

**PENGARUH PENGGUNAAN *COUNTDOWN TIMER*
PADA SIMPANG BERSINYAL DI KOTA MALANG**

TESIS

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
MINAT REKAYASA TRANSPORTASI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Magister Teknik



TATANG MAULANA MALIQ

NIM. 156060100111016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018



TESIS

**PENGARUH PENGGUNAAN *COUNTDOWN TIMER* PADA SIMPANG
BERSINYAL DI KOTA MALANG**

TATANG MAULANA MALIQ

NIM.156060100111029

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 15 Januari 2018
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Ir. Harnen Sulistio., M.Sc., Ph.D
NIP. 19570527 198403 1 002

Ir. Ludfi Djakfar, MSCE, Ph.D
NIP. 19640709 199002 1 001

Malang, 15 Januari 2018

Universitas Brawijaya Fakultas
Teknik, Jurusan Teknik Sipil Ketua
Program Magister Teknik Sipil

Ari Wibowo, ST, MT, Ph.D
NIP. 197408619 200012 1 002



JUDUL TESIS :

PENGARUH PENGGUNAAN *COUNTDOWN TIMER* PADA SIMPANG BERSINYAL
DI KOTA MALANG

Nama Mahasiswa : Tatang Maulana Maliq
NIM : 156060100111016
Program Studi : Teknik Sipil
Minat : Rekayasa Transportasi

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Prof. Ir. Harnen Sulistio., M.Sc., Ph.D
Anggota : Ir. Ludfi Djakfar, MSCE, Ph.D

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D
Dosen Penguji 2 : Hendi Bowoputro, S.T., M.T.
Tanggal Ujian : 15 Januari 2018
SK Penguji : Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya No. 124
Tahun 2018





Tesis Ini Kupersembahkan pada :
Seluruh Civitas Akademika Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 15 Januari 2018

Mahasiswa

Tatang Maulana Maliq
NIM. 156060100111016



RIWAYAT HIDUP

Tatang Maulana Maliq, Jember, 20 Maret 1986. Anak pertama dari dua bersaudara, putra dari Bapak H. Mudhofir. Spd., ME dan Ibu Hj. Rasiyem. Pendidikan yang ditempuh yaitu SD Muhammadiyah 1 Jember lulus tahun 1998, SMPN 2 Jember lulus tahun 2001, SMAN 1 Jember lulus tahun 2004, dan kemudian melanjutkan S1 Teknik Sipil Universitas Negeri Jember lulus tahun 2010.

Malang, Januari 2018

Penulis



RINGKASAN

Tatang Maulana Maliq, Program Studi Magister Teknik Sipil, Minat Rekayasa Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, Pengaruh *Penggunaan Countdown Timer Pada Simpang Bersinyal di Kota Malang*, Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Harnen Sulistio., M.Sc., Ph.D dan Ir. Ludfi Djakfar, MSCE., Ph.D.

Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Malang akan memicu peningkatan aktifitas penduduk sehingga berdampak pada meningkatnya volume lalu lintas. Peningkatan volume lalu lintas akan menambah masalah kemacetan lalu lintas pada simpang. Persimpangan merupakan titik rawan akan terjadinya kemacetan lalu lintas oleh adanya konflik-konflik pergerakan arus, sehingga perlu dilakukan berbagai upaya untuk memaksimalkan kapasitas dan kinerjanya. Arus jenuh adalah jumlah maksimum kendaraan yang bisa diberangkatkan dari antrian melewati mulut simpang per-satuan waktu hijau. Arus jenuh digunakan untuk menentukan lama waktu hijau, kapasitas dan waktu tundaan pada simpang bersinyal. *Countdown timer* adalah Instrumen tambahan yang berfungsi menginformasikan durasi waktu pengaturan sinyal. Tujuannya adalah pengendara mengetahui waktu yang tersisa sebelum perubahan waktu sinyal sehingga dapat membuat keputusan yang lebih baik dan pada waktu yang tepat untuk berhenti atau bergerak memasuki persimpangan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari countdown timer terhadap besaran nilai arus jenuh, dan bagaimana pengaruhnya terhadap kinerja simpang bersinyal yang diukur dari nilai kapasitas dan waktu tundaannya.

Dalam penelitian ini membandingkan bagaimana arus jenuh eksisting ketika kondisi *countdown timer off* dan kondisi *countdown timer on*. Lokasi penelitian adalah 11 (sebelas) lengan simpang pada 6 (enam) simpang bersinyal di kota Malang. Pada tahap pengumpulan data, *action camera* adalah alat yang digunakan untuk merekam volume arus lalu lintas saat kondisi jenuh. Setelah data terkumpul kemudian volume arus lalu lintas dihitung menggunakan metode *time slice* dengan interval waktu 6 detik selama periode hijau. Setelah diketahui volume kendaraan setiap periode hijau kemudian volume dihitung dengan satuan smp/jam-hijau. Nilai arus jenuh smp/jam-hijau pada kondisi countdown timer *off* dan *on* kemudian dibandingkan dengan uji statistik yaitu *paired sample t-test* untuk melihat apakah ada perbedaan signifikan atau tidak.

Setelah dilakukan uji statistik, hasil yang diperoleh adalah terdapat perbedaan signifikan nilai arus jenuh antara dua kondisi *countdown timer* pada 7 (tujuh) lengan simpang. Terjadi peningkatan nilai arus jenuh antara 5%-22% pada setiap lengan simpang. Peningkatan nilai arus jenuh menghasilkan peningkatan kapasitas simpang, yaitu terjadi peningkatan kapasitas 5%-22% dan menurunnya waktu tundaan 22detik/smp-138detik/smp.

Kata Kunci : *countdown timer, arus jenuh, waktu hijau*

SUMMARY

Tatang Maulana Maliq, Master Program in Civil Engineering, Transportation Engineering Area, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, Januari 2018, *Influence of Countdown Timer at Signalized Intersection in Malang City*. Supervisor: Harnen Sulistio and Ludfi Djakfar.

The high growth of population in Malang city will trigger the increase of population activity so that the impact on the increasing of traffic volume. Increased traffic volume will increase traffic congestion problem at intersection. Intersections are a critical spot for traffic congestion by the presence of current movement conflicts, so efforts should be made to maximize capacity and performance. Saturation flow is the maximum number of vehicles that can be dispatched from the queue through the mouth of the intersection per-green time unit. Saturation flow is used to determine the green time, capacity and delay time at the signalized intersection. Countdown timer is an additional Instrument that serves to inform the duration of the signal setup time. The purpose is that the rider knows the time remaining before the change of signal time so that it can make better decisions and at the right time to stop or move into intersections. The purpose of this research is to know the influence of countdown timer on the value of saturation current, and how its effect on signal intersection performance measured from value of capacity and time delay.

This research comparing how the saturation flow when the countdown timer condition is *off* and *on*. The location of the research is eleven (11) intersection arms at 6 signaled intersection in Malang city. Action camera is a tool used to record the volume of traffic flow during saturation for collecting sample. After the sample is collected then the volume of traffic flow is calculated using the time slice method with 6 seconds interval during the green period. Once the vehicle volume is known every green period then the volume is calculated to units of smp / hr-green. The saturation flow rate of smp/hour-green at countdown timer *off* and *on* conditions is then compared with the statistical test of paired sample t-test to see if there are significant differences or not.

After the statistical test, the result obtained is that there is significant difference of saturation flow value between two countdown timer conditions at 7 intersection arm. There is an increase in the saturation flow value between 5% -22% in each intersection arm. Increasing the saturation flow value resulted in improved performance of intersection. The capacity increase 5% -22% and decreasing delay time 22second/smp-138second/ smp

Keywords: *Countdown timer, Saturation flow, Green time*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “Pengaruh Penggunaan *Countdown Timer* Pada Simpang Bersinyal di Kota Malang” ini dengan baik.

Tesis ini mengkaji tentang pengaruh dari penggunaan *countdown timer* terhadap nilai arus jenuh dan kinerja simpang bersinyal. Dari hasil penelitian ini diharapkan diperoleh informasi sebagai masukan kepada instansi yang terkait, bagaimana dampak dari penggunaan alat ini terhadap kinerja simpang bersinyal yang ada di Kota Malang.

Atas terselesaikannya penyusunan tesis ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan ikut berperan secara moril ataupun materil, yaitu :

1. Prof. Ir. Harnen Sulistio M.Sc., Ph.D, sebagai pembimbing utama yang telah banyak memberi dukungan, masukan serta arahan dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Ir. Ludfi Djakfar, MSCE, Ph.D, sebagai pembimbing pendamping, selalu mengingatkan penulis dan memberikan arahan pada setiap penulisan yang tertuang pada tesis ini.
3. Ir. Achmad Wicaksono, M.Sc., Ph.D, sebagai penguji satu yang banyak memberi masukan dan arahan untuk menyempurnakan penelitian dan penulisan dalam tesis ini.
4. Hendi Bowoputro, S.T., M.T., sebagai penguji dua yang memberikan banyak bantuan teknis, masukan dan arahan untuk menyempurnakan penulisan tesis ini.
5. Bapak/Ibu dosen pengajar di Program Magister Teknik Sipil untuk peminatan Rekayasa Transportasi FT UB atas segala ilmu, wawasan dan pengarahan yang diberikan.
6. Bapak H. Mudhofir S.pd, ME. dan Ibu Hj. Rasiyem, orang tua tercinta yang tidak dapat penulis ungkapkan seberapa cinta, kasih dan teladan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Ibu mertua Welas Asih atas doa dan dukungannya.
8. Resti Buana Wardani, istri tercinta yang selalu memberikan dukungan selama proses hingga tercapainya penulisan tesis.

9. Pak Mukhlis, Ibu Itak, Mba Ratna, M. Sadillah, Ayu, Randa, Rendy, Dikka, Amy, sahabat-sahabatku yang selalu menginspirasi di setiap langkah penulis dan menjadi bagian perjalanan selama penulis menempuh studi di Rekayasa Transportasi UB.



DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Daftar isi	iii
Daftar tabel	vi
Daftar gambar	vii
Daftar lampiran	ix
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah/Lingkup Pembahasan	3
1.5 Tujuan.....	4
1.6 Manfaat.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Simpang Bersinyal.....	5
2.2 Tipe-Tipe Simpang.....	6
2.3 Arus Lalu Lintas Jenuh Simpang Bersinyal	7
2.3.1 Kelambatan dan Waktu Henti.....	7
2.3.2 Arus Jenuh (Saturated Flow) Simpang Bersinyal.....	8
2.3.3 Waktu Hilang (<i>Loss Time</i>).....	10
2.4 Survei Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal	11
2.4.1 Survei Inventarisasi	12
2.4.2 Survei Arus Jenuh.....	13
2.5 Kapasitas Simpang	13
2.6 Tundaan Simpang.....	14
2.7 Countdown Timer.....	14
2.8 Metode <i>Time Slice</i> Dalam Pengukuran Arus Jenuh	15
2.9 Teknik Pengujian Data	16
2.9.1 Uji Normalitas	16
2.9.2 Uji Data Ekstrim (<i>Outlier</i>).....	16



2.9.3	Uji Perbedaan Dua Variabel	17
2.10	Penelitian Terdahulu.....	17
3.	KERANGKA KONSEP PENELITIAN	24
3.1	Kerangka Pemikiran	24
3.2	Bagan Konsep Penelitian.....	25
4.	METODE PENELITIAN	26
4.1	Tahapan Penelitian	26
4.2	Lokasi Penelitian	28
4.2.1	Gambaran Umum	28
4.2.2	Simpang Bersinyal Kota Malang.....	28
4.3	Survai Pendahuluan.....	28
4.4	Tahap Pengumpulan Data.....	29
4.4.1	Data Sekunder.....	29
4.4.2	Data Primer.....	29
1)	Survai inventarisasi simpang.....	29
2)	Survai Arus Jenuh.....	30
4.4.3	Lokasi dan Waktu Pengumpulan Data	32
4.5	Tahap Analisa Data	35
4.5.1	Analisa Arus Jenuh.....	35
4.5.2	Uji Normalitas	36
4.5.3	Uji Data Ekstrim.....	36
4.5.4	Uji Beda Dua Variabel.....	36
5.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
5.1	Kompilasi Data.....	38
5.1.1	Geometrik Simpang	38
a.	Simpang BCA.....	38
b.	Simpang Dieng	39
c.	Simpang Galunggung	39
d.	Simpang PLN	40
e.	Simpang Rampal.....	40
f.	Simpang LA. Sucipto	41
5.1.2	Lebar Efektif Lengan Simpang.....	41
5.1.3	Fase Pengaturan Kaki Simpang.....	42



5.1.4	Identifikasi Data Arus Jenuh	43
5.1.5	Komposisi Arus Lalu Lintas	43
5.2	Pengaruh <i>Countdown Timer</i> Pada Keberangkatan Arus dan Arus Jenuh	44
5.2.1	Analisa Keberangkatan Arus	44
a.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Kahuripan	45
b.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Semeru	45
c.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Galunggung.....	46
d.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Terusan Dieng.....	46
e.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Raya Langsep.....	47
f.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Tidar.....	47
g.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Slamet Riyadi.....	48
h.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Pattimura.....	48
i.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang Urip Sumoharjo	49
j.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang LA. Sucipto Barat	49
k.	Keberangkatan Arus Lengan Simpang L.A. Sucipto Timur.....	50
5.2.2	Analisa Perbedaan Arus jenuh.....	51
a.	Uji normalitas	51
b.	Uji Data Ekstrim (<i>Outlier</i>).....	52
c.	<i>Paired Sample T-Test</i>	54
d.	Hasil Uji Beda Terhadap Komposisi Arus Lalu Lintas	57
e.	Hasil Uji Beda Terhadap Lebar Efektif (<i>We</i>) dan Waktu Hijau(<i>g</i>).....	57
5.3	Pengaruh Penggunaan <i>Countdown Timer</i> Pada Kapasitas Lengan Simpang	59
5.4	Pengaruh Penggunaan <i>Countdown Timer</i> Pada Tundaan Lengan Simpang	62
6.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
6.1	Kesimpulan.....	64
6.2	Saran.....	64
7.	DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis dan Teknis Survai Dalam Lalu Lintas	12
Tabel 4.1 Lokasi Penelitian Simpang PLN.....	33
Tabel 4.2 Lokasi Penelitian Simpang Dieng	33
Tabel 4.3 Lokasi Penelitian Simpang PLN.....	33
Tabel 4.4 Lokasi Penelitian Simpang PLN.....	33
Tabel 4.5 Lokasi Penelitian Simpang PLN.....	33
Tabel 4.6 Lokasi Penelitian Simpang PLN.....	34
Tabel 4.1 Nilai Ekuivalen Kendaraan Penumpang	35
Tabel 5.1 Lebar Efektif Lengan Simpang.....	41
Tabel 5.2 Fase Pengaturan Lengan Simpang.....	42
Tabel 5.3 Jumlah Data Arus Jenuh.....	43
Tabel 5.4 Komposisi Arus Lalu Lintas	43
Tabel 5.5 Statistik Sampel Berpasangan	54
Tabel 5.6 Korelasi Sampel Berpasangan	54
Tabel 5.7 Uji Sampel Berpasangan	55
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Sampel Arus Jenuh.....	55
Tabel 5.9 Peningkatan Nilai Arus Jenuh Pada Penggunaan <i>Countdown Timer</i>	56
Tabel 5.10 Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Hasil Uji Beda Arus Jenuh.....	57
Tabel 5.11 Karakteristik (We) dan (g) Pada Hasil Uji Beda Arus Jenuh	58
Tabel 5.12 Ringkasan Model Regresi Linier	58
Tabel 5.13 Nilai Konstanta Regresi Linier	58
Tabel 5.14 Kapasitas Lengan Simpang.....	60
Tabel 5.15 Persentase Peningkatan Kapasitas Lengan Simpang.....	61
Tabel 5.16 Waktu tundaan Lengan Simpang.....	62
Tabel 5.17 Tingkat Penurunan Waktu Tundaan Lengan Simpang.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Kendaraan dan Laju Penggabungan, Penyebaran, dan Persimpangan (Salter, 1974)	5
Gambar 2.2 Tipe-tipe Simpang Tiga Kaki	6
Gambar 2.3 Tipe-tipe Simpang Empat Kaki	7
Gambar 2.4 Model Dasar Untuk Arus Jenuh	9
Gambar 2.5 Perkembangan Model <i>Countdown Timer</i>	15
Gambar 3.1 Bagan Konsep Penelitian	25
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian.....	27
Gambar 4.2 Contoh geometrik simpang	30
Gambar 4.3 Letak Kamera Pada Survai Arus Jenuh	31
Gambar 4.4 Formulir Survai Arus Jenuh Simpang Bersinyal	32
Gambar 4.5 Peta lokasi penelitian	34
Gambar 5.1 Geometrik Simpang BCA.....	38
Gambar 5.2 Geometrik Simpang Dieng	39
Gambar 5.3 Geometrik Simpang Galunggung	39
Gambar 5.4 Geometrik Simpang PLN.....	40
Gambar 5.5 Geometrik Simpang Rampal.....	40
Gambar 5.6 Geometrik Simpang LA. Sucipto.....	41
Gambar 5.7 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Kahuripan	45
Gambar 5.8 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Semeru	45
Gambar 5.9 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Galunggung.....	46
Gambar 5.10 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Terusan Dieng.....	46
Gambar 5.11 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Raya Langsep.....	47
Gambar 5.12 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Tidar.....	47
Gambar 5.13 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Slamet Riyadi.....	48
Gambar 5.14 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Pattimura.....	48
Gambar 5.15 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Urip Sumoharjo	49
Gambar 5.16 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang L.A. Sucipto Barat	49



Gambar 5.17 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang L.A. Sucipto Timur 50
Gambar 5.18 Uji Normalitas Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT *Off* 52
Gambar 5.19 Uji Normalitas Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT *On* 52
Gambar 5.20 Uji Outlier Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT *Off* 53
Gambar 5.21 Uji Outlier Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT *On* 53
Gambar 5.22 Kapasitas Lengan Simpang *Countdown Timer Off dan On* 61
Gambar 5.23 Pengaruh *Countdown Timer* Terhadap Nilai Tundaan Lengan Simpang 63



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Malang sebagai kota pendidikan, wisata, perdagangan dan industri setiap tahun mengalami perkembangan dan penambahan penduduk yang tinggi, dengan sendirinya akan terjadi peningkatan aktifitas penduduk. Aktifitas penduduk perkotaan terjadi pada kawasan bangkitan dan tarikan, sehingga meningkatnya jumlah aktifitas maka akan berdampak pada volume lalu lintas dari dan menuju dua kawasan tersebut. Peningkatan volume lalu lintas akan menambah masalah kemacetan pada ruas jalan dan simpang. Ketidakseimbangan antara fasilitas-fasilitas lalu lintas dengan peningkatan jumlah arus lalu lintas dapat mengakibatkan kemacetan lalu lintas yang sering terjadi pada persimpangan, termasuk pada simpang bersinyal. Didalam jaringan transportasi, persimpangan merupakan titik rawan akan terjadinya kemacetan lalu lintas oleh adanya konflik-konflik pergerakan arus, sehingga perlu dilakukan berbagai upaya untuk memaksimalkan kapasitas dan kinerjanya dengan tetap memperhatikan keselamatan para pengendara.

Arus jenuh adalah jumlah maksimum kendaraan yang bisa diberangkatkan dari antrian melewati mulut simpang per-satuan waktu hijau. Arus jenuh digunakan untuk menentukan lama waktu hijau pada simpang bersinyal. Faktor yang mempengaruhi besarnya arus jenuh adalah ukuran kota, hambatan samping, kendaraan parkir, kelandaian dan gerakan kendaraan membelok (MKJI, 1997).

Besarnya arus jenuh untuk perhitungan kapasitas simpang yang dikendalikan dengan lampu lalu lintas sangat perlu dilakukan, terlebih jika standar yang ada tidak sesuai untuk diterapkan pada simpang yang bersangkutan karena adanya beberapa perbedaan, misalnya: karakteristik lalu lintas, bentuk geometrik simpang tidak standar atau adanya perlakuan khusus pada simpang. Arus jenuh merupakan salah satu input awal untuk pengaturan waktu sinyal dan kinerja simpang bersinyal.

Salah satu bentuk rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal adalah melengkapi APILL dengan *countdown timer*. Instrumen tambahan ini berfungsi

menginformasikan durasi waktu pengaturan sinyal. Asumsi dasarnya adalah pengendara mengetahui waktu yang tersisa sebelum perubahan waktu sinyal kuning ke merah atau merah ke hijau, sehingga dapat membuat keputusan yang lebih baik dan pada waktu yang tepat untuk berhenti atau bergerak memasuki persimpangan.

