-13.30	U	1351	368	43	1762	5927	PANDANARAN
	B	1788	791	42	2621		
	S	1229	289	26	1544		
	U	1281	404	31	1716	4505	BESI
	T	594	159	23	776		
	S	1580	395	38	2013		

Tabel L-1.3 Volume Lalulintas Per 1 Jam

SENIN, 28 OKTOBER 2019 (SORE)							
WAKTU	LENGAN	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	Keterangan
17.00-18.00	U	2009	373	23	2405	7432	PANDANARAN
	B	2101	321	33	2455		
	S	2125	392	55	2572		
	U	1918	353	23	2294	5722	BESI
	T	1311	233	12	1556		
	S	1563	263	46	1872		
17.15-18.15	U	2113	355	23	2491	7863	PANDANARAN
	B	2651	439	45	3135		
	S	1859	335	43	2237		
	U	1748	314	25	2087	5440	BESI
	T	1221	228	11	1460		
	S	1542	304	47	1893		
17.30-18.30	U	2137	354	17	2508	8034	PANDANARAN
	B	3019	439	45	3503		
	S	1645	335	43	2023		
	U	1762	306	17	2085	5407	BESI
	T	1167	223	9	1399		
	S	1547	331	45	1923		
17.45-18.45	U	2049	371	15	2435	8315	PANDANARAN
	B	3485	599	56	4140		
	S	1414	285	41	1740		
	U	1598	276	17	1891	4955	BESI
	T	1021	137	9	1167		
	S	1521	337	39	1897		
18.00-19.00	U	1988	365	9	2362	8302	PANDANARAN
	B	3897	759	58	4714		
	S	998	208	20	1226		
	U	1607	279	16	1902	4880	BESI
	T	916	200	5	1121		
	S	1549	269	39	1857		

Tabel L-1.4 Volume Lalulintas Per 1 Jam

KAMIS, 31 OKTOBER 2019 (PAGI)							
WAKTU	LENGAN	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	Keterangan
06.00 - 07.00	U	1481	212	18	1711	5546	PANDANARAN
	B	1260	162	5	1427		
	S	1956	423	29	2408		
	U	1305	275	27	1607	5836	BESI
	T	920	144	8	1072		
	S	2709	437	11	3157		
06.15 - 07.15	U	1706	237	19	1962	6337	PANDANARAN
	B	1582	205	7	1794		
	S	2126	422	33	2581		
	U	1428	293	25	1746	6081	BESI
	T	1000	156	5	1161		
	S	2762	402	10	3174		
06.30 - 07.30	U	1667	235	19	1921	6552	PANDANARAN
	B	1867	256	9	2132		
	S	2093	376	30	2499		
	U	1608	319	26	1953	6231	BESI
	T	1009	158	6	1173		
	S	2726	365	14	3105		
06.45 - 07.45	U	1679	269	20	1968	6847	PANDANARAN
	B	2272	301	15	2588		
	S	1916	342	33	2291		
	U	1816	361	37	2214	6127	BESI
	T	950	138	7	1095		
	S	2470	325	23	2818		
07.00 - 08.00	U	1792	301	23	2116	7223	PANDANARAN
	B	2625	349	21	2995		
	S	1796	273	43	2112		
	U	1923	393	39	2355	5789	BESI
	T	917	129	15	1061		
	S	2090	253	30	2373		

Tabel L-1.5 Volume Lalulintas Per 1 Jam

KAMIS, 31 OKTOBER 2019 (SIANG)							
WAKTU	LENGAN	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	Keterangan
12.30-13.30	U	1351	390	48	1789	4519	PANDANARAN
	B	1014	253	7	1274		
	S	1068	337	51	1456		
	U	1081	342	48	1471	4131	BESI
	T	563	155	28	746		
	S	1464	394	56	1914		
12.45-13.45	U	1383	380	50	1813	4765	PANDANARAN
	B	1196	318	10	1524		
	S	1057	322	49	1428		
	U	1132	350	41	1523	4237	BESI
	T	569	152	30	751		
	S	1504	405	54	1963		
13.00-14.00	U	1384	373	46	1803	5005	PANDANARAN
	B	1393	376	12	1781		
	S	1062	315	44	1421		
	U	1181	356	35	1572	4348	BESI
	T	584	151	31	766		
	S	1550	415	45	2010		
13.15-14.15	U	1390	385	42	1817	5428	PANDANARAN
	B	1722	442	14	2178		
	S	1095	296	42	1433		
	U	1245	336	35	1616	4388	BESI
	T	591	165	36	792		
	S	1533	411	36	1980		
13.30-14.30	U	1376	353	33	1762	5733	PANDANARAN
	B	1981	508	16	2505		
	S	1141	297	28	1466		
	U	1225	331	23	1579	4414	BESI
	T	655	165	32	852		
	S	1548	398	37	1983		