Berdasarkan penelitian Sulistyono (2010), penggunaan *countdown timer* pada beberapa simpang di Jawa Timur mampu meningkatkan besarnya arus jenuh yang ditandai dengan waktu hilang yang lebih pendek dan waktu tambahan akhir lebih panjang. Waktu hilang yang terjadi adalah 3,14 detik lebih kecil dibandingkan asumsi waktu hilang pada MKJI yaitu sebesar 4,8 detik. Waktu tambahan akhir yang diperoleh adalah 1,45 detik. Chiou dan Chang (2009) di Kota Hshinjhu Taiwan memperlihatkan penggunaan *countdown timer* dapat mengurangi rasio terlambat berhenti dan zona dilema meningkat sekitar 28m. Di Singapura *countdown timer* efektif meningkatkan tindakan berhenti pada arus lalu lintas tinggi, namun tidak mengurangi pelanggaran ketika lampu sinyal merah (Lum dan Halim, 2006).

Di setiap wilayah termasuk Kota Malang memiliki simpang bersinyal yang terletak pada jalan-jalan dengan hierarki yang berbeda, sehingga berbeda pula karakteristik arus lalu lintasnya. Selain perbedaan karakteristik arus lalu lintas, juga memiliki karakteristik simpang yang berbeda pula yang dipengaruhi oleh topografi dan tata guna lahannya. Sehingga pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap kinerja simpang dengan berbagai karakteristik arus lalulintas dan karakteristik simpang perlu dilakukan.

1.2 Identifikasi Masalah

Besaran arus jenuh berbeda pada setiap simpang bersinyal. Hal ini bergantung terhadap karakteristik simpang dan komposisi arus lalu lintas yang melewatinya. Karakter sebuah simpang dan komposisi arus lalu lintas mempengaruhi laju pergerakan kendaraan untuk melewati sebuah persimpangan. Setiap jenis kendaraan memiliki radius putar, laju percepatan dan pengereman sesuai dengan dimensi dan daya angkutnya, sehingga membutuhkan waktu yang berbeda untuk bergerak melewati sebuah persimpangan atau memutuskan berhenti ketika sinyal menunjukkan warna merah. Ada banyak gaya yang harus bekerja pada suatu kendaraan transpor supaya dapat bergerak sesuai dengan yang dikehendaki. Gaya diperlukan untuk (Morlok, 1978):

1. Mengatasi tahanan bawaan terhadap gerakan
2. Melakukan percepatan dan perlambatan

3. Pengarahan kendaraan

Perbedaan jenis kendaraan dan jumlah dalam formasi antrian simpang bersinyal akan mempengaruhi awal dan akhir keberangkatan arus karena perbedaan laju perlambatan pada setiap jenis kendaraan..

Penambahan *countdown timer* diharapkan bisa meningkatkan reaksi pengemudi terhadap perubahan sinyal untuk mengatur laju kendaraan, sehingga mengoptimalkan waktu hijau efektif. Dengan adanya tampilan waktu sinyal pengemudi bisa menggerakkan kendaraan ketika awal hijau dan menghentikan kendaraan pada saat hijau berakhir. Namun demikian laju kendaraan juga dipengaruhi oleh pembagian lajur dalam satu lengan simpang. Hal ini disebabkan pergerakan menerus dan membelok memiliki laju kecepatan yang berbeda, sehingga arah pergerakan dengan ketersediaan lajur mempengaruhi waktu pergerakan *platoon*.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap arus jenuh simpang bersinyal di Kota Malang?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap kapasitas simpang bersinyal di Kota Malang?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap waktu tundaan simpang bersinyal di Kota Malang?

1.4 Batasan Masalah/Lingkup Pembahasan

Mempertimbangkan luasnya cakupan masalah yang ada maka diperlukan batasan-batasan masalah untuk memperjelas dalam menganalisis permasalahan yang ada.

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Pengaruh penggunaan *countdown timer* ditinjau dari nilai arus jenuh (S), kapasitas (C) dan tundaan (D) lengan simpang.
2. Penelitian ini beracuan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).
3. Penelitian dilakukan pada simpang-simpang bersinyal yang dilengkapi dengan *countdown timer* di Kota Malang.

4. Data yang diambil adalah data pada saat kondisi lengan simpang menunjukkan kondisi jenuh.

1.5 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap arus jenuh simpang bersinyal di Kota Malang.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap kapasitas simpang bersinyal di Kota Malang
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap waktu tundaan simpang bersinyal di Kota Malang

1.6 Manfaat

Perbedaan karakteristik lalu lintas, bentuk geometrik simpang dan fungsi jalan memberikan karakteristik yang berbeda pada setiap simpang bersinyal. Berdasarkan penelitian yang sejenis, penggunaan *countdown timer* pada simpang bersinyal mempengaruhi arus jenuh dan karakteristik arus pada simpang. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

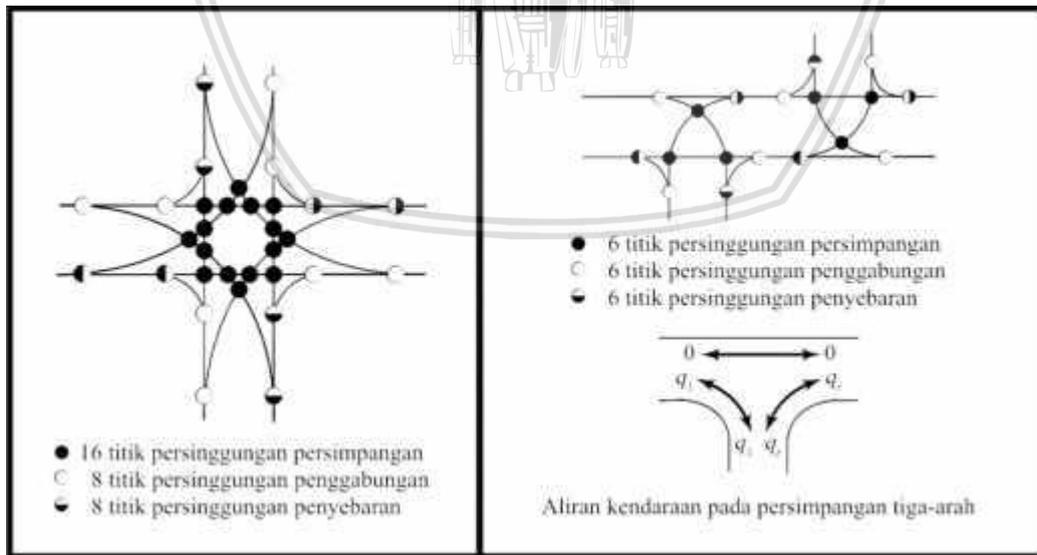
1. Memberikan wawasan tambahan terhadap penelitian sebelumnya yang sejenis.
2. Memberikan bahan pertimbangan dalam perbaikan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang dapat digunakan sebagai acuan dalam analisa kinerja lalulintas simpang bersinyal.
3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu transportasi khususnya dalam bidang rekayasa lalulintas simpang bersinyal.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpang Bersinyal

Simpang adalah bagian dari sistem jalan yang tidak bisa dipisahkan, khususnya hal ini akan sering dijumpai pada jalan perkotaan. Keamanan, keselamatan dan kenyamanan serta efisiensi harus diutamakan dalam mengelola simpang. Secara umum simpang dapat dikelompokkan atas simpang dengan pertemuan sebidang (*intersection*) dan tidak sebidang. Berdasar pengendaliannya maka jenis simpang dapat berupa simpang prioritas, bundaran, simpang dengan lampu lalu lintas dan simpang tanpa lampu lalu lintas (Khisty, 2005).

Empat jenis titik lalu lintas yang terjadi di simpang, yakni memisah (*diverging*), menggabung (*merging*), memotong (*crossing*), dan menyilang (*weaving*). Jumlah titik konflik pada simpang di jalan tergantung pada jumlah kaki/lengan simpang, jumlah lajur kaki simpang, jumlah pengendalian lalu lintas dan gerakan lalu lintas yang diizinkan (Anonim, 1996).



Gambar 2.1 Aliran Kendaraan dan Laju Penggabungan, Penyebaran, dan Persimpangan (Salter, 1974)

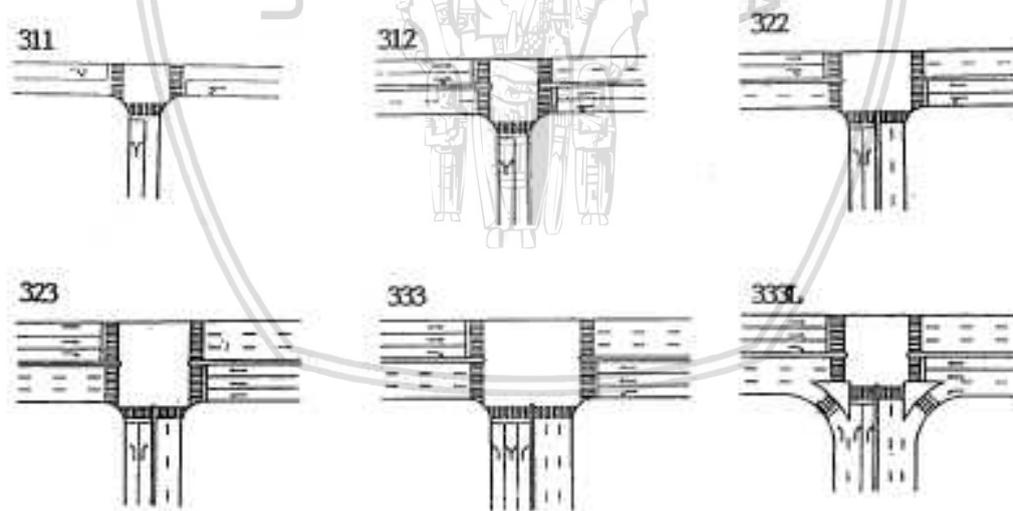
Lampu lalu lintas pada simpang merupakan salah satu kontrol lalu lintas untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan maupun mengurangi waktu tempuh

rata-rata di simpang sehingga meningkatkan kapasitas, mengurangi jumlah konflik dan menyeimbangkan kualitas pelayanan. Pengaturan lampu lalu lintas simpang terisolasi dapat dihitung dengan beberapa metode pendekatan, salah satunya adalah *metode webster* (Khisty, 1990).

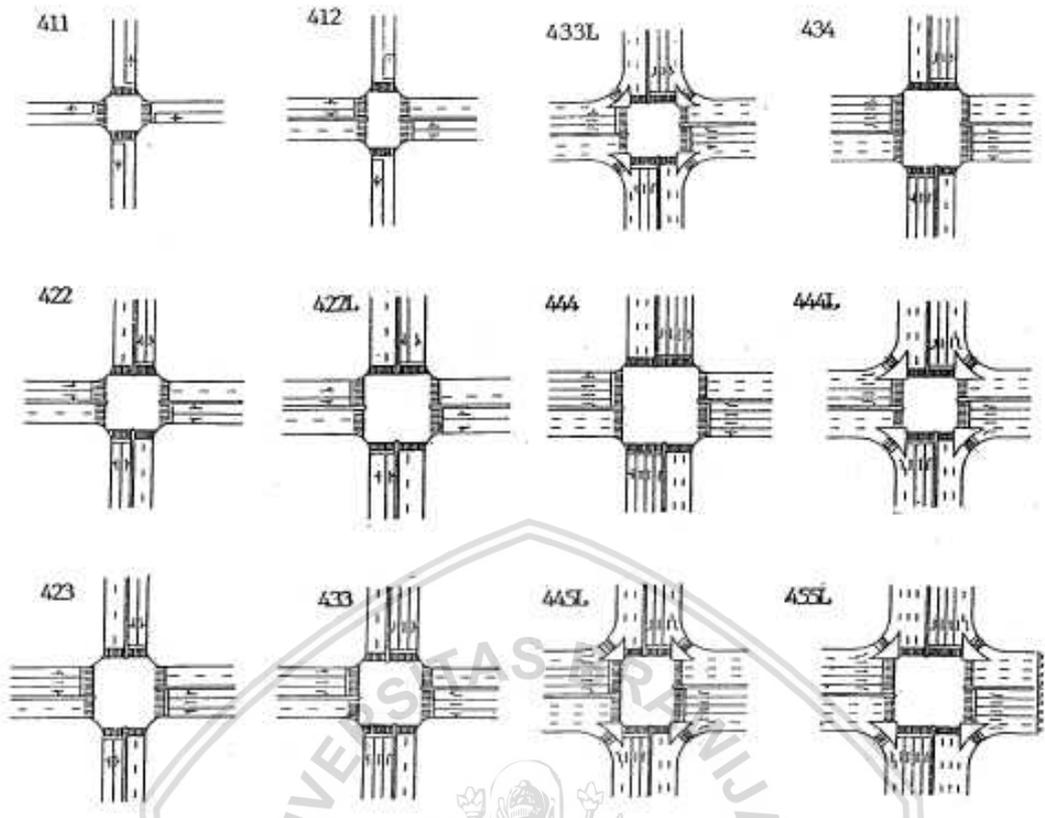
Pada *metode Webster*, asumsi dasarnya bahwa kedatangan kendaraan terjadi secara acak. Webster mengembangkan persamaan klasik untuk menghitung penundaan rata-rata per-kendaraan ketika mendekati simpang, dan juga menurunkan sebuah persamaan untuk memperoleh waktu siklus optimum yang menghasilkan penundaan kendaraan minimum. Beberapa istilah digunakan adalah "arus jenuh (*saturation flow*)" dan "waktu hilang (*lost time*)".

2.2 Tipe-Tipe Simpang

Simpang pada umumnya memiliki tiga kaki (simpang tiga) ataupun empat kaki (simpang empat), namun ada juga simpang yang memiliki lebih dari empat kaki. Adapun tipe standar simpang yang dijelaskan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Tipe-tipe Simpang Tiga Kaki



Gambar 2.3 Tipe-tipe Simpang Empat Kaki

2.3 Arus Lalu Lintas Jenuh Simpang Bersinyal

2.3.1 Kelambatan dan Waktu Henti

Kondisi yang sering timbul pada simpang jalan adalah waktu operasi akan hilang dikarenakan (Hobbs, 1995) :

- a. waktu henti, seperti kendaraan menunggu gap yang memadai
- b. waktu perlambatan, seperti karena kendaraan akan memperlambat kecepatan sampai kecepatan yang sesuai atau untuk berhenti; dan
- c. waktu percepatan, seperti karena kendaraan menyelesaikan suatu gerakan untuk menambah kecepatan dari dari kecepatan arus keluar jalan sampai pada kecepatan yang sesuai untuk jalan yang dilalui.

Perhitungan waktu henti (*stopped time*) dan kelambatan (*delay*) dapat dilakukan di simpang dengan lampu lalu lintas. Persamaan untuk merumuskan waktu henti (Adam, 1936 dalam Hoobs, 1995) :

$$D = \frac{1}{Ne^{-Nt}} - \frac{t}{1 - e^{-Nt}} \dots\dots\dots (2.1)$$

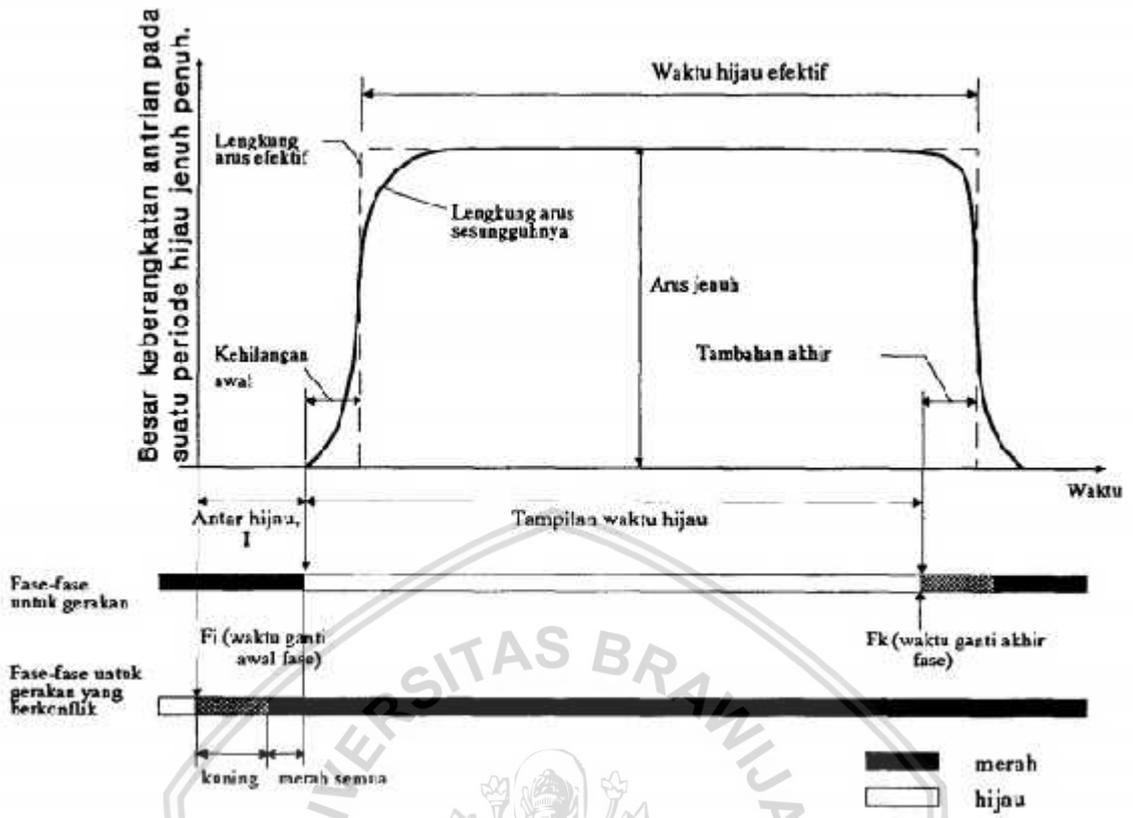
Dimana :	D	= rata-rata kelambatan tiap kendaraan (detik)
	N	= jumlah kendaraan per-detik
	t	= waktu gap yang dapat diterima untuk manuver tertentu
	e	= dasar logaritma Napierian = 2,71828

Nilai rata-rata tipikal kendaraan yang mendekat pada garis pemberhentian (*stop line*) adalah $2,4 \text{ m/det}^2$ dan waktu untuk meninggalkan adalah $1,2 \text{ m/det}^2$. Untuk kasus kendaraan yang tidak mengalami antrian pada simpang dapat diberikan bahwa waktu perlambatan dan waktu percepatan kelambatan mungkin sama atau lebih besar dibandingkan dengan waktu henti.

2.3.2 Arus Jenuh (Saturated Flow) Simpang Bersinyal

Arus jenuh untuk analisis simpang bersinyal menggunakan metode Webster. Dalam Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI), metode ini dipergunakan untuk analisis simpang bersinyal. Arus jenuh (q_s) dan waktu hilang merupakan studi pendekatan tentang Bergeraknya kendaraan melewati garis berhenti di sebuah simpang (Khisty, 1990). Ketika lampu hijau mulai menyala, kendaraan membutuhkan waktu beberapa saat untuk mulai bergerak dan melakukan percepatan menuju kecepatan normal, namun setelah beberapa detik antrian kendaraan mulai bergerak pada kecepatan yang relatif konstan. Prinsip dasar metode ini mengacu pada diagram dasar arus jenuh yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Arus jenuh adalah arus yang akan diperoleh seandainya terdapat antrian kendaraan yang kontinu dan seandainya kendaraan diberi waktu hijau 100%. Arus jenuh dinyatakan dalam kendaraan per-jam waktu hijau. Tingkat arus rata-rata lebih rendah selama beberapa detik pertama (ketika kendaraan mempercepat menuju kecepatan normal) dan juga selama lampu kuning menyala (ketika beberapa kendaraan memutuskan untuk berhenti sementara lainnya terus bergerak). Konsep ini berguna karena kapasitas akan berbanding lurus dengan waktu hijau efektif. Secara grafis berarti menggantikan kurva di dalam gambar dengan sebuah persegi panjang yang luasnya sama. Selisih antara waktu hijau efektif dengan periode gabungan hijau dan kuning disebut sebagai waktu hilang.



Gambar 2.4 Model Dasar Untuk Arus Jenuh
 Sumber : MKJI (1997:2-12)

Arus jenuh (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan factor penyesuaian untuk persimpangan dengan kondisi sebenarnya. Arus jenuh dipengaruhi oleh jumlah lajur dan factor-faktor koreksinya dan dinyatakan sebagai berikut (MKJI, 1997) :

$$S = S_0 F_{CS} F_{SF} F_G F_P F_{RT} F_{LT} \text{ smp/jam-hijau} \dots \dots \dots (2.2)$$

- Dimana :
- S_0 = arus jenuh dasar (smp/jam-hijau)
 - f_{CS} = faktor ukuran kota
 - f_{SF} = faktor hambatan samping
 - f_G = faktor kelandaian
 - f_P = faktor kendaraan parkir
 - f_{RT} = faktor kendaraan belok kanan
 - f_{LT} = faktor kendaraan belok kiri

Untuk pendekatan terlindung, arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekatan (W_e), yaitu (MKJI, 1997 : 2-13) :

$$S_0 = 600 \times W_e \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Arus jenuh dianggap tetap sama selama waktu hijau, dimana seperti telah dijabarkan di atas bahwa kenyataannya arus bergerak dari nol sampai puncak dan kembali nol lagi. Waktu puncak dicapai dari arus berangkat nol dicapai sekitar 10 – 15 detik (MKJI, 1997 : 11).

2.3.3 Waktu Hilang (*Loss Time*)

Antrian kendaraan yang tertahan lampu lalu lintas dan kemudian mendapatkan hak jalan disimulasikan dalam Gambar 2.4. Luas area di bawah kurva Gambar 2.4 menyatakan jumlah kendaraan yang keluar (dari antrian) selama periode tersebut, dan bila jumlah ini dibagi dengan arus jenuh, maka bilangan yang dihasilkan adalah jalur lampu hijau yang efektif. Ini lebih kecil dibanding waktu hijau ditambah waktu kuning, yaitu luas di bawah kurva digantikan oleh segiempat yang luasnya sama, dengan menganggap bahwa lewatnya kendaraan tetap sama tetapi arus mengalir pada laju yang konstan selama periode hijau yang efektif.

Selama satu fase, antara jumlah waktu hijau (k) dan waktu kuning (a) dikurangi waktu hijau efektif (g), disebut sebagai waktu hilang (*lost time, l*). Umumnya tidak terdapat pada fase lain untuk lewatnya kendaraan dan dapat ditulis sebagai rumus berikut (Hobbs, 1995) :

$$l = k + a - g \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Bila (b) menyatakan jumlah kendaraan rata-rata yang keluar selama fase jenuh, dengan arus jenuh (S), maka waktu hijau efektif (g), sama dengan $\frac{b}{S}$.

Besarnya waktu hilang ini berubah-ubah, tergantung pada kondisi tempat dan faktor-faktor lain, pada kondisi umum, besarnya sekitar 2 detik, tetapi berkisar dari hampir 0 sampai 7 atau 8 detik pada tempat-tempat yang sulit dengan kemiringan tajam. Semakin bertambah pada setiap perubahan fase, waktu hilang total per-siklus yang ditimbulkan oleh tundaan awal dan turunnya laju pengeluaran, adalah nl bila ada n fase ($l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$).

Selain itu, pada beberapa keadaan, ada unsur lain dari waktu hilang. Karena beberapa sebab, yang akan dibahas kemudian, perlu mempunyai sinyal pada semua fase yang menunjukkan merah, atau merah/kuning bersama-sama. Waktu ini juga hilang pada simpang jalan karena tidak ada kendaraan yang bergerak. Bila unsur waktu hilang ini adalah R , maka waktu hilang total per siklus adalah :

$$L = nl + R = \sum (l - a) + \sum l \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- n = jumlah fase
- L = waktu hilang rata-rata per fase, karena inersia antrian
- R = waktu hilang per-siklus, karena warna serentak merah atau merah dan merah/ kuning pada semua fase
- l = periode pergantian hijau
- a = periode kuning.

2.4 Survai Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal

Data dan informasi atas karakteristik sistem lalu lintas dikumpulkan dengan melakukan survai lalu lintas, selanjutnya diidentifikasi permasalahan yang ada sehubungan dengan desain dan pengoperasian prasarana serta penyebabnya. Survai lalu lintas merupakan bagian studi lalu lintas untuk (Abubakar,dkk,1999):

- a. Memberikan informasi dasar sehubungan dengan perencanaan dan desain fasilitas/prasarana lalu lintas
- b. Membantu pengoperasian lalu lintas dengan mengidentifikasi kebutuhan fasilitas lalu lintas
- c. Menentukan karakteristik dasar lalu lintas.

Jenis dan metoda teknik dalam survai lalu lintas ditunjukkan seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis dan Teknis Survai Dalam Lalu Lintas

Jenis Survai	Metoda/Teknik
<ul style="list-style-type: none"> • Inventarisasi jalan 	Inventarisasi jaringan jalan
<ul style="list-style-type: none"> • Arus lalu lintas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Volume ➤ Klasifikasi kendaraan ➤ Pergerakan membelok ➤ Jumlah penumpang perkendaraan ➤ Pejalan kaki
<ul style="list-style-type: none"> • Berat dan dimensi 	Pengukuran berat dan dimensi kendaraan
<ul style="list-style-type: none"> • Parkir 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Di pinggir jalan ➤ Diluar jalan

2.4.1 Survai Inventarisasi

Survai ini bertujuan untuk memperoleh karakteristik lokasi simpang. Karakteristik lokasi ini sebagai masukan untuk penentuan kinerja simpang atau analisis lainnya. Hal-hal penting yang diinventarisir meliputi (Abubakar,1999:71) :

- 1) Data geometrik simpang
 - Lokasi simpang (nama ruas jalan kaki-kaki simpang) dan orientasi terhadap utara
 - Jumlah kaki simpang
 - Jumlah dan lebar lajur untuk masing-masing kaki simpang
 - Jari-jari kelengkungan pada ujung-ujung kaki simpang
 - Besar sudut dan jarak antar kaki simpang
 - Jumlah dan lebar fasilitas pejalan kaki(trotoar)
 - Dimensi dan tata letak dari pulau-pulau lalu lintas atau bundaran
- 2) Data rambu lalu lintas
 - Jenis dan kondisi rambu
 - Posisi rambu terhadap tepi perkerasan dan mulut kaki simpang
- 3) Data marka jalan
 - Jenis dan dimensi serta kondisi marka
 - Lokasi marka terhadap tepi perkerasan
 - Jarak garis henti antar kaki simpang yang berhadapan
 - Ketersediaan zebra cross pada simpang
- 4) Data lampu lalu lintas
 - Jenis, jumlah dan kondisi lampu lalu lintas

Pengaturan lampu lalu lintas (waktu siklus, jumlah fase, waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah setiap kaki simpang)

2.4.2 Survai Arus Jenuh

Nilai arus jenuh diperlukan untuk perhitungan periode waktu lampu lalu lintas. Nilai arus jenuh untuk perhitungan kapasitas simpang sangat diperlukan apabila standar yang ada tidak sesuai untuk diterapkan pada simpang yang bersangkutan karena perbedaan karakteristik lalu lintas, bentuk geometrik simpang yang bersangkutan tidak standar maupun adanya perlakuan khusus pada sebuah simpang sehingga mengakibatkan tidak dapat digunakan standar yang telah ditetapkan.

Arus jenuh pada simpang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah:

- 1) Kondisi permukaan jalan
- 2) Proporsi kendaraan yang membelok
- 3) Radius belokan
- 4) Persentase tanjakan atau turunan
- 5) Posisi lajur
- 6) Lebar lajur
- 7) Jumlah lajur pada garis henti

2.5 Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (MKJI, 1997). Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{g}{c} \dots \dots \dots (2.6)$$

- Dimana :
- C = Kapasitas (smp/jam)
 - S = Arus jenuh (smp/jam hijau)
 - g = Waktu hijau (detik)
 - c = Waktu siklus

2.6 Tundaan Simpang

Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpang (MKJI, 1997). Tundaan pada simpang bisa terjadi karena dua hal:

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

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dihitung sebagai:

$$D = DT + DG \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

D = Tundaan rata-rata lengan simpang/pendekat (det/smp)

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata lengan simpang (det/smp)

DG = Tundaan geometri rata-rata lengan simpang (det/smp)

2.7 Countdown Timer

Countdown timer adalah instrumen tambahan sebagai penunjuk informasi waktu sinyal APILL, alat ini digunakan untuk meningkatkan kinerja pelayanan dan keselamatan lalu lintas pada simpang bersinyal. Penempatan peralatan ini beragam (ditengah-diatas atau disamping kiri jalan), begitu pula untuk ukurannya. Berdasarkan sasaran penggunaannya, ada 2 jenis *countdown timer*. Yaitu *countdown timer* ditujukan kepada pengemudi kendaraan dan untuk pejalan kaki yang hendak menyeberangi ruas jalan atau pada simpang. Dengan adanya *countdown timer*, pengendara maupun penyeberang jalan dapat mengambil keputusan yang tepat pada saat memasuki zona dilema. Pada saat sinyal menunjukkan merah, pengendara dapat menunggu dengan nyaman dan bersiap-siap untuk menjalankan kendaraannya pada waktu counter sudah mendekati angka nol (0). Sedangkan bagi penyeberang jalan, mereka akan mudah mengambil keputusan apakah akan menyeberang atau menunggu lampu sinyal merah berikutnya.

Keuntungan pemasangan *countdown timer* ini adalah:

1. Memberikan informasi waktu secara real time (dalam detik) dan siklus lampu merah/kuning/hijau.

2. Pengendara dan penyeberang jalan mendapatkan informasi yang akurat lama waktu tersisa dari sinyal merah atau hijau, sehingga bisa menentukan keputusan dengan tepat untuk bergerak melintasi persimpangan.



Gambar 2.5 Perkembangan Model *Countdown Timer*

2.8 Metode *Time Slice* Dalam Pengukuran Arus Jenuh

Metode *time slice* adalah salah satu metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran arus jenuh pada simpang bersinyal yang dikembangkan oleh Road Research Laboratory, 1963 yang tercantum dalam "*Road Note 34, A Method of Measuring saturation Flow at Traffic Signal*" (Salter, 1976). Metode ini mengukur rata-rata kendaraan yang melewati garis henti ketika periode sinyal hijau berlangsung dan membaginya berdasarkan potongan waktu (*time slice*) dengan interval yang lebih kecil (misalnya per enam detik). Kendaraan yang melewati garis henti setelah periode sinyal hijau berakhir tidak disertakan dalam data arus jenuh.

Periode hijau pada metode *time slice* adalah periode tampilan waktu sinyal hijau ditambahkan dengan periode tampilan sinyal kuning. Nilai arus jenuh didapatkan dalam rata-rata arus kendaraan yang pada periode hijau tanpa menyertakan interval *time slice* awal dan akhir. Apabila di dalam suatu periode hijau arus lalu lintas yang jenuh menjadi normal (tidak jenuh) maka tidak diikutkan dalam perhitungan arus jenuh.

2.9 Teknik Pengujian Data

2.9.1 Uji Normalitas

Tujuan dilakukan uji normalitas terhadap serangkaian data adalah untuk mengetahui apakah populasi data berdistribusi normal atau tidak. Variabel yang baik tentunya sampel berdistribusi normal. Untuk menguji sampel berdistribusi normal atau tidak dapat dilakukan dengan:

1) Analisis Grafik

Metode ini merupakan cara termudah untuk melihat normalitas yaitu dengan melihat histogram yang membandingkan antara data observasi dengan distribusi yang mendekati distribusi normal. Metode ini kurang menguntungkan apabila untuk jumlah data yang kecil.

Cara lain adalah dengan meninjau normal probability plot yang membandingkan distribusi kumulatif dari data sesungguhnya dengan distribusi kumulatif dari distribusi normal. Menggunakan software aplikasi statistik SPSS dapat dilihat grafik normal Q-Q plot. Dari grafik Q-Q plot tersebut apabila penyebaran data berada di sekitar garis diagonal dan mengikuti garis diagonal maka dapat dinyatakan bahwa dari model tersebut telah terdistribusi normal.

2) Analisis Statistik

Uji statistik untuk menguji normalitas adalah Kolmogorv-Smirnov Test. Pengujian normalitas dengan metode kolmogorov-smirnov dapat dilakukan menggunakan software aplikasi statistik SPSS. Apabila nilai signifikansi yang didapat adalah lebih besar dari kriteria pengujian maka data yang dianalisa berdistribusi normal, dan apabila sebaliknya maka data berdistribusi tidak normal.

2.9.2 Uji Data Ekstrim (*Outlier*)

Uji data ekstrim merupakan uji statistik yang dilakukan untuk mengetahui adanya data yang berbeda atau menyimpang secara nyata atau terlalu jauh. Maka untuk analisa selanjutnya bagian data tersebut dapat dihilangkan. Parameter atau kriteria suatu data dinyatakan ekstrim bergantung kepada peneliti berdasarkan dengan kriteria atau koridor dalam penelitian tersebut. Uji outlier dapat dilakukan dengan menampilkan grafik data baik dalam bentuk scatter plot maupun boxplot. Analisis untuk pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan software aplikasi statistik SPSS.

2.9.3 Uji Perbedaan Dua Variabel

Uji perbedaan adalah salah satu teknik analisis statistik inferensial yang dapat digunakan untuk menguji hipotesis sebagai tahapan untuk penarikan interpretasi/kesimpulan. Analisis ini digunakan untuk menguji ada dan tidaknya perbedaan antar variabel yang diteliti. Interpretasi dari analisis dapat dikatakan apakah perbedaan itu cukup berarti (signifikan) atau tidak. Analisis perbedaan dengan dua variabel dapat menggunakan teknik statistika inferensial yaitu uji-t (*t-test*) untuk kategori sampel kecil dan uji-z (*z-test*) untuk sampel besar atau uji chi-square (Subana,dkk,2000)

Analisis statistik uji beda merupakan tes statistik untuk menguji ada dan tidaknya perbedaan dua perlakuan atau dua sampel yang berbeda prinsip membandingkan mean (rata-rata) nya. Dua sampel berpasangan diartikan sebagai sebuah sampel dengan subyek yang sama atau serupa namun mengalami perlakuan atau pengukuran yang berbeda (santoso,2001:222).

Analisis uji beda digunakan untuk menguji hipotesis nol, yaitu menyatakan tidak adanya perbedaan signifikan antara dua rata-rata (mean) kondisi sampel yang diperbandingkan. Tahapan umum dalam pengujian ini adalah:

1. Merumuskan hipotesis nol (H_0) sesuai dengan tujuan penelitian
2. Menentukan ukuran sampelnya, apakah termasuk kategori sampel besar atau kategori sampel kecil.
3. Menguji normalitas sebaran data setiap kelompok
4. Apabila sebaran datanya normal dapat dilanjutkan dengan uji-t atau uji-z sesuai kategori jumlah sampel.
5. Apabila sebaran data normal, tetapi varian data tidak homogen, maka pengujian perbedaan dua rata-rata(mean) ditempuh dengan analisa uji-t.
6. Jika dalam pengujian normalitas dijumpai salah satu kelompok data (sampel) tidak normal, maka pengujian dilakukan dengan analisa tes statistik nonparametrik.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan tentang kapasitas simpang dan kinerja simpang digunakan sebagai pendukung atau juga pembanding pada penelitian ini. Selain penelitian tentang kapasitas dan kinerja simpang, juga yang berkaitan dengan *countdowntimer* telah dilakukan sebelumnya di berbagai negara dengan metode yang

beragam. Dari penelitian-penelitian tersebut telah dihasilkan berbagai kesimpulan sesuai dengan tujuannya.

Kara M. Kockelman and Raheel A. Shabih (2000) menganalisis dampak jenis kendaraan truk ringan (*Light Duty Truck*) terhadap kapasitas simpang bersinyal. Yang dikategorikan dalam kendaraan truk ringan adalah sport utility vehicle (SUV), pickup, dan van, dengan karakteristik berat kendaraan dibawah 8500 pound dan memiliki dimensi 10% lebih lebar dari mobil penumpang. Untuk memprediksi dampak LDT terhadap kapasitas persimpangan, penelitian ini memperhitungkan perbedaan headway dalam arus jenuh antara kendaraan penumpang dengan LDT pada simpang bersinyal. Data dikumpulkan di dua persimpangan di Austin, Texas. Metode yang digunakan untuk menganalisis data lalu lintas yang terkumpul adalah pengukuran lama waktu sejak kendaraan pertama dalam antrian mulai bergerak sampai saat poros (as) belakang kendaraan terakhir dalam antrian melintasi garis henti. Hanya kendaraan yang berhenti total sebelum sinyal berubah hijau dianggap dalam antrian. Di setiap antrian, jumlah berbagai jenis kendaraan dicatat, juga tipe kendaraan yang menempati posisi pertama dalam antrian. Hanya satu jalur data antri yang dipertimbangkan untuk setiap pengamatan yang berbeda. Persamaan regresi dirumuskan berdasarkan keterkaitan beda jarak(headway) dengan jenis kendaraan yang dikategorikan dalam truk ringan/LDT. Persamaan ini memprediksi total waktu tempuh yang dibutuhkan oleh antrian kendaraan berdasarkan jumlah dan jenis kendaraan yang ada. Kemudian kapasitas persimpangan bisa ditentukan, asalkan komposisi lalu lintas sudah diketahui. Kesimpulan dari penelitiannya adalah LDT sangat mempengaruhi kapasitas simpang bersinyal, dengan rata-rata LDT menempati ruang 1.2 mobil penumpang dalam lalu lintas, kecenderungan negara dengan pangsa 50% dari LDT diperkirakan akan menyebabkan penurunan kapasitas lalu lintas seluruh jaringan persimpangan sebesar 10%. Jika kendaraan pertama dalam antrian adalah truk ringan/LDT, biasanya kendaraan ini membutuhkan waktu lebih lama untuk melewati garis henti daripada mobil penumpang. Dalam kasus arah pergerakan jalan lurus, belok kiri, dan belok kanan, pergerakan awal LDT diperkirakan menyumbang sekitar 20% lebih banyak untuk waktu hilang daripada pergerakan awal pada mobil penumpang. Dalam kasus pergerakan belok kanan, SUV diperkirakan memberi kontribusi hingga 90% lebih banyak waktu hilang daripada pergerakan awal mobil penumpang. Hal ini dapat dikaitkan dengan rasio *power-to-weight* yang lebih rendah untuk SUV (dan LDT pada umumnya) dan juga radius putar yang kecil yang disediakan untuk kendaraan bergerak belok kanan, sedangkan jarak sumbu roda SUV

relatif lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa truk ringan membutuhkan headways yang lebih panjang dari pada mobil penumpang dan harus dipertimbangkan secara terpisah saat menentukan kapasitas simpang bersinyal.

F.A. Kidwai (2005) melakukan penelitian pada satu persimpangan di Kuala Lumpur, Malaysia, untuk mengetahui pengaruh *countdowntimer* terhadap perilaku pengemudi dan kapasitas persimpangan. Pengumpulan data dilakukan pada satu simpang yang sama saat sebelum dan setelah *countdowntimer* dipasang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *countdowntimer* hanya memiliki pengaruh terhadap kapasitas. Nilai kapasitas pendekat rata-rata antara yang menggunakan dan tidak menggunakan perangkat *countdowntimer* hampir mendekati dengan hasil perhitungan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Raya Amerika Serikat.

Pada penelitian M.R. Ibrahim (2008) dengan judul *The Effect of Digital Count-down Display on Signalized Junction Performance*. Lokasi penelitian pada 6 simpang bersinyal di Malaysia. 6 Simpang itu terdiri dari 3(tiga) simpang yang dilengkapi *countdowntimer* dan 3 simpang tanpa *countdowntimer*. Pemasangan *countdowntimer* di Malaysia tidak berpengaruh signifikan terhadap tundaan dan waktu henti kendaraan pada garis henti (*stopline*). Tetapi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *headway* untuk semua mobil dalam antrian.

Menurut penelitian Chiou & Chang (2009), penggunaan *countdowntimer* dapat mengurangi rasio terlambat berhenti dan zona dilemma meningkat sekitar 28m. Zona dilemma simpang bersinyal adalah 30m dan meningkat menjadi 58m setelah ditambahkan alat *countdowntimer*. Lokasi penelitian adalah dua simpang bersinyal di Kota Taipei, China. Pemakaian alat ini dapat mengurangi tundaan (*delay*) keberangkatan arus dan *headway* arus jenuh, tetapi mengakibatkan keputusan yang tidak konsisten antara kendaraan yang saling berdekatan untuk melintasi persimpangan, sehingga berpotensi menyebabkan tabrakan belakang.

Sulistiyono,dkk. (2010) melakukan penelitian di persimpangan pada jalur-jalur utama di Jawa Timur. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa *countdowntimer* mampu meningkatkan besaran arus jenuh. Keberangkatan awal kendaraan terjadi 3 detik sebelum awal hijau. Puncak arus jenuh terjadi pada interval kedua (9-15 detik) atau ketiga (15-21 detik). Waktu hilang yang terjadi adalah 3,14 detik, lebih kecil dibandingkan waktu hilang pada MKJI yaitu sebesar 4,8 detik, dengan waktu tambahan akhir adalah 1,45 detik.