Tabel L-1.6 Volume Lalulintas Per 1 Jam

KAMIS, 31 OKTOBER 2019 (SORE)							
WAKTU	LENGAN	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)	Keterangan
17.00-18.00	U	2067	377	16	2460	6295	PANDANARAN
	B	1260	162	5	1427		
	S	1956	423	29	2408		
	U	1885	354	22	2261	5127	BESI
	T	925	153	15	1093		
	S	1492	247	34	1773		
17.15-18.15	U	1988	373	15	2376	6751	PANDANARAN
	B	1582	205	7	1794		
	S	2126	422	33	2581		
	U	1875	345	24	2244	5176	BESI
	T	934	174	20	1128		
	S	1484	285	35	1804		
17.30-18.30	U	1935	341	14	2290	6751	PANDANARAN
	B	1867	256	9	2132		
	S	2093	376	30	2499		
	U	1902	324	21	2247	5257	BESI
	T	972	179	22	1173		
	S	1484	320	33	1837		
17.45-18.45	U	1851	318	13	2182	7206	PANDANARAN
	B	2398	319	16	2733		
	S	1916	342	33	2291		
	U	1792	281	18	2091	4541	BESI
	T	522	89	7	618		
	S	1470	330	32	1832		
18.00-19.00	U	1860	333	11	2204	7311	PANDANARAN
	B	2625	349	21	2995		
	S	1796	273	43	2112		
	U	1767	266	12	2045	5037	BESI
	T	977	166	22	1165		
	S	1476	321	30	1827		

Tabel L-1.7 Rekapitulasi Volume Lalulintas Per 1 Jam

Periode Waktu	Volume Lalu Lintas (kend/jam)			
	Senin, 28 Okt 2019		Kamis 31 Okt 2019	
Pagi	Besi Jangkang	Pandanaran	Besi Jangkang	Pandanaran
06.00-07.00	5425	5640	5836	5546
06.15-07.15	*5934	6937	6081	6337
06.30-07.30	5989	7399	6231	6552
06.45-07.45	5907	7708	6127	6847
07.00-08.00	5582	*8492	5789	7223
Siang	Besi Jangkang	Pandanaran	Besi Jangkang	Pandanaran
11.30-12.30	4564	5604	4131	4519
11.45-12.45	4587	5705	4237	4765
12.00-12.00	4675	6223	4348	5005
12.15-13.15	4831	6935	4388	5428
12.30-13.30	4505	5927	4414	5733
Sore	Besi Jangkang	Pandanaran	Besi Jangkang	Pandanaran
17.00-18.00	5722	7432	5127	6295
17.15-18.15	5440	7863	5176	6751
17.30-18.30	5407	8034	5257	6751
17.45-18.45	4955	8315	4541	7206
18.00-19.00	4880	8302	5037	7311

LAMPIRAN 2



Tabel L-2.1 Data Driving Behaviour

Jumlah Sampel Kendaraan	Depan Belakang (<i>Following</i>) Kendaraan Berjalan (m)	Depan Belakang (<i>Following</i>) Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan (<i>Lateral</i>) Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan (<i>Lateral</i>) Kendaraan Berhenti (m)
1	1,2	1,5	0,8	0,6
2	0,7	0,9	0,5	0,8
3	0,6	2,9	0,7	1,2
4	0,8	1,2	0,8	0,9
5	1,2	0,9	0,7	0,9



LAMPIRAN 3



Tabel L-3.1 Data Kecepatan Kendaraan

Simpang	Simpang 1 Besi					
	Selatan		Utara		timur	
Kecepatan Km/Jam	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Lokasi	Kaliurang atas		Kaliurang Bawah		Besi	
Motor MC	17	40	19	38	25	40
Mobil Penumpang L	17	30	19	34	21	35
Bus HV	15	21	15	30	20	30
Truck HV	15	28	15	30	20	30

Tabel L-3.2 Data Kecepatan Kendaraan

Simpang	Simpang 2 Pandanaran					
	Selatan		Utara		Barat	
Kecepatan Km/Jam	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Lokasi	Jakal Bawah		Jakal Atas		Pandanaran	
Motor MC	20	44	20	44	24	38
Mobil Penumpang L	22	34	22	34	20	35
Bus HV	20	30	20	30	20	30
Truck HV	18	30	20	23	18	23