R. Prasanna Kumar (2012) melakukan penelitian dengan mengukur tingkat tundaan untuk menentukan tingkat pelayanan simpang bersinyal. Lokasi penelitian adalah lima simpang bersinyal di Kota Tamil Nadu, India. Karakteristik simpang yang diteliti adalah simpang dengan empat kaki simpang, empat fase dan diijinkan belok kiri langsung (LTOR). Lalu lintasnya heterogen dan kurang disiplin lajur. Komposisi lalu lintas terdiri dari sebagian besar kendaraan bermotor roda dua, sebagian kecil mobil dan proporsi kendaraan berat yang sangat kecil. Pengukuran arus jenuh dilakukan langsung di lapangan dan dinyatakan dalam satuan PCU(*passenger car unit*)/jam. Penghitungan arus jenuh dimulai setelah 3 detik awal hijau. Dari hasil analisa, terdapat perbedaan yang cukup tinggi antara tundaan *eksisting* dengan tundaan yang dihitung secara teoritis. Sehingga untuk menentukan tingkat pelayanan/*level of service* simpang menggunakan nilai tundaan lapangan. Tiga simpang dengan LOS "B" masing-masing memiliki nilai tundaan 23,11 s/pcu, 26,71 s/pcu dan 22,05 s/pcu. Sedangkan dua simpang dengan kriteria LOS "A" nilai tundaannya adalah 14,64 s/pcu dan 13,53 s/pcu.

Hasil penelitian dari Sulistyono hampir sama dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Wenbo (2013) di Kota Guangzhou, China. Penelitian dilakukan dengan merekam pergerakan kendaraan pada 2 persimpangan bersinyal saat sebelum dan sesudah *countdowntimer* dipasang. Arus jenuh meningkat sekitar 5% - 10% pada saat menggunakan *countdowntimer*. Headway antara kendaraan pertama dan kedua dalam antrian mengalami penurunan signifikan antara 0,2 detik - 0,7 detik. Tetapi efek terhadap penurunan *headway* sudah tidak tampak signifikan terhadap kendaraan ketiga dan terus berkurang untuk kendaraan berikutnya. Pengaruh dari *countdowntimer* tampak lebih signifikan terjadi pada waktu puncak siang hari dari pada waktu puncak malam hari.

Li (2013) melakukan penelitian tentang waktu persepsi-reaksi pengemudi terhadap sinyal hijau *countdowntimer* di China. Metode yang digunakan berbasis pengolahan citra digital untuk mengukur waktu persepsi-reaksi pengemudi terhadap fase hijau. Waktu persepsi-reaksi pengemudi dibandingkan antara frame awal sinyal hijau dan frame pergerakan awal kendaraan dibagi dengan frame rate video. Kemudian dianalisa perbandingan waktu reaksi pengemudi dengan dan tanpa *countdowntimer*. Hasil yang diperoleh adalah waktu reaksi-persepsi pengemudi menurun dari 2,12 detik menjadi 1,48 detik dengan menggunakan *countdowntimer*. Penurunan waktu tersebut menunjukkan bahwa penambahan *countdowntimer* cenderung membuat pengemudi lebih agresif.

Papaioannou (2014) melakukan penelitian pada 2 (dua) persimpangan dengan karakter yang sama dan jaraknya saling berdekatan di salah satu kota Yunani Utara. Hanya pada persimpangan pertama yang ditambahkan *countdowntimer*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan *countdowntimer* cenderung membuat pengemudi lebih agresif, karena mereka menunggu awal fase hijau. Pelanggaran awal sinyal yang terjadi pada persimpangan dengan *countdowntimer* adalah 24%, lebih banyak jika dibandingkan dengan pelanggaran yang terjadi pada persimpangan tanpa *countdowntimer* yaitu hanya 1%. Di sisi lainnya, *countdowntimer* membuat pengemudi lebih mempersiapkan diri ketika waktu hijau akan berakhir. Persentase kepatuhan pengemudi terhadap *countdowntimer* untuk melintasi persimpangan lebih dari 15%.

Jayesh Rameshbhai Juremalani (2015) menyimpulkan perbedaan utama antara negara maju dan berkembang adalah sifat/karakter lalu lintas. Di negara maju, karakter lalu lintas cenderung homogen, sedangkan pada negara berkembang karakter lalu lintasnya heterogen. Tingkat arus jenuh ditentukan menggunakan metode HCM 2000 dan disarankan melakukan beberapa modifikasi sesuai dengan karakter wilayah studi. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa semua model tundaan menunjukkan hasil yang serupa untuk simpang bersinyal dengan volume lalu lintas rendah ($v/c < 1$), namun terjadi peningkatan perbedaan perbedaan karena volume lalu lintas mendekati tingkat kejenuhan ($v/c > 1$). Konsistensi model tundaan harus dievaluasi untuk pendekatan multi lajur dan simpang yang terkoordinasi. Dampak berbagai perilaku pengemudi juga harus diteliti, karena hal ini bisa mempengaruhi arus jenuh yang digunakan pada berbagai model tundaan serta jumlah waktu hilang setiap siklus akibat waktu reaksi pengemudi.

Huynh Duc Nguyen (2016) menjelaskan hasil analisis arus jenuh yang komprehensif pada persimpangan bersinyal di kota-kota yang bergantung pada kendaraan sepeda motor. Arus lalu lintas dalam kondisi campuran dimana proporsi motor lebih dari 90%, dan volume sepeda motor yang ekstrem mempengaruhi kinerja jenis kendaraan lainnya. Dibandingkan dengan mobil dan kendaraan roda 4 lainnya, sepeda motor memiliki karakteristik tertentu pada persimpangan bersinyal. Sepeda motor dianggap sebagai kendaraan bermotor terkecil, dimensi sepeda motor yang digunakan di Vietnam adalah lebar (0,65m-0,8m), panjang (1,8m-2m), tinggi (1m-1,2m). Selain itu, percepatan dan perlambatan sepeda motor jelas lebih tinggi dari pada mobil atau bus. Apalagi karena struktur dan bentuk sepeda motor, pengendara sepeda motor memiliki pandangan yang

lebih luas mengenai lingkungan lalu lintas disekitarnya dan lebih fleksibel dibanding pengemudi mobil. Ini membantu pengendara sepeda motor untuk merespon lebih cepat terhadap perubahan kondisi lalu lintas, dan menjadi lebih fleksibel dibanding mobil. Sebelas persimpangan bersinyal dipilih untuk mengumpulkan database. Semuanya dilakukan di daerah perkotaan di Ho Chi Minh City, VietNam. Kendaraan dikategorikan menjadi tiga jenis seperti sepeda motor, mobil dan bus. Tidak ada truk selama periode survai di daerah perkotaan karena peraturan larangan truk melintas, jadi truk tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini. Teknik pengumpulan data dengan menggunakan kamera yang terpasang pada posisi tinggi di dekat persimpangan untuk merekam arus lalu lintas. Jam puncak siang hari dipilih untuk memastikan kondisi arus lalu lintas jenuh. Waktu hijau jenuh yang diamati dilakukan dari detik ke 6 sampai saat antrian kendaraan benar-benar melewati *stopline*. Durasi 6 detik pertama diabaikan untuk menghilangkan pengaruh waktu yang hilang dan kesalahan perilaku pengemudi terhadap arus jenuh. Hasilnya menunjukkan bahwa 2. Arus jenuh homogen sepeda motor pada lebar pendekat 3,5 m mendekati sekitar 11.300 MCU / jam, angka ini bahkan lebih tinggi dari 5,8 kali arus jenuh homogen mobil (1900 PCU / jam). Apalagi kalau diasumsikan okupansi sepeda motor adalah 1,2, diperkirakan arus homogen motor bisa membawa sekitar 13.000 penumpang melewati lebar pendekat 3.5m. Dengan demikian, dari segi kapasitas, motor jauh lebih efisien daripada mobil dan bahkan bus. Observasi lapangan juga menunjukkan bahwa ada fenomena penurunan kapasitas karena arus jenuh cenderung menurun ketika mendekati akhir periode waktu hijau. Tingkat penurunannya meningkat pada lebar pendekat yang lebih lebar, maka disarankan agar waktu hijau tidak terlalu lama dan lebar pendekat lajur sepeda motor jangan sampai terlalu lebar agar terhindar dari fenomena penurunan kapasitas. Pergerakan belok kanan pada sepeda motor terbukti tidak mempengaruhi arus jenuh, namun pada kendaraan roda 4 memiliki pengaruh yang signifikan terhadap arus jenuh karena akan menghambat arus motor yang melaju pada sisi kanan. Untuk pergerakan belok ke kiri pada kendaraan roda 4 juga mempengaruhi arus jenuh namun tingkatnya lebih rendah daripada efek kendaraan belok kanan. Sistem simpang bersinyal di Ho Chi Minh City sebagian besar diatur menggunakan dua fase sinyal, sehingga pengaruh dari kendaraan belok kiri terhadap arus pergerakan kendaraan dari arah yang berlawanan juga diperhatikan. Jika volume dan proporsi lalu lintas relatif rendah antara kedua arus, tidak akan ada pengaruh di antara keduanya. Tetapi ketika volume dan proporsinya tinggi maka pengaruhnya akan signifikan.

BAB 3

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

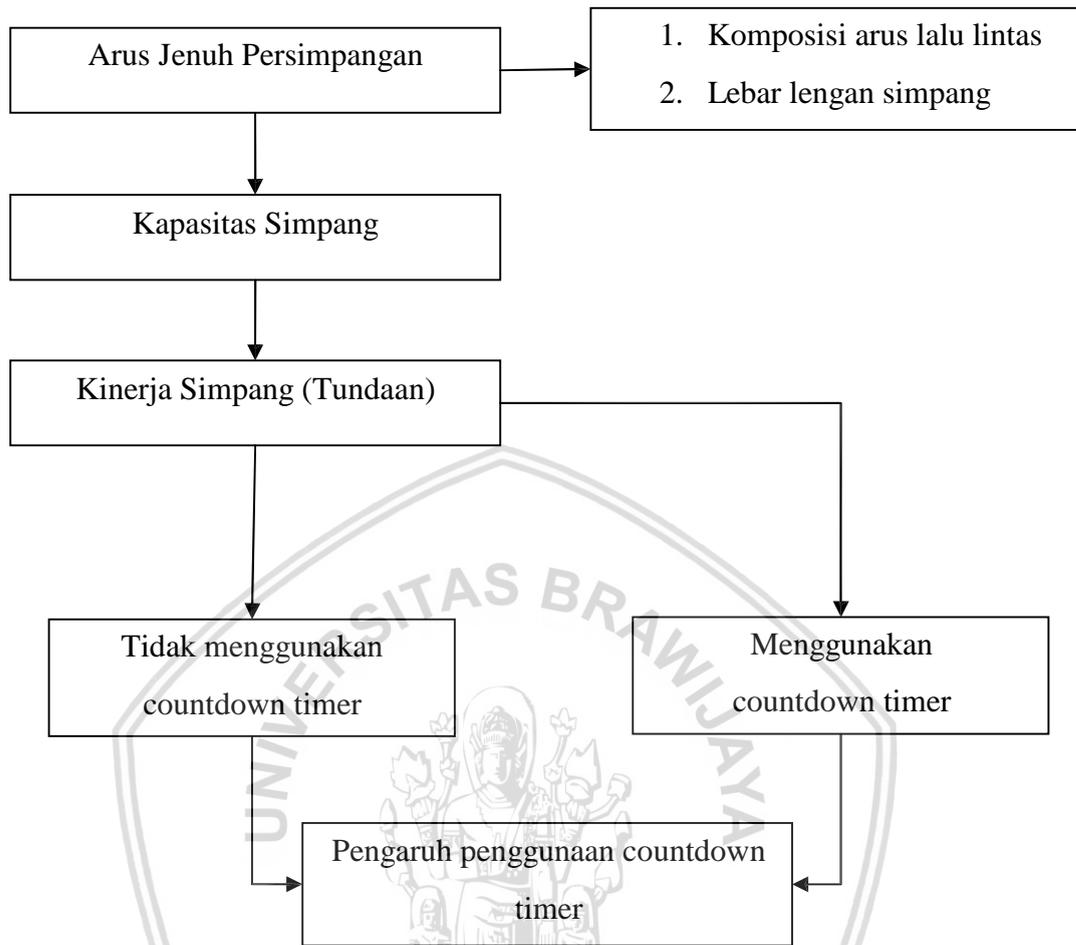
3.1 Kerangka Pemikiran

Arus jenuh adalah jumlah maksimum kendaraan yang bisa diberangkatkan dari antrian melewati mulut simpang per-satuan waktu hijau, merupakan salah satu input awal untuk penentuan waktu siklus, kapasitas dan penentuan kinerja simpang bersinyal. Kinerja simpang dalam hal ini diukur berdasarkan tundaan yang ditimbulkan dari pengaturan fase simpang.

Sehubungan dengan mengukur nilai waktu pada arus jenuh, berkaitan erat dengan laju kendaraan. Hal-hal yang juga mempengaruhi laju kendaraan dalam persimpangan adalah geometrik lengan simpang dan komposisi arus lalu lintas. Setiap jenis kendaraan memiliki kemampuan mempercepat dan memperlambat kecepatan yang berbeda. Kecepatan normal kendaraan untuk bergerak lurus dan membelok untuk melewati persimpangan juga berbeda. Sehingga pembagian lajur dalam suatu lengan simpang untuk pembagian pergerakan arus dan komposisi arus lalu lintas yang melewati juga mempengaruhi nilai arus jenuh.

Countdown timer adalah alat yang digunakan dengan tujuan untuk mereduksi waktu hilang, sehingga kapasitas dan keselamatan simpang bersinyal terpenuhi secara maksimal. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu mengetahui perbedaan arus jenuh pada penggunaan *countdown timer* berdasarkan lebar lengan simpang dan komposisi arus lalu lintas di simpang bersinyal.

3.2 Bagan Konsep Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Konsep Penelitian

BAB 4

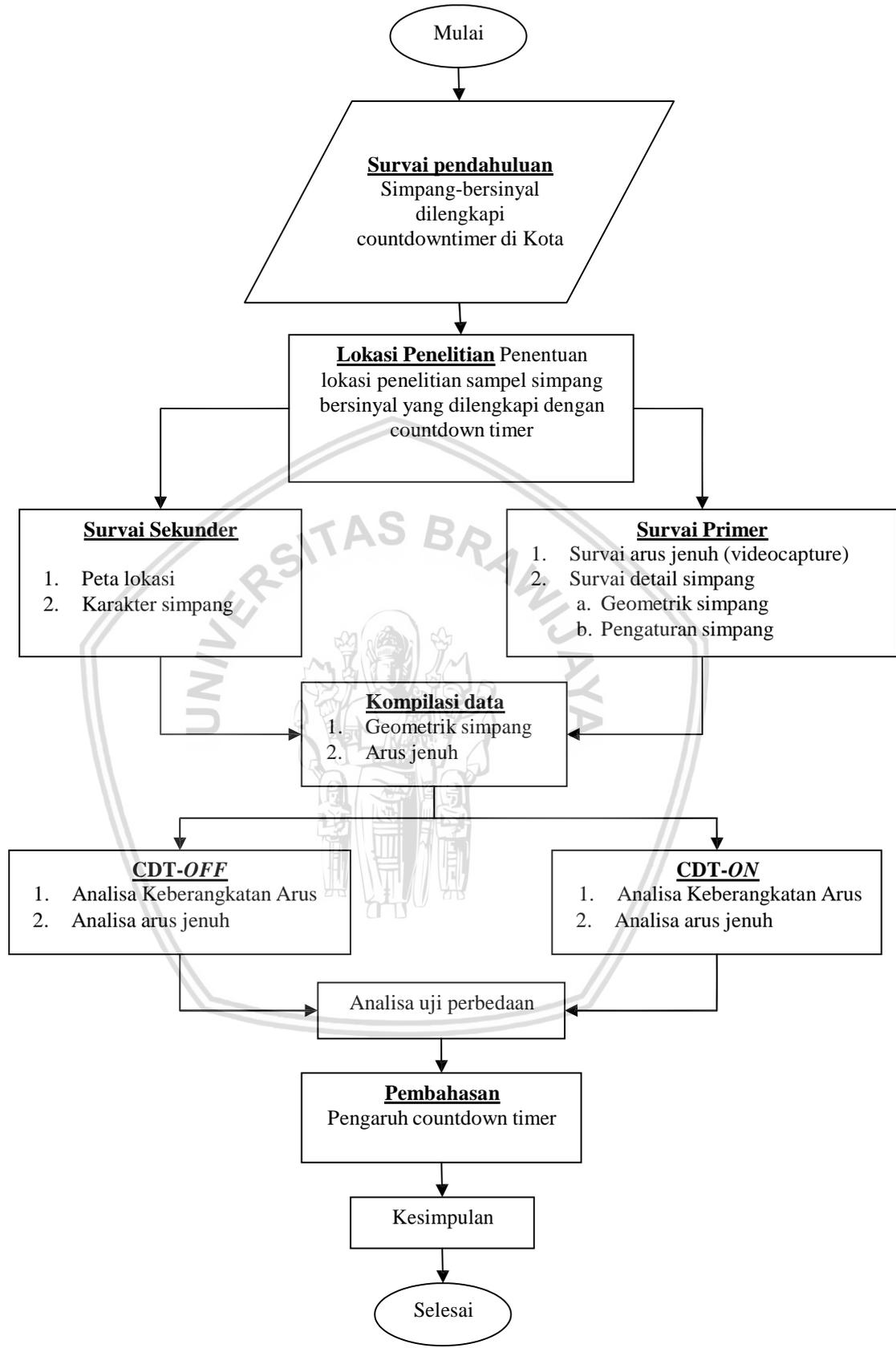
METODE PENELITIAN

4.1 Tahapan Penelitian

Sebelum dimulainya penelitian terlebih dahulu dibuat tahapan – tahapan dalam pelaksanaan penelitian dari mulainya penelitian sampai dengan selesainya penelitian yang dijelaskan dalam sebuah diagram alir seperti Gambar 4.1







Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian



4.2 Lokasi Penelitian

4.2.1 Gambaran Umum

Kota Malang dengan luas 252,10 km² berbatasan secara langsung dengan wilayah administrasi Kabupaten Malang dan Kota Batu. Bersana dengan Kota batu dan Kabupaten Malang, Kota Malang merupakan bagian dari kesatuan wilayah yang dikenal dengan Malang Raya (Wilayah Metropolitan Malang). Karena lokasi Kota Malang berada di tengah antara dua wilayah administrasi, sehingga lalu lintas di Kota Malang merupakan campuran antara arus lalu lintas perkotaan dan arus lalu lintas menerus antar kota/wilayah. Wilayah batas administrasinya sebagai berikut:

- Utara : Berbatasan dengan Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang
- Selatan : Berbatasan dengan Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang
- Barat : Berbatasan dengan Kecamatan Wagir Kabupaten Malang dan Kecamatan Dau Kota Batu
- Timur : Berbatasan dengan Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang

4.2.2 Simpang Bersinyal Kota Malang

Persimpangan Kota Malang dengan kondisi wilayahnya yang memiliki ruas jalan relatif sempit, memiliki banyak persimpangan. Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Malang, Jumlah simpang bersinyal di Kota Malang adalah 38 persimpangan, meliputi simpang 3 lengan dan simpang 4 lengan.

4.3 Survai Pendahuluan

Survai pendahuluan dilakukan untuk mengumpulkan data simpang bersinyal di Kota Malang hingga menentukan lokasi yang akan dijadikan lokasi penelitian. Kegiatan yang dilakukan dalam survai pendahuluan adalah:

- Mengetahui lokasi-lokasi simpang bersinyal di Kota Malang yang dilengkapi dengan *countdown timer*.
- Mengidentifikasi karakteristik simpang dan kondisi arus lalu lintas untuk dipakai dalam menentukan lokasi dan waktu survai yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Setelah data simpang terkumpul dan teridentifikasi kemudian ditentukan lokasi-lokasi yang menjadi sampel dari objek penelitian sesuai dengan kebutuhan data yang dibutuhkan.

4.4 Tahap Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan data sekunder dan data primer, maka jenis dan teknik pengumpulan data sekunder dan primer maupun lokasinya dijelaskan pada sub bab berikut ini.

4.4.1 Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan untuk memenuhi penelitian ini adalah:

1. Data jaringan jalan
2. Peta lokasi simpang

Data tersebut dipergunakan untuk menentukan wilayah kajian serta menentukan langkah kerja lebih lanjut dalam rangka survey-survey lalu lintas primer.

4.4.2 Data Primer

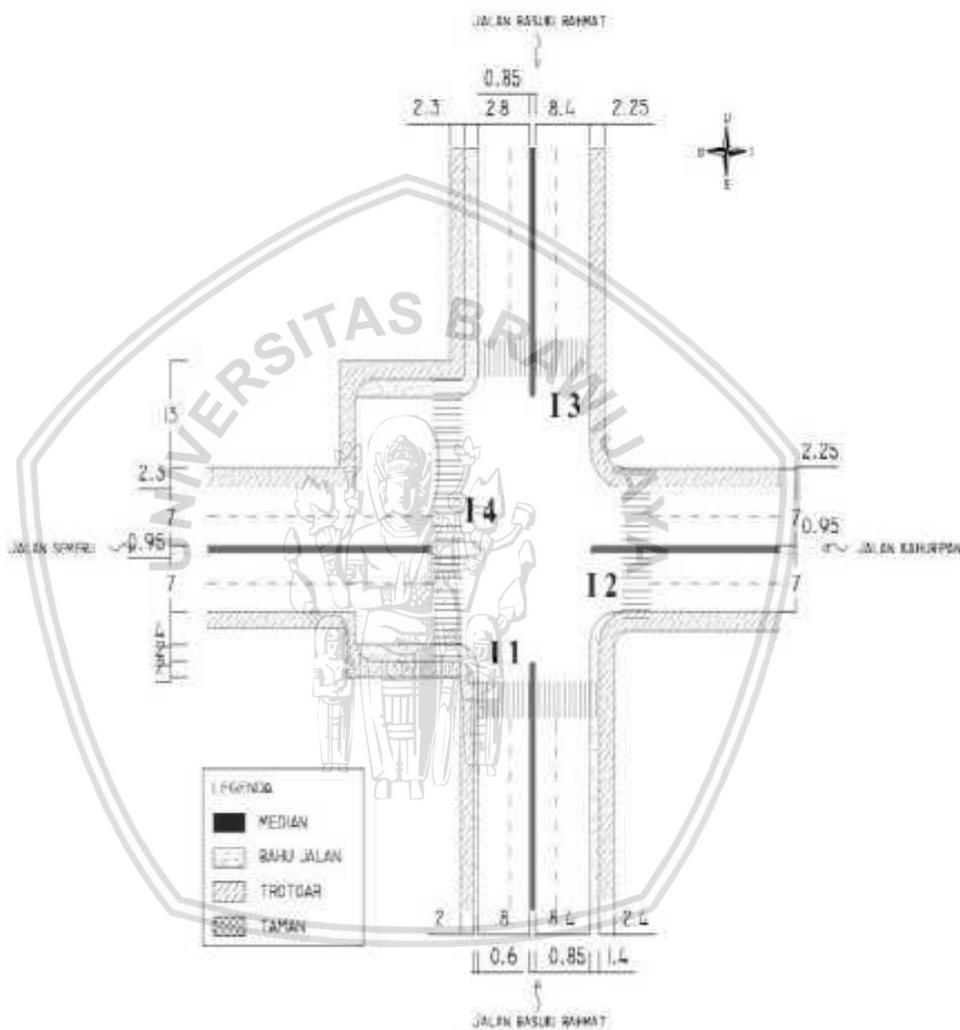
Untuk memperoleh data primer adalah dengan melakukan pengamatan/survei secara langsung dilapangan. Survei lapangan dalam kegiatan penelitian ini meliputi survei inventarisasi simpang dan survei arus jenuh. Arus lalu lintas kondisi jenuh di lapangan direkam menggunakan *digital video recorder* untuk selanjutnya hasil rekaman dilakukan pencacahan volume kendaraan.

1) Survei inventarisasi simpang

Survei ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik jalan di simpang terkait dengan kelancaran lalu lintas dan keselamatan pengguna jalan. Survei ini dilakukan langsung dengan melakukan pengukuran dan pengamatan di lapangan meliputi :

- a) Data geometrik simpang
 - Lokasi simpang
 - Jumlah Lengan simpang (nama ruas jalan kaki-kaki simpang)
 - Lebar lengan simpang
 - Besar sudut dan jarak antar lengan simpang
 - Dimensi dan tata letak dari pulau-pulau lalu lintas atau bundaran
- b) Data marka jalan
 - Jenis, dimensi dan kondisi marka
 - Lokasi marka terhadap tepi perkerasan
 - Ketersediaan zebra cross pada simpang

- c) Data lampu lalu lintas
- Kondisi lampu lalu lintas
 - Pengaturan lampu lalu lintas (waktu siklus, jumlah fase, waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah setiap kaki simpang)
- d) Letak *countdowntimer* pada kaki simpang

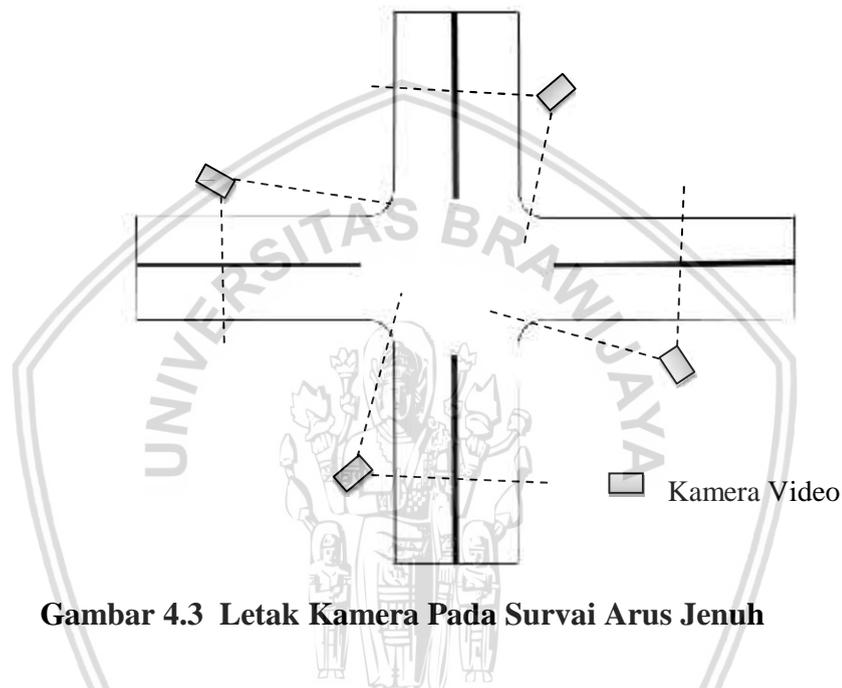


Gambar 4.2 Contoh geometrik simpang

2) Survai Arus Jenuh

Survai arus jenuh dilakukan apabila arus yang keluar dari kaki simpang dalam kondisi jenuh. Survai arus jenuh dilakukan pada setiap lengan simpang yaitu ketika kondisi *countdowntimer* tidak aktif dan diaktifkan. Pelaksanaan survai ini terbagi atas tiga tahapan, yaitu :

- a) Survai lapangan perekaman video (*video recording*)
- Peralatan menggunakan kamera video
 - Kamera video ditempatkan pada lokasi yang aman dan dapat merekam pergerakan kendaraan pada mulut kaki simpang.
 - Perekaman arus jenuh pada kaki simpang dilakukan dengan pengaturan 2(dua) kondisi. Kondisi pertama yaitu ketika *countdowntimer* berfungsi, kemudian kondisi kedua adalah *countdowntimer* tidak difungsikan.



Gambar 4.3 Letak Kamera Pada Survai Arus Jenuh

- b) *Video/image processing* hasil perekaman survai lapangan
 Hasil rekaman selanjutnya diolah (*video image processing*) sedemikian rupa sehingga memberikan kemudahan kepada surveyor untuk melakukan pengamatan dalam kompilasi data menggunakan televisi atau komputer.
- c) Pencacahan lalu lintas arus jenuh simpang bersinyal
- Surveyor melakukan pencatatan dalam formulir isian dengan mengamati hasil rekaman. Formulir isian untuk pencacahan arus seperti gambar berikut ini.

SURVAI ARUS JENUH SIMPANG BERSINYAL													DALAM KENDARAAN						
Simpang :						Hari :													
Kaki :						Tanggal :													
Kota :						Surveyor :													
INTERVAL PENGAMATAN (3 detik-an)	LIGHT VEHICLES (LV)					HEAVY VEHICLES (HV)				MOTORCYCLES (MC)		UNMOTORISED (UM)			CUACA				
	Station Sedan	Pick Up	Microlet/ Alli	Bus Sedang	Truk Kecil	Bus Besar	Truk 2 Ax	Truk 3 Ax	Gandeng Trailer	Roda 2	Roda 3	Bepeda	Becak	Andong/ Gerobak	1. Cerah	2. Gerimis	3. Mendung	4. Hujan	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
00-05:00																			
Akhir Mth/Knop																			
0 - 3																			
3 - 6																			
6 - 9																			
9 - 12																			
12 - 15																			
15 - 18																			
18 - 21																			
21 - 24																			
24 - 27																			
Knop/Aspal Mth																			

Gambar 4.4 Formulir Survai Arus Jenuh Simping Bersinyal

- Pengisian formulir dengan mencatat jumlah kendaraan yang keluar dari kaki simpang pada saat lampu sedang hijau serta arus lalu lintas dalam kondisi jenuh (tetap ada antrian pada saat lampu berubah menjadi merah).
- Pencatatan jumlah kendaraan berdasarkan klasifikasi jenis kendaraan dan dihitung dengan interval waktu 6 detik dimulai saat lampu berubah warna dari merah ke hijau sampai kendaraan terakhir melewati simpang pada periode hijau tersebut atau saat akhir lampu kuning.
- Apabila dalam satu periode pengambilan gambar terdapat waktu siklus yang berubah maka akan diproses sama

4.4.3 Lokasi dan Waktu Pengumpulan Data

Hasil dari survai pendahuluan menunjukkan jumlah simpang bersinyal yang dilengkapi dengan *countdown timer* di Kota Malang adalah 19 simpang. Lokasi simpang yang ditentukan untuk pelaksanaan pengambilan sampel memiliki kriteria:

1. Arus lalu lintas pada simpang selalu mengalami kejenuhan terutama pada jam-jam puncak
2. Terdapat tempat observasi yang relatif terbuka (tidak terhalang bangunan atau pohon) dan dekat dengan persimpangan sehingga memungkinkan untuk menempatkan alat perekam (*action camera*).
3. Memungkinkan untuk menonaktifkan dan mengaktifkan alat *countdown timer* untuk memperoleh data arus jenuh yang dibutuhkan.

Maka simpang-simpang yang ditentukan menjadi lokasi penelitian adalah:

1. Simpang PLN

Tabel 4.1 Lokasi Penelitian Simpang PLN

Lengan Simpang	Jumlah Lajur	Fungsi pergerakan	
		Lajur 1	Lajur 2
Jl. Brigjen Slamet Riyadi	2	LTOR	RT

2. Simpang Dieng

Tabel 4.2 Lokasi Penelitian Simpang Dieng

Lengan Simpang	Jumlah Lajur	Fungsi pergerakan	
		Lajur 1	Lajur 2
Jl. Raya Langsep	2	LT, ST	ST, RT
Jl. Galunggung	2	LT, ST	ST, RT
Jl. Terusan Dieng	1	LT, ST, RT	-

3. Simpang Galunggung

Tabel 4.3 Lokasi Penelitian Simpang Galunggung

Lengan Simpang	Jumlah Lajur	Fungsi pergerakan	
		Lajur 1	Lajur 2
Jl. Tidar	1	LT, ST, RT	-

4. Simpang BCA

Tabel 4.4 Lokasi Penelitian Simpang BCA

Lengan Simpang	Jumlah Lajur	Fungsi pergerakan	
		Lajur 1	Lajur 2
Jl. Semeru	2	LTOR	ST
Jl. Kahuripan	2	LTOR	ST

5. Simpang L.A. Sucipto

Tabel 4.5 Lokasi Penelitian Simpang LA. Sucipto

Kaki Simpang	Jumlah Lajur	Fungsi pergerakan	
		Lajur 1	Lajur 2
Jl. LA. Sucipto (Barat)	2	LTOR	ST, RT
Jl. LA. Sucipto (Timur)	2	LTOR	ST, RT

6. Simpang Rampal

Tabel 4.6 Lokasi Penelitian Simpang Rampal

Kaki Simpang	Jumlah Lajur	Fungsi pergerakan	
		Lajur 1	Lajur 2
Jl. Pattimura	2	LTOR	ST, RT
Jl. Urip Sumoharjo	1	LT, ST, RT	-

**Gambar 4.5 Peta lokasi penelitian**

Waktu pelaksanaan survai dalam penelitian ini dilaksanakan pada periode hari kerja, yaitu senin-kamis dan waktu aktifitas kerja ketika simpang mengalami puncak arus jenuh. Puncak pagi adalah pukul 06.00-09.00 WIB dan puncak siang 12.00-16.00 WIB. Pelaksanaan survai adalah dengan melakukan perekaman arus lalu lintas menggunakan kamera video dan untuk selanjutnya dilakukan pencacahan lalu lintas.

4.5 Tahap Analisa Data

4.5.1 Analisa Arus Jenuh

Analisis arus jenuh dilakukan pada setiap kaki simpang yang mengalami kejenuhan arus yang tinggi berdasarkan hasil dari video arus lalu lintas. Menggunakan metode *time slice* dengan berpedoman pada MKJI 1997, perhitungan volume kendaraan dilakukan setiap interval waktu 6 detik.

Pembagian jenis kendaraan dalam lalu lintas disesuaikan dengan tujuan survai. Klasifikasi jenis kendaraan digolongkan atas sepeda motor (MC/*motorcycle*), kendaraan ringan (LV/*light vehicle*), kendaraan berat (HV/*heavyvehicle*). Jenis-jenis kendaraan untuk setiap golongan meliputi:

- Sepeda motor : Sepeda motor roda 2 dan sepeda motor roda 3
- Kendaraan ringan : Station/pickup, sedan, angkutan umum, bus sedang, truk kecil
- Kendaraan berat : Bus besar, truk 2 as, truk 3 as, truk gandeng, truk tronton, trailer

Hasil perhitungan volume kendaraan setiap periode pengamatan untuk setiap kendaraan, kemudian dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan mengalikan ekuivalen kendaraan penumpang. Nilai ekuivalen mobil penumpang mengacu pada MKJI 1997, untuk setiap jenis kendaraan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Nilai Ekuivalen Kendaraan Penumpang

Jenis kendaraan	Emp tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Sepeda motor (MC)	0,2	0,4
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3

Sumber: MKJI, 1997

Arus jenuh merupakan jumlah maksimum kendaraan yang dapat melalui ujung kaki simpang setiap satuan waktu hijau. Arus jenuh pada sebuah simpang dinilai dalam satuan smp/jam-hijau. Untuk mendapatkan arus lalu lintas dalam smp/jam-hijau dari pengamatan yang sudah dilakukan dalam satuan smp/waktu-hijau adalah dengan mengalikan hasil perhitungan setiap pengamatan dengan koefisien. Maksud waktu hijau dalam satuan smp/waktu-hijau adalah meliputi waktu hijau tertayang ditambah periode waktu antara

setelah hijau (waktu kuning). Smp/waktu-hijau diperoleh dengan menjumlahkan keberangkatan arus lalu lintas selama waktu hijau tertayang dan keberangkatan arus lalu lintas pada periode antara (waktu kuning) setelah hijau. Sedangkan koefisien untuk menjadikan smp/waktu-hijau menjadi smp/jam-hijau diperoleh dengan cara besarnya waktu satu jam dalam satuan detik dibagi waktu hijau dan waktu kuning setelah hijau tertayang. Rumus untuk mendapatkan arus jenuh dalam smp/jam-hijau adalah sebagai berikut :

$$S_{smp / jam - hijau} = S_{smp / waktu - hijau} \times \left(\frac{3600}{Waktu\ hijau + Waktu\ kuning} \right) \dots\dots (4.1)$$

4.5.2 Uji Normalitas

Uji distribusi normal atau biasa disebut uji normalitas adalah uji untuk mengukur apakah data yang didapatkan memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik (statistik inferensial). Uji statistik untuk menguji normalitas adalah Kolmogorv-Smirnov Test. Pengujian normalitas dengan metode kolmogorov-smirnov dapat dilakukan menggunakan software aplikasi statistik SPSS. Apabila nilai signifikansi yang didapat adalah lebih besar dari kriteria pengujian maka data yang dianalisa berdistribusi normal, dan apabila sebaliknya maka data berdistribusi tidak normal.

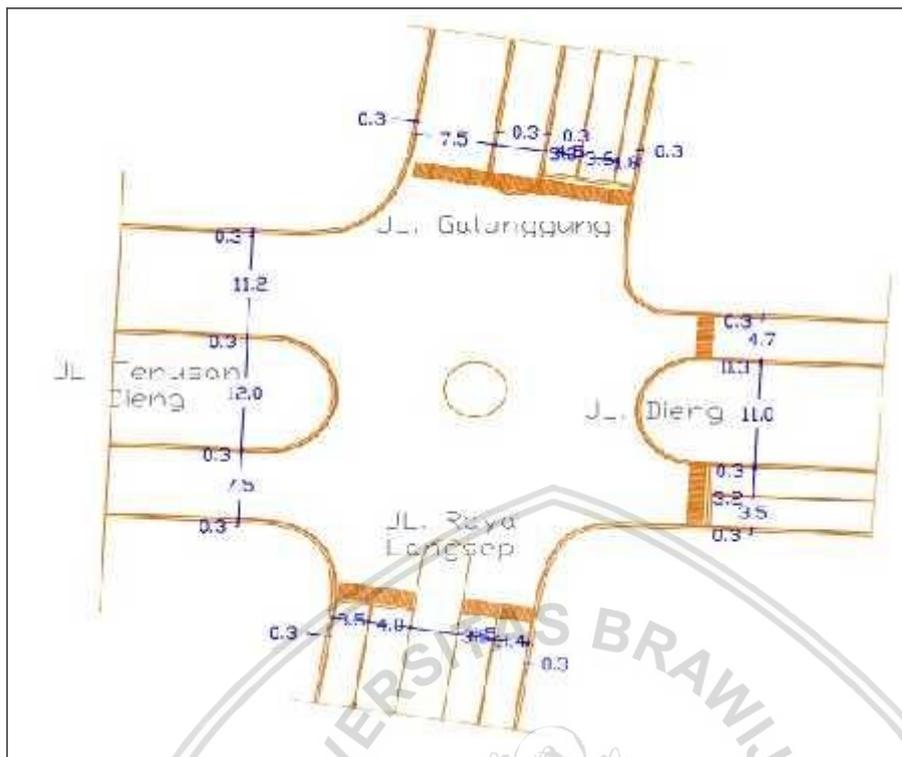
4.5.3 Uji Data Ekstrim

Data ekstrim adalah data yang muncul memiliki karakteristik unik yang terlihat sangat jauh atau beda sama sekali dengan sebagian besar nilai lain dalam kelompoknya. Uji data ekstrim (*outlier*) dilakukan dengan menampilkan grafik data baik dalam bentuk *scatter plot* maupun *boxplot*. Analisis untuk pengujian ini bisa dilakukan dengan menggunakan software aplikasi statistik SPSS.

4.5.4 Uji Beda Dua Variabel

Analisis perbedaan dengan dua variabel dapat menggunakan teknik statistika inferensial yaitu *paired sample t-test* dengan target jumlah sampel minimal 30. Uji beda dua variabel dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara nilai arus jenuh saat *countdown timer* tidak aktif dan aktif.

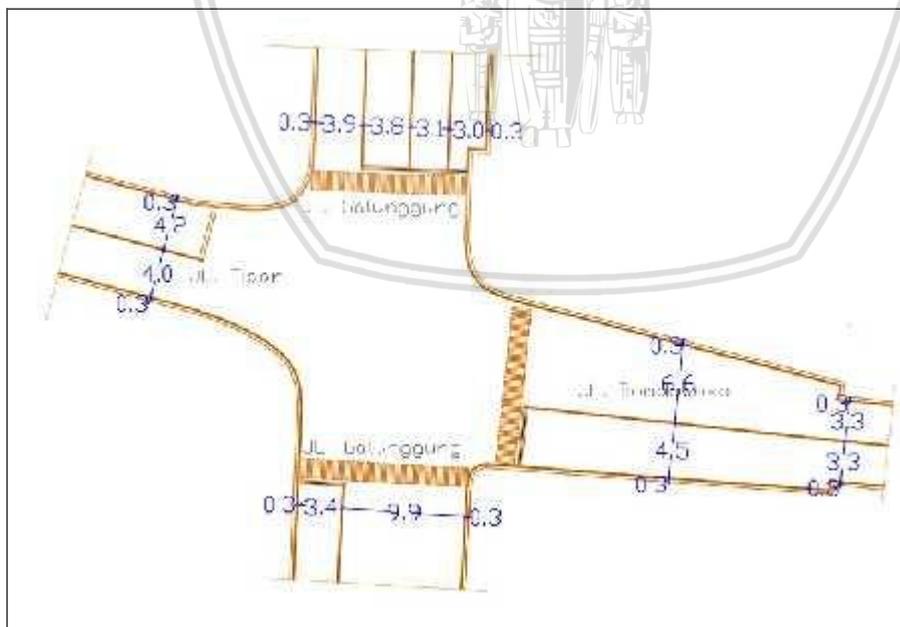
b. Simpang Dieng



Gambar 5.2 Geometrik Simpang Dieng

Objek penelitian pada simpang dieng adalah pada lengan Jl. Galunggung, Jl. Raya Langsep dan Jl. Terusan Dieng

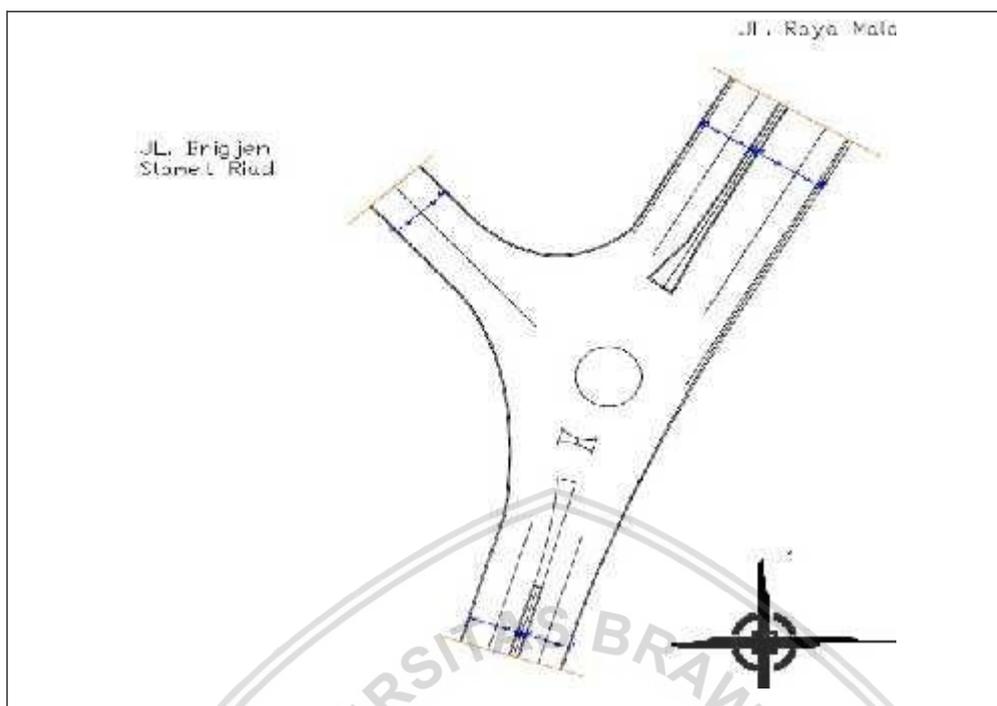
c. Simpang Galunggung



Gambar 5.3 Geometrik Simpang Galunggung

Objek penelitian pada simpang galunggung adalah Jl. Tidar

d. **Simpang PLN**



Gambar 5.4 Geometrik Simpang PLN

Pada simpang PLN, lengan simpang Jl. Brigjen Slamet Riadi sebagai objek penelitian dan pengambilan sampel.

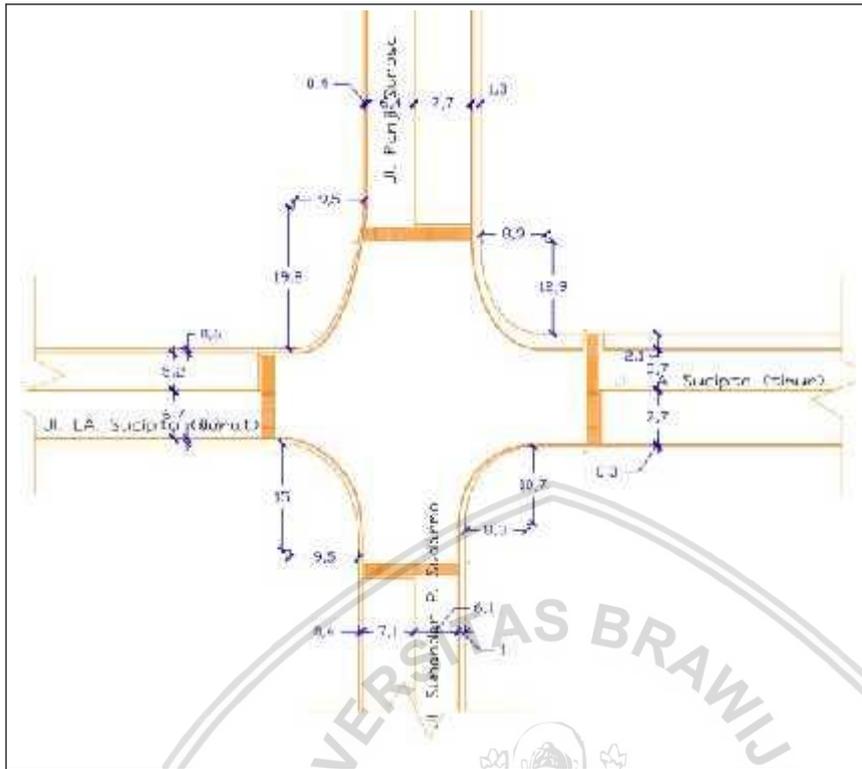
e. **Simpang Rampal**



Gambar 5.5 Geometrik Simpang Rampal

Lengan simpang Jl. Pattimura dan Jl. Urip Sumoharjo adalah objek penelitian pada simpang Rampal.

f. Simpang LA. Sucipto



Gambar 5.6 Geometrik Simpang LA. Sucipto

Lengan simpang Jl. LA. Sucipto (barat) dan LA. Sucipto (Timur) adalah objek penelitian pada simpang LA. Sucipto

5.1.2 Lebar Efektif Lengan Simpang

Lebar Efektif (W_e) adalah bagian dari lengan simpang yang diperkeras, digunakan arus lalu lintas kendaraan untuk menunggu waktu hijau selama sinyal merah dan memasuki daerah persimpangan ketika waktu hijau dimulai sampai berakhir. Lebar efektif digunakan untuk perhitungan arus jenuh dan kapasitas simpang. Sehingga ukuran lebar efektif berpengaruh terhadap nilai arus jenuh dan kapasitas simpang. Lebar efektif pada simpang-simpang yang menjadi obyek penelitian ini seperti ditunjukkan pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Lebar Efektif Lengan Simpang

No	Simpang	Lengan Simpang	Lebar W_e (m)
1	BCA	Jl. Kahuripan	7,1
		Jl. Semeru	7,4
2	Dieng	Jl. Galunggung	6,9
		Jl. Terusan Dieng	7,5
		Jl. Raya Langsep	8
3	Galunggung	Jl. Tidar	4,2

No	Simpang	Lengan Simpang	Lebar We (m)
4	PLN	Jl. Slamet Riyadi	6
5	Rampal	Jl. Pattimura	11,2
		Jl. Urip Sumoharjo	7
6	L.A. Sucipto	Jl. LA. Sucipto (barat)	5,2
		Jl. LA. Sucipto (timur)	7,7

Sumber: Hasil survai 2017

Pembagian fungsi lajur belok kiri jalan terus pada setiap lengan simpang tidak berfungsi dengan baik. Hal ini terjadi karena lalu lintas yang heterogen dan perilaku pengendara yang tidak tertib pada fungsi lajur mengakibatkan seluruh lebar efektif digunakan untuk menunggu waktu hijau. Selain itu kondisi geometrik simpang yang tidak mendukung menyebabkan fungsi pembagian lajur tidak bisa dimanfaatkan dengan maksimal.

5.1.3 Fase Pengaturan Kaki Simpang

Fase adalah kesempatan bergerak kendaraan pada waktu hijau, merupakan salah satu parameter untuk menghitung kapasitas simpang. Pengaturan fase pada tiap-tiap lengan simpang lokasi penelitian berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh jumlah lengan dan volume arus pada tiap-tiap lengan simpang juga berbeda. Hasil survai waktu pengaturan fase lampu lalu lintas pada setiap lengan simpang (H: hijau, K: kuning, M: merah dan S: siklus), ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Fase Pengaturan Lengan Simpang

No	Simpang Bersinyal Countdown Timer		Waktu Pengaturan			Fase Pengaturan			
	Simpang	Lengan Simpang				H	K	M	S
1	BCA	Jl. Kahuripan	12:00	-	16:00	38	3	42	83
		Jl. Semeru	12:00	-	16:00	38	3	42	83
2	Dieng	Jl. Galunggung	12:00	-	16:00	18	3	90	111
		Jl. Terusan Dieng	12:00	-	16:00	24	3	84	111
		Jl. Raya Langsep	12:00	-	16:00	21	3	87	111
3	Galunggung	Jl. Tidar	12:00	-	16:00	37	3	68	108
4	PLN	Jl. Slamet Riyadi	12:00	-	16:00	13	3	80	96
5	Rampal	Jl. Pattimura	12:00	-	16:00	24	3	84	111
		Jl. Urip Sumoharjo	12:00	-	16:00	26	3	82	111
6	LA. Sucipto	Jl. LA. Sucipto (barat)	12:00	-	16:00	30	3	60	93
		Jl. LA. Sucipto (timur)	12:00	-	16:00	21	3	69	93

Sumber: Hasil survai 2017

5.1.4 Identifikasi Data Arus Jenuh

Jumlah data arus jenuh yang digunakan sebagai sampel penelitian berjumlah 40 data pada setiap lengan simpang. Jumlah data yang terkumpul termasuk dalam data besar untuk dilakukan pengujian statistik.(tabel 5.3)

Tabel 5.3 Jumlah Data Arus Jenuh

No	Simpang	Lengan Simpang	Jumlah Data
1	BCA	Jl. Kahuripan	65
		Jl. Semeru	65
2	Dieng	Jl. Galunggung	68
		Jl. Terusan Dieng	70
		Jl. Raya Langsep	70
3	Galunggung	Jl. Tidar	70
4	PLN	Jl. Slamet Riyadi	70
5	Rampal	Jl. Pattimura	66
		Jl. Urip Sumoharjo	65
6	LA. Sucipto	Jl. LA. Sucipto (barat)	69
		Jl. LA. Sucipto (timur)	67

Sumber: Hasil survai 2017

5.1.5 Komposisi Arus Lalu Lintas

Lebar lengan simpang (W_e) (tabel 5.1), volume arus lalu lintas dan pengaturan fase (tabel 5.2) merupakan komponen yang saling terkait dalam menentukan kapasitas dan derajat kejenuhan pada lengan simpang. Tabel 5.4 menjelaskan komposisi arus lalu lintas rata-rata setiap lengan simpang.

Tabel 5.4 Komposisi Arus Lalu Lintas

Lengan Simpang	Komposisi Arus Lalu Lintas (%)		
	MC	LV	HV
Kahuripan	71,36	28,07	0,57
Semeru	59,69	39,46	0,85
Galunggung	82,31	16,39	1,30
Terusan Dieng	64,92	34,42	0,66
Raya Langsep	78,13	21,02	0,85
Tidar	62,09	37,52	0,39

Lengan Simpang	MC	LV	HV
Slamet Riyadi	75,95	23,70	0,35
Pattimura	74,02	25,34	0,64
Urip Sumoharjo	65,04	34,35	0,61
LA. Sucipto (Barat)	73,51	24,92	1,57
LA. Sucipto (Timur)	62,37	32,96	4,67

Sumber: Hasil survai 2017

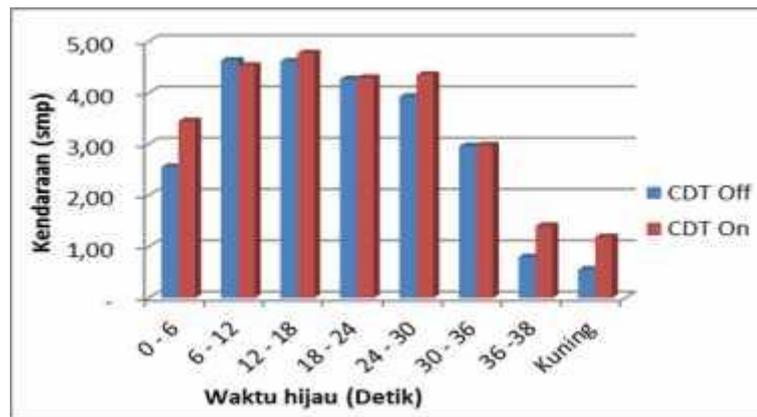
Berdasarkan hasil pengamatan dari beberapa lengan simpang yang menjadi tempat pengumpulan data, dapat diketahui bahwa komposisi arus lalu lintas pada simpang Kota Malang didominasi oleh sepeda motor lebih dari 60%, kendaraan ringan 30% dan kendaraan berat 1%.

5.2 Pengaruh *Countdown Timer* Pada Keberangkatan Arus dan Arus Jenuh

5.2.1 Analisa Keberangkatan Arus

Analisa keberangkatan arus menjelaskan tentang pergerakan arus kendaraan rata-rata dalam setiap waktu hijau pada suatu lengan simpang. Analisa ini menggunakan metode *time slice* dengan interval waktu 6 detik. *Countdown timer* digunakan dengan tujuan agar pengendara mampu memprediksi dan bereaksi dalam melakukan percepatan, perlambatan dan pemberhentian pada lengan simpang. Reaksi yang dimaksud adalah untuk melakukan percepatan kendaraan saat dimulainya waktu hijau untuk memasuki daerah persimpangan, dan reaksi untuk memperlambat kendaraan ketika waktu hijau akan berakhir sampai keadaan berhenti pada garis henti saat waktu hijau berakhir, sehingga tingkat pelayanan simpang dapat tercapai secara maksimal. Pada analisa ini kita bisa mengetahui perbedaan rata-rata jumlah kendaraan setiap interval waktu selama waktu hijau di setiap lengan simpang ketika ada dan tidak ada informasi sinyal waktu hijau dari *countdown timer*. Untuk selanjutnya dalam analisa ini digunakan istilah CDT *off* adalah kondisi *countdown timer* tidak aktif dan CDT *on* untuk kondisi ketika *countdown timer* aktif.

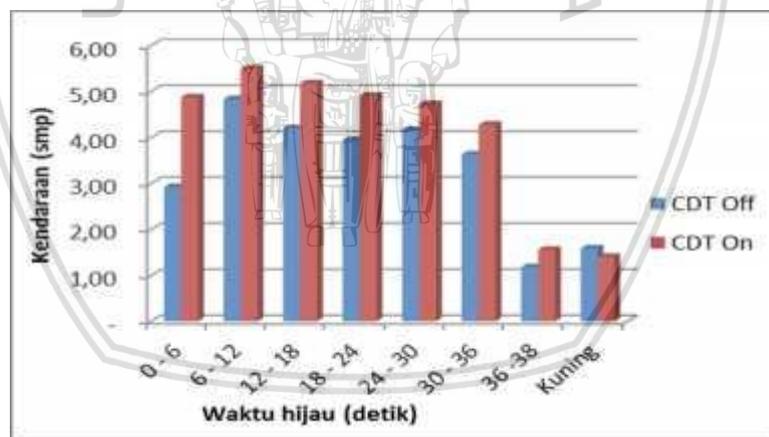
a. Keberangkatan Arus Lengan Sempang Kahuripan



Gambar 5.7 Pola Keberangkatan Arus Lengan Sempang Kahuripan

Lengan simpang Kahuripan lebar W_e 7,1m dan waktu hijau 41 detik, arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 6-12 detik dengan nilai rata-rata 4,63smp, sedangkan arus puncak CDT *on* terjadi pada interval 12-18 detik dengan nilai 4,77smp. Terjadi peningkatan arus saat CDT *on* dibandingkan dengan CDT *off* pada interval 0-6detik = 0,9smp, interval 12-18detik = 0,16smp, interval 24-30detik = 0,42smp, 36-41detik = 0,61 detik dan waktu kuning = 0,63 detik.

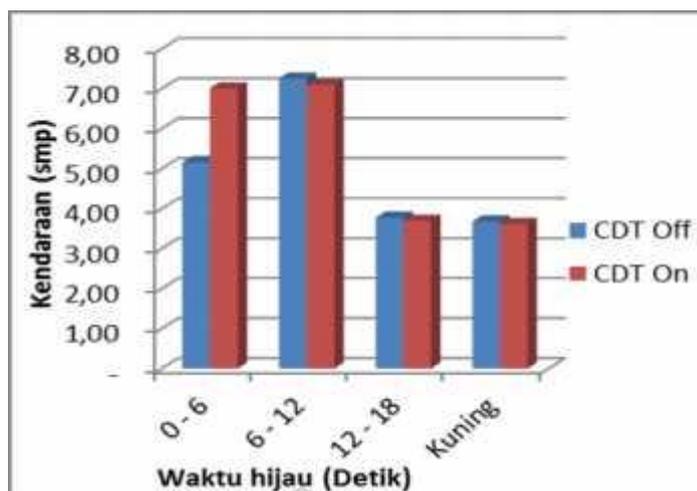
b. Keberangkatan Arus Lengan Sempang Semeru



Gambar 5.8 Pola Keberangkatan Arus Lengan Sempang Semeru

Lengan simpang Semeru lebar W_e 7,4m dan waktu hijau 41 detik, arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 6-12 detik dengan nilai 4,83smp. Arus puncak CDT *on* juga pada interval 6-12 detik dengan nilai 5,5smp. Di setiap interval waktu, jumlah kendaraan pada kondisi CDT *on* lebih tinggi dibandingkan kondisi CDT *off*. Rata-rata peningkatan jumlah kendaraan pada setiap periode selama waktu hijau antara kondisi CDT *off* dan *on* adalah 0,88smp, dengan perbedaan peningkatan terbanyak adalah pada interval waktu 0-6 detik yaitu 1,95smp.

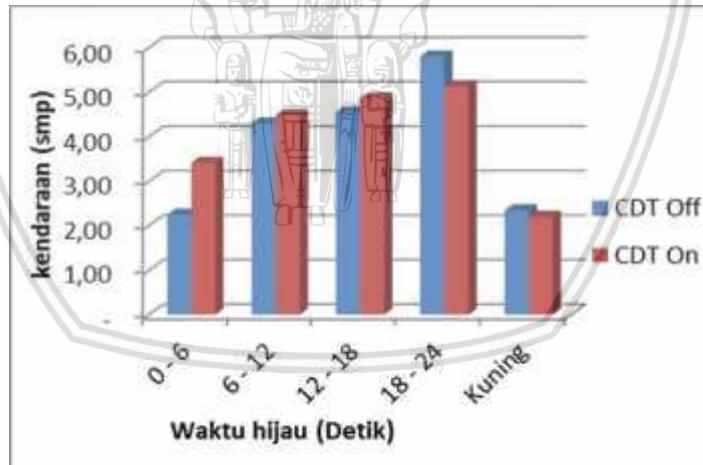
c. Keberangkatan Arus Lengan Simping Galunggung



Gambar 5.9 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simping Galunggung

Simping Dieng pada lengan simping Galunggung lebar We 6,9m dan waktu hijau 18 detik. Arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 6-12 detik dengan nilai 7,26smp. Arus puncak CDT *on* terjadi pada interval 6-12 detik dengan nilai 7,1smp. Peningkatan jumlah keberangkatan arus ketika CDT *on* pada interval 0-6 detik sejumlah 1,85smp.

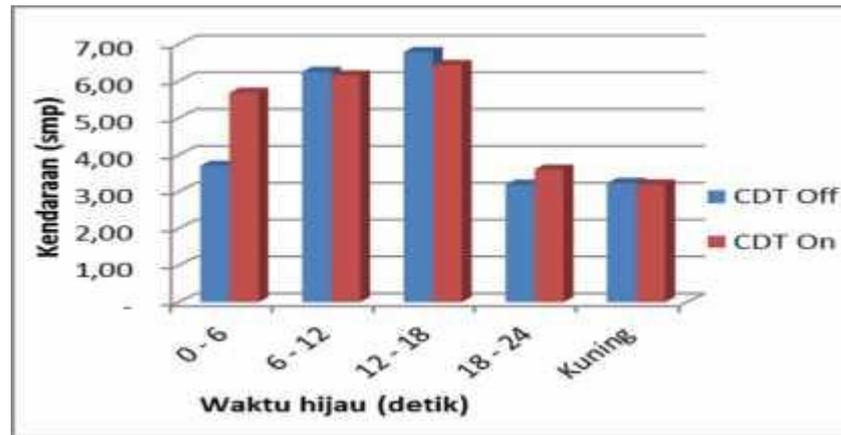
d. Keberangkatan Arus Lengan Simping Terusan Dieng



Gambar 5.10 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simping Terusan Dieng

Lengan simping Terusan Dieng We 7,5m dan waktu hijau 27 detik, arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 18-24 detik dengan nilai 5,81smp. Arus puncak CDT *on* juga terjadi pada interval yang sama dengan nilai 5,14smp. Terjadi perbedaan jumlah kendaraan yang besar pada interval 0-6 detik dan 18-24 detik. Pada interval 0-6 detik peningkatannya adalah 1,16smp. Tetapi pada interval 18-24 detik jumlah arus saat CDT *on* mengalami penurunan sejumlah 0,67 smp dibandingkan jumlah arus CDT *off*.

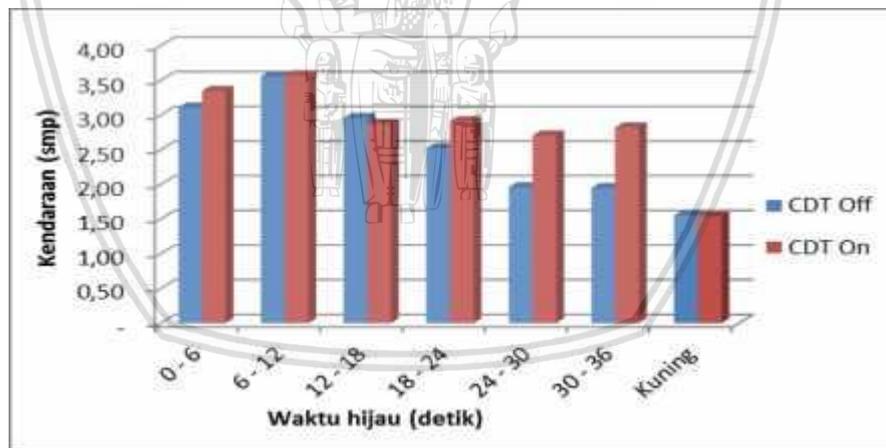
e. Keberangkatan Arus Lengan Simpang Raya Langsep



Gambar 5.11 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Raya Langsep

Lengan simpang Jl. Raya Langsep lebar We 8m dan waktu hijau 21 detik, arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 12-18 detik dengan jumlah 6,79smp. Arus puncak CDT *on* juga terjadi pada interval 12-18 detik dengan jumlah 6,44smp. Terjadi peningkatan jumlah arus ketika CDT *on* pada interval 0-6 detik sejumlah 1,98 smp dan pada interval berikutnya jumlah rata-rata kendaraan CDT *off* dan CDT *on* relatif sama sampai waktu hijau berakhir.

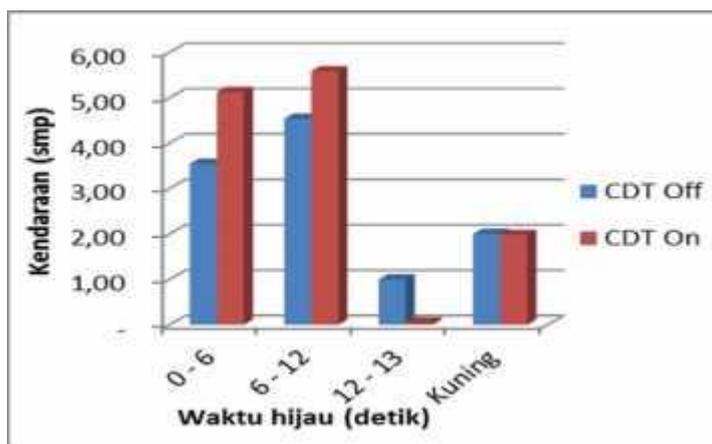
f. Keberangkatan Arus Lengan Simpang Tidar



Gambar 5.12 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Tidar

Lengan simpang Jl.Tidar lebar We 4,2m dan waktu hijau 37 detik, arus puncak CDT *off* dan CDT *on* terjadi pada interval 6-12 detik, dengan jumlah kendaraan CDT *off* adalah 3,56smp dan CDT *on* 3,57smp. Peningkatan keberangkatan arus CDT *on* pada interval 0-6 = 0,24 smp, interval 18-24 = 0,39smp, interval 24-30 = 0,75smp, interval sisa hijau = 0,87smp. Penurunan arus CDT *on* pada interval 12-18detik yaitu 0,09smp.

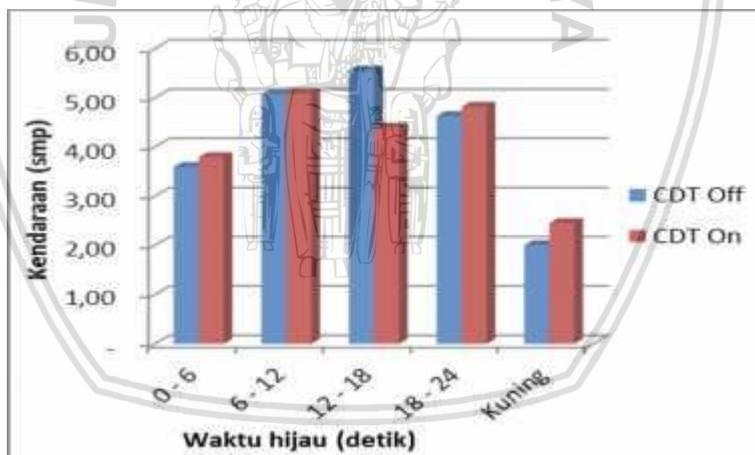
g. Keberangkatan Arus Lengan Simping Slamet Riyadi



Gambar 5.13 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simping Slamet Riyadi

Lengan simpang Jl. Slamet Riyadi lebar We 6m dan waktu hijau 13 detik, arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 6-12 detik dengan jumlah 4,54smp. Arus puncak CDT *on* juga terjadi pada interval 6-12 detik dengan jumlah 5,59smp. Peningkatan jumlah arus rata-rata 1,22smp ketika CDT *on*, terjadi pada interval 0-6 detik = 1,59smp, interval 6-12detik = 1,05smp.

h. Keberangkatan Arus Lengan Simping Pattimura

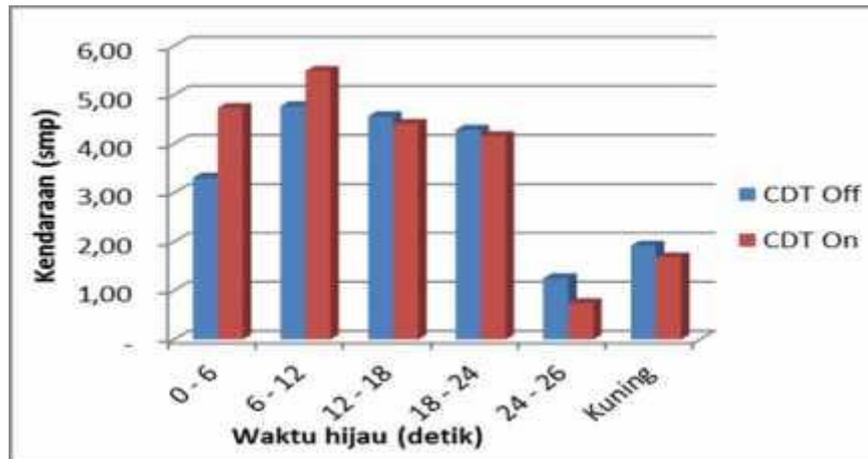


Gambar 5.14 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simping Pattimura

Lengan simpang Jl. Pattimura lebar We 11,2m dan waktu hijau 24 detik, arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 12-18 detik dengan jumlah 5,55smp. Arus puncak CDT *on* terjadi pada interval 6-12detik dengan jumlah 5,08smp. Kondisi CDT *on* terjadi peningkatan jumlah arus pada interval akhir merah, 0-6 detik, 18-24detik dan waktu kuning. Jumlah kendaraan CDT *on* lebih rendah ketika CDT *off* pada interval 12-18detik.



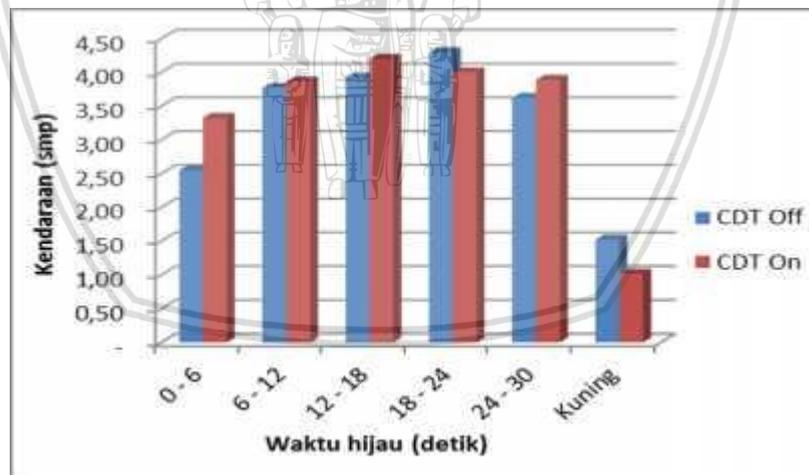
i. **Keberangkatan Arus Lengan Simpang Urip Sumoharjo**



Gambar 5.15 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang Urip Sumoharjo

Lengan simpang Jl. Urip Sumoharjo lebar We 7m dan waktu hijau 26 detik, peningkatan jumlah arus kondisi CDT *on* pada interval 0-6 detik = 1,42smp, interval 6-12detik = 0,72smp. Arus puncak CDT *off* dan *on* terjadi pada interval 6-12 detik dengan jumlah arus CDT *off* interval 6-12 detik = 4,77smp dan CDT *on* = 5,49smp. Setelah interval 6-12 detik, jumlah arus kendaraan kondisi CDT *on* relatif lebih rendah daripada kondisi CDT *off*.

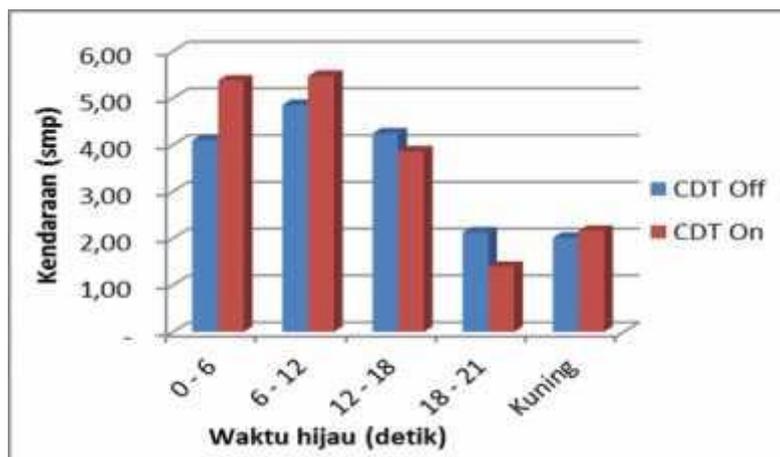
j. **Keberangkatan Arus Lengan Simpang LA. Sucipto Barat**



Gambar 5.16 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simpang L.A. Sucipto Barat

Lengan simpang Jl L.A. Sucipto Barat lebar We 5,2m dan waktu hijau 30 detik, peningkatan rata-rata jumlah arus kondisi CDT *on* pada interval 0-6detik = 0,78smp, interval 6-12detik = 0,09smp, interval 12-18detik = 0,28smp dan interval 24-30detik = 0,27smp. Arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 18-24 detik dengan jumlah 4,3smp. Arus puncak CDT *on* terjadi pada interval 12-18 detik dengan nilai 4,2smp. Penggunaan *countdown timer* menurunkan volume arus pada interval.

k. Keberangkatan Arus Lengan Simping L.A. Sucipto Timur



Gambar 5.17 Pola Keberangkatan Arus Lengan Simping L.A. Sucipto Timur

Lengan simping jl. L.A. Sucipto Timur lebar We 7,7m dan waktu hijau 21 detik. Peningkatan arus pada CDT *on* pada interval 0-6detik = 1,28smp, interval 6-12detik = 0,62smp, waktu kuning = 0,14smp. Penurunan arus rata-rata terjadi pada interval 12-18detik yaitu 0,38smp dan interval 18-24detik = 0,74smp. Arus puncak CDT *off* terjadi pada interval 6-12 detik dengan jumlah 4,86smp. Arus puncak CDT *on* terjadi pada interval 6-12 detik dengan jumlah 5,47smp.

Berdasarkan analisa keberangkatan arus diketahui bahwa ada perbedaan jumlah kendaraan yang bergerak setiap interval waktu selama waktu hijau antara kondisi *countdown timer off* dan *on*. Rata-rata peningkatan jumlah kendaraan tertinggi pada semua lengan simping ketika CDT *on* adalah di interval waktu 0-6 detik. Jika merujuk pada penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh M.R Ibrahim (2008) di Malaysia dan Chiou & Chang (2009) di China, hasil analisa ini menguatkan hasil dari penelitian mereka yang menyimpulkan bahwa pemakaian alat countdown timer berpengaruh signifikan dalam mengurangi headway pada arus jenuh. Wenbo (2013) menyebutkan bahwa headway antara kendaraan pertama dan kedua dalam antrian mengalami penurunan signifikan antara 0,2 detik-0,7 detik.

Berdasarkan pengamatan selama penelitian, selain berpengaruh terhadap jumlah arus kendaraan selama waktu hijau, *countdown timer* juga berpeluang mempengaruhi keberangkatan arus kendaraan sebelum waktu hijau dan setelah waktu hijau berakhir/awal sinyal merah. Keberangkatan arus sebelum waktu hijau mengalami peningkatan apabila ada informasi sisa waktu sinyal merah dari *countdown timer*. Sedangkan keberangkatan arus setelah akhir interval hijau atau awal merah menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang konsisten antara pergerakan kendaraan saat *countdown timer* tidak aktif maupun ketika

countdown timer aktif pada semua lokasi objek penelitian. Tetapi pengendara relatif memanfaatkan dengan baik informasi waktu sinyal yang tersisa dari *countdown timer*, sehingga mampu menekan keberangkatan arus setelah waktu hijau berakhir/awal waktu merah. Hasil survai menunjukkan waktu maksimal pergerakan kendaraan sebelum dan setelah waktu hijau adalah 3 detik. Keberangkatan arus sebelum dan setelah waktu hijau merupakan sebuah tindakan pelanggaran lalu lintas pada simpang bersinyal.

5.2.2 Analisa Perbedaan Arus jenuh

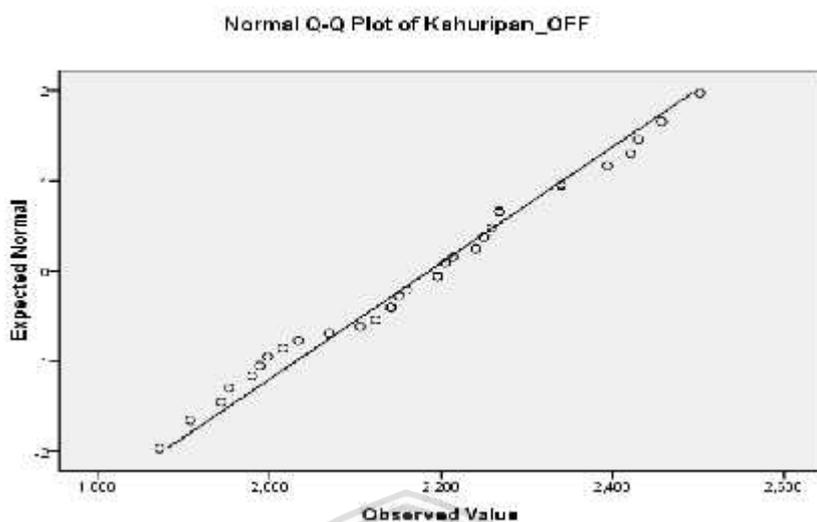
Analisa perbedaan atau sering pula disebut perbandingan adalah adalah salah satu teknik dalam analisa statistik inferensial untuk menguji sebuah hipotesa. Dalam analisis ini digunakan untuk menguji apakah variabel yang diuji memiliki perbedaan yang cukup berarti/signifikan atau tidak. Pada analisa ini dilakukan perbandingan nilai arus jenuh lapangan/eksisting pada kaki simpang bersinyal dengan variabel nilai arus jenuh ketika *countdown timer* tidak aktif dengan variabel nilai arus jenuh ketika *countdown timer* aktif.

Arus jenuh adalah jumlah maksimum kendaraan yang bisa diberangkatkan dari antrian melewati mulut simpang per-satuan waktu hijau, oleh karena itu sampel arus jenuh yang digunakan untuk uji perbedaan terlebih dahulu dipilih data yang tidak ada keberangkatan arus sebelum dan setelah waktu hijau. Sehingga sampel data yang diperbandingkan benar-benar menunjukkan ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan penggunaan *countdown timer* terhadap besaran nilai arus jenuh pada lengan simpang.

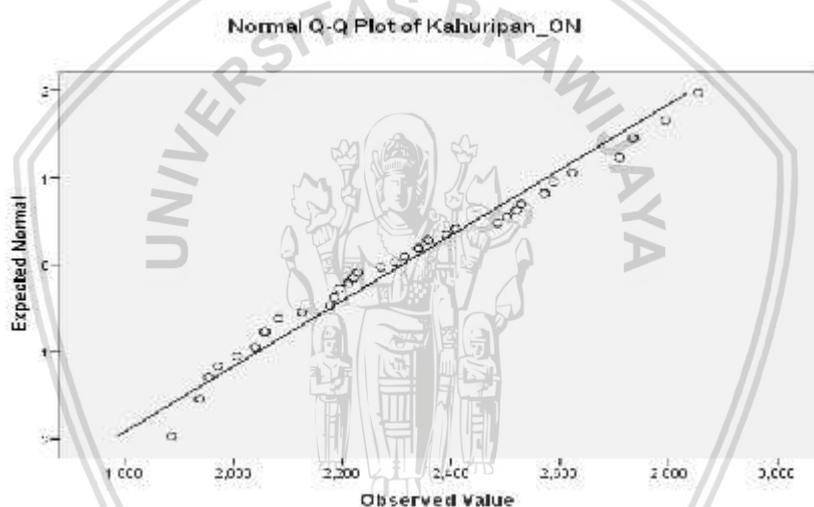
a. Uji normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengukur apakah data yang didapatkan memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik (statistik inferensial). Uji statistik untuk menguji normalitas adalah kolmogorv-smirnov test menggunakan software aplikasi statistik SPSS.

Dibawah ini adalah hasil pengujian normalitas data arus jenuh pada lengan simpang Jl. Kahuripan saat *countdown timer* kondisi tidak aktif/*off* dan aktif/*On*



Gambar 5.18 Uji Normalitas Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT Off

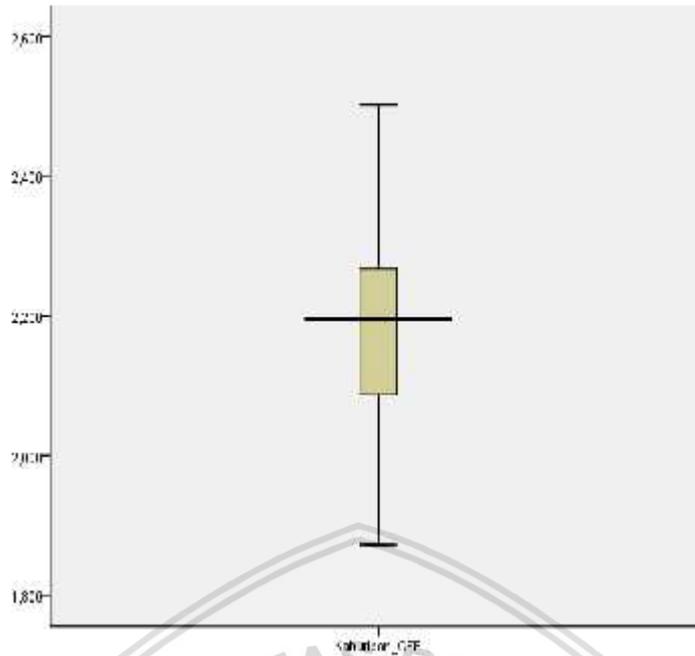


Gambar 5.19 Uji Normalitas Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT On

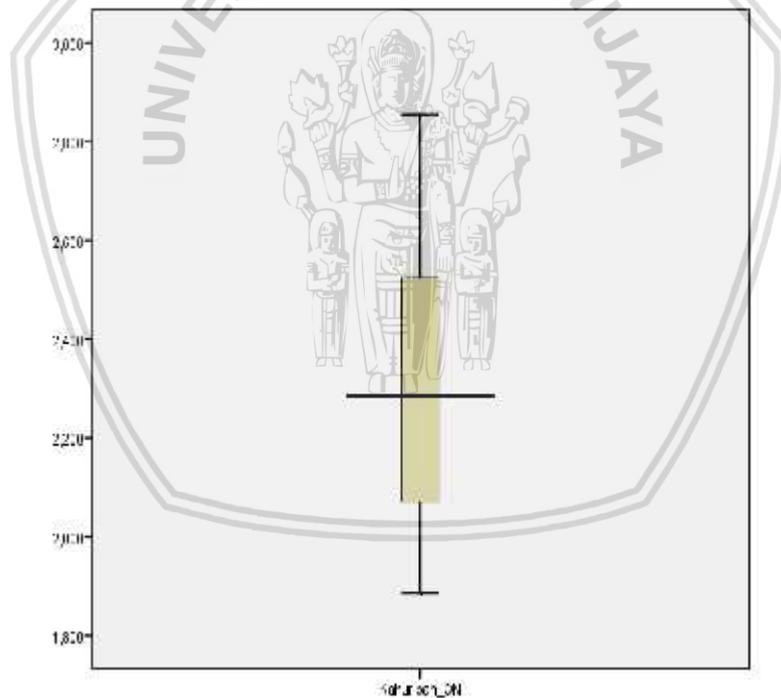
Hasil uji normalitas menyatakan data arus jenuh lengan Kahuripan *countdown timer* kondisi *off* dan *on* berdistribusi normal. Hasil uji untuk data arus jenuh lengan simpang lainnya dapat dilihat pada lampiran.

b. Uji Data Ekstrim (*Outlier*)

Kemudian sampel data diuji *outlier* menggunakan *boxplot* untuk mengetahui adanya data yang berbeda atau menyimpang secara nyata atau terlalu jauh dari sebagian besar nilai pada kelompok data tersebut dan menghilangkannya. Berikut ini *boxplot* untuk uji *outlier* data arus jenuh lengan simpang Jl. Kahuripan kondisi *countdown timer off*.



Gambar 5.20 Uji Outlier Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT Off



Gambar 5.21 Uji Outlier Data Arus Jenuh Lengan Kahuripan CDT On

Melihat hasil dari boxplot pada data arus jenuh Lengan Kahuripan kondisi *countdown timer off* dan *on*, tidak ada data yang menyimpang jauh dari rentang nilai kelompok data. Sehingga kelompok data tersebut bisa digunakan untuk uji beda variabel. Hasil uji *outlier* untuk kelompok data arus jenuh lengan simpang yang lain saat kondisi *countdown timer OFF* dan *ON* dapat di lihat pada lampiran.

c. *Paired Sample T-Test*

Paired sample t-test digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata dua sampel (dua kelompok) yang berpasangan atau berhubungan. *Uji paired sample t-test* merupakan bagian dari statistik parametrik, dan syarat dalam statistik parametrik data penelitian harus berdistribusi normal.

Data arus jenuh lengan simpang Jl. Kahuripan kondisi *countdown timer off* dan *on* berdistribusi normal dan tidak ada data yang nilainya menyimpang jauh, sehingga bisa dilakukan uji beda 2 variabel (*paired sample t-test*) pada dua kelompok data tersebut untuk mengetahui ada atau tidak perbedaannya. Kriteria untuk penarikan kesimpulan yaitu apabila:

- Nilai t hitung $>$ nilai t tabel, maka: H_0 ditolak
- Nilai t hitung $<$ nilai t tabel, maka: H_0 diterima

Dimana:

H_0 = Tidak ada perbedaan signifikan nilai arus jenuh *countdown timer* kondisi *off* dan kondisi *on*

Tabel 5.5 Statistik Sampel Berpasangan

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Semeru_Off	2,323.5365	40	199.56112	31.55338
	Semeru_On	2,845.9765	40	679.82906	107.49041

Pada tabel hasil keluaran (output) di atas diperlihatkan hasil statistik dari kedua sampel pada lengan simpang Jl. Semeru. Untuk nilai arus jenuh *countdown timer* kondisi *off* nilai rata-ratanya adalah 2.323,54 smp/jam-hijau. Sedangkan nilai arus jenuh *countdown timer* kondisi *on* nilai rata-ratanya adalah 2.845,97 smp/jam-hijau, dengan jumlah sampel 40 data arus jenuh.

Tabel 5.6 Korelasi Sampel Berpasangan

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Semeru_Off & Semeru_On	40	-.398	.011

Dari tabel 5.6 diketahui hasil korelasi/hubungan antara kedua data/variabel yakni arus jenuh saat *countdown timer off* dan arus jenuh saat *countdown timer on*.

Tabel 5.7 Uji Sampel Berpasangan

	Paired Differences						df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval of the Difference					
			Exact Interval Mean	Lower	Upper			
Pair1 Semeru_C1 - Semeru_C2		781.0076	129.4385	-772.2135	-272.36155	-4.231	39	.000

Berdasarkan tabel di atas diketahui t-hitung adalah -4,231, sedangkan t-tabel untuk df 39 dan probabilitas 0,00 adalah 1,684. Karena nilai t-hitung > t-tabel, maka hasil interpretasinya adalah H_0 ditolak. Dengan kata lain adalah ada perbedaan signifikan nilai arus jenuh pada saat kondisi *countdown timer off* dan kondisi *on*. Nilai negatif (-) pada nilai t-hitung diartikan bahwa nilai arus jenuh pada *countdown timer* kondisi *on* meningkat signifikan daripada kondisi *off*. Untuk hasil uji sampel berpasangan pada lengan simpang yang lain di tampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Sampel Arus Jenuh

Simpang	Lengan Simpang	Uji Arus jenuh (CDT)	N	t-hitung	t-tabel	Interpretasi
BCA	Jl. Kahuripan	<i>Off VS On</i>	40	-2,578	1,684	H_0 ditolak
	Jl. Semeru	<i>Off VS On</i>	40	-4,231	1,684	H_0 ditolak
Dieng	Jl. Galunggung	<i>Off VS On</i>	40	-4,063	1,684	H_0 ditolak
	Jl. Terusan Dieng	<i>Off VS On</i>	40	-0,141	1,684	H_0 diterima
	Jl. Raya Langsep	<i>Off VS On</i>	40	-4,823	1,684	H_0 ditolak
Galunggung	Jl. Tidar	<i>Off VS On</i>	40	-5,486	1,684	H_0 ditolak
PLN	Jl. Slamet Riyadi	<i>Off VS On</i>	40	-5,534	1,684	H_0 ditolak
Rampal	Jl. Pattimura	<i>Off VS On</i>	40	0,717	1,684	H_0 diterima
	Jl. Urip Sumoharjo	<i>Off VS On</i>	40	-1,237	1,684	H_0 diterima
LA. Sucipto	Jl. LA. Sucipto (barat)	<i>Off VS On</i>	40	-1,082	1,684	H_0 diterima
	Jl. LA. Sucipto (timur)	<i>Off VS On</i>	40	-1,761	1,684	H_0 ditolak

Sumber: Hasil analisa

Berdasarkan hasil interpretasi tersebut diketahui H_0 ditolak pada lengan simpang kahuripan, semeru, galunggung, raya langsep, tidar, slamet riyadi dan LA. Sucipto, maka

dari hasil uji sampel berpasangan dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan nilai arus jenuh dengan taraf signifikansi 95% akibat pengaruh dari *countdown timer*. Sedangkan hasil interpretasi yang menunjukkan H_0 diterima adalah pada lengan simpang terusan dieng, pattimura, urip sumoharjo dan LA. Sucipto barat, sehingga disimpulkan bahwa *countdown timer* tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai arus jenuh pada lengan simpang-lengan simpang tersebut.

Dari hasil interpretasi setiap lengan simpang yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan diketahui nilai arus jenuh ketika *countdown timer* aktif mengalami peningkatan. Jumlah peningkatan nilai arus jenuh dapat dilihat pada tabel 5.8.

Tabel 5.9 Peningkatan Nilai Arus Jenuh Pada Penggunaan *Countdown Timer*

Simpang	Lengan Simpang	Arus Jenuh (S) (smp/jam hijau)		Selisih CDT <i>Off</i> – CDT <i>On</i>	
		CDT <i>Off</i>	CDT <i>On</i>	(Smp/jam hijau)	(%)
BCA	Jl. Kahuripan	2186,77	2310,64	123,87	6%
	Jl. Semeru	2323,53	2845,97	522,44	22%
Dieng	Jl. Galunggung	3977,5	4285,5	308	8%
	Jl. Raya Langsep	3476,62	3762,37	285,75	8%
Galunggung	Jl. Tidar	1585,8	1779,5	193,7	12%
PLN	Jl. Slamet Riyadi	2494,68	2867,62	372,94	15%
L.A. Sucipto	Jl. LA. Sucipto (timur)	2601,75	2739,75	138	5%

Sumber: Hasil analisa

Peningkatan nilai arus jenuh dari tujuh lengan simpang karena penggunaan *countdown timer* meningkat pada kisaran 5% sampai 22% Peningkatan nilai arus jenuh terendah adalah pada lengan simpang Jl. L.A. Sucipto timur, yaitu 5%. Sedangkan peningkatan tertinggi pada lengan simpang Jl. Semeru yaitu 22%.

Pergerakan kendaraan membelok pada lengan simpang Jl. Semeru dibatasi, yaitu dengan larangan belok kanan sehingga faktor membelok lebih rendah (tabel 4.4), kecepatan kendaraan untuk memasuki daerah persimpangan lebih tinggi. Panjangnya W_e keluar dengan faktor hambatan samping rendah membuat kecepatan kendaraan lebih tinggi dan konstan. Sehingga peningkatan arus jenuh karena penggunaan *countdown timer* tertinggi adalah pada lengan simpang ini.

Jika melihat dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka hasil dari penelitian ini menguatkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Sun Wenbo pada tahun 2013

di Kota Guangzhou, China. Penelitiannya yang dilakukan pada dua simpang di Kota Guangzhou menunjukkan bahwa nilai arus jenuh meningkat 5%-10% pada saat menggunakan *countdown timer*, dan pengaruhnya tampak lebih signifikan pada waktu puncak siang hari.

d. Hasil Uji Beda Terhadap Komposisi Arus Lalu Lintas

Tabel 5.10 Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Hasil Uji Beda Arus Jenuh

Lengan Simpang	Hasil Interpretasi	Komposisi Arus Lalu Lintas %		
		MC	LV	HV
Jl. Kahuripan	H ₀ ditolak	71,36	28,07	0,57
Jl. Semeru	H ₀ ditolak	59,69	39,46	0,85
Jl. Galunggung	H ₀ ditolak	82,31	16,39	1,30
Jl. Terusan Dieng	H ₀ diterima	64,92	34,42	0,66
Jl. Raya Langsep	H ₀ ditolak	78,13	21,02	0,85
Jl. Tidar	H ₀ ditolak	62,09	37,52	0,39
Jl. Slamet Riyadi	H ₀ ditolak	75,95	23,70	0,35
Jl. Pattimura	H ₀ diterima	74,02	25,34	0,64
Jl. Urip Sumoharjo	H ₀ diterima	65,04	34,35	0,61
Jl. LA. Sucipto (barat)	H ₀ diterima	73,51	24,92	1,57
Jl. LA. Sucipto (timur)	H ₀ ditolak	62,37	32,96	4,67

Sumber: Hasil analisa dan hasil survai

Berdasarkan hasil dari uji beda 2 kondisi arus jenuh, adanya perbedaan signifikan atau tidak pada dua kondisi tersebut memiliki karakteristik arus lalu lintas yang seragam, yaitu dengan proporsi rata-rata sepeda motor (MC) 68%, kendaraan ringan (LV) 30% dan kendaraan berat (HV) 1%. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi arus lalu lintas bukan merupakan penyebab adanya perbedaan signifikan pada nilai arus jenuh akibat penggunaan *countdown timer* di Kota Malang.

e. Hasil Uji Beda Terhadap Lebar Efektif (We) dan Waktu Hijau(g)

Arus jenuh adalah besarnya keberangkatan antrian pada suatu lengan simpang (pendekat) selama waktu yang ditentukan. Sehingga ukuran lebar efektif dan lama waktu hijau dari suatu lengan simpang berpengaruh terhadap besaran nilai arus jenuh.

Tabel 5.11 Karakteristik (We) dan (g) Pada Hasil Uji Beda Arus Jenuh

Lengan Simpang	Hasil Interpretasi	Lebar We	Waktu Hijau
Jl. Kahuripan	H ₀ ditolak	7,1	38
Jl. Semeru	H ₀ ditolak	7,4	38
Jl. Galunggung	H ₀ ditolak	6,9	18
Jl. Terusan Dieng	H ₀ diterima	7,5	24
Jl. Raya Langsep	H ₀ ditolak	8	21
Jl. Tidar	H ₀ ditolak	4,2	37
Jl. Slamet Riyadi	H ₀ ditolak	6	13
Jl. Pattimura	H ₀ diterima	11,2	24
Jl. Urip Sumoharjo	H ₀ diterima	7	26
Jl. LA. Sucipto (barat)	H ₀ diterima	5,2	30
Jl. LA. Sucipto (timur)	H ₀ ditolak	7,7	21

Sumber: Hasil analisa dan hasil survai

Tabel 5.10 menunjukkan hasil interpretasi uji perbedaan nilai arus jenuh akibat pengaruh dari *countdown timer* yang terjadi pada setiap lebar efektif (We) dan lama waktu hijaunya.

Lebar efektif dan waktu hijau menentukan jumlah arus yang bisa dikeluarkan pada suatu lengan simpang. Nilai peningkatan arus jenuh dengan *countdown timer* kemudian diregresikan dengan lebar efektif (We) dan waktu hijau (g) untuk mendapatkan hubungan fungsional. Menggunakan metode analisa regresi linier berganda pada software SPSS 16.

Tabel 5.12 Ringkasan Model Regresi Linier

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.858 ^a	.737	.210	5.06488

a. Predictors: (Constant), g, We

b. Dependent Variable: Peningkatan S

Tabel 5.13 Nilai Konstanta Regresi Linier

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	70.684	15.720		4.496	.139
	We	-2.121	1.867	-.609	-1.136	.459
	G	.204	.241	.455	.848	.552

Tabel 5.13 Nilai Konstanta Regresi Linier

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	70.684	15.720		4.496	.139
	We	-2.121	1.867	-.609	-1.136	.459
	G	.204	.241	.455	.848	.552

a. Dependent Variable: Peningkatan S

Model persamaan yang diperoleh adalah:

$$S' = 70,684 - 2,121We + 0,204g \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

$$R^2 = 0,737$$

- Dimana: S' = Peningkatan nilai arus jenuh dengan *countdown timer*
 We = Lebar lengan simpang
 g = Waktu hijau
 R² = Koefisien Determenasi

5.3 Pengaruh Penggunaan Countdown Timer Pada Kapasitas Lengan Simpang

Arus jenuh adalah salah satu dasar untuk menentukan kapasitas lengan simpang. Peningkatan atau penurunan nilai arus jenuh maka juga akan berpengaruh terhadap nilai kapasitas suatu lengan simpang. Maka dilakukan analisa kapasitas lengan simpang menggunakan persamaan MKJI 1997, berdasarkan nilai arus jenuh yang telah diperoleh dari hasil analisa. Persamaan untuk menentukan nilai kapasitas lengan simpang pada MKJI 1997 adalah pada persamaan 2.6. Perhitungan nilai kapasitas dilakukan pada lengan-lengan yang terdapat perbedaan signifikan nilai arus jenuhnya antara kondisi *countdown timer off* dan *on*. Hasil perhitungan kapasitas pada setiap lengan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.14 Kapasitas Lengan Simping

Lengan Simping	CDT	Arus Jenuh (S) (smp/jam)	Waktu Hijau (g)	Waktu Siklus (c)	Kapasitas Lengan Simping (C) (smp/jam)
Jl. Kahuripan	<i>Off</i>	2186,77	41	83	1080,21
	<i>On</i>	2310,64	41	83	1141,40
Jl. Semeru	<i>Off</i>	2323,53	41	83	1147,77
	<i>On</i>	2845,97	41	83	1405,84
Jl. Galunggung	<i>Off</i>	3977,5	18	108	662,92
	<i>On</i>	4285,5	18	108	714,25
Jl. Raya Langsep	<i>Off</i>	3476,62	24	111	751,70
	<i>On</i>	3762,37	24	111	813,49
Jl. Tidar	<i>Off</i>	1585,8	40	108	587,33
	<i>On</i>	1779,5	40	108	659,07
Jl. Slamet Riyadi	<i>Off</i>	2494,68	15	95	393,90
	<i>On</i>	2867,62	15	95	452,78
Jl. LA. Sucipto (Timur)	<i>Off</i>	2601,75	24	93	671,42
	<i>On</i>	2739,75	24	93	707,03

Sumber: Hasil survai

Dari tabel 5.14 diketahui nilai kapasitas setiap lengan simping ketika *countdown timer* kondisi *off* dan *on*. Lengan Kahuripan dan Semeru memiliki nilai kapasitas tinggi dibandingkan lengan simping yang lain, dengan nilai lebih dari 1000smp/jam. Hal ini disebabkan oleh pengaturan fase pada simping tersebut. Letak lengan Jl. kahuripan dan Jl. semeru pada simping BCA saling berhadapan dengan satu pengaturan fase sinyal yang sama. Rasio hijau pada kedua lengan tersebut adalah 0,49 atau setengah dari waktu siklus sehingga nilai kapasitasnya tinggi. Nilai rasio hijau terendah pada lengan simping Jl. Slamet Riyadi yaitu 0,15, sehingga nilai kapasitasnya paling rendah dari semua lengan simping yang menjadi objek penelitian.

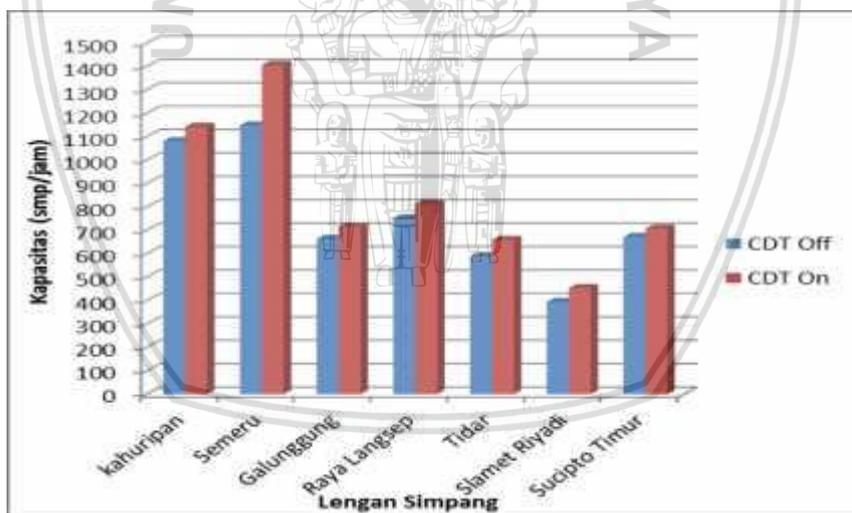
Perbedaan nilai arus jenuh pada satu lengan simping dalam pengaturan fase yang sama maka akan mengakibatkan perbedaan nilai kapasitas suatu lengan simping tersebut. Penggunaan *countdown timer* meningkatkan nilai arus jenuh, maka akan meningkatkan juga nilai kapasitas lengan simping. Pada tabel 5.15 ditunjukkan persentase peningkatan kapasitas pada setiap lengan simping.

Tabel 5.15 Persentase Peningkatan Kapasitas Lengan Simpang

Lengan Simpang	Kapasitas (smp/jam)		Peningkatan (smp/jam)	%
	CDT <i>Off</i>	CDT <i>On</i>		
Kahuripan	1080	1141	61,19	6%
Semeru	1148	1406	258,07	22%
Galunggung	663	714	51,33	8%
Raya Langsep	752	813	61,78	8%
Tidar	587	659	71,74	12%
Slamet Riyadi	394	453	58,89	15%
L.A. Sucipto Timur	671	707	35,61	5%

Sumber: Hasil analisa, 2017

Dari tabel 5.15 ditunjukkan nilai peningkatan kapasitas sama dengan nilai peningkatan arus jenuh, yaitu berkisar antara 5% - 22%. Persentase paling rendah adalah pada lengan simpang Jl. L.A. Sucipto Timur yaitu 5% dan tertinggi pada Jl. Semeru yaitu 22%. Kapasitas simpang ditentukan berdasarkan nilai arus jenuh dan rasio hijau. Ketika terjadi peningkatan nilai arus jenuh dengan rasio hijau yang sama, maka persentase peningkatan kapasitas akan sama dengan peningkatan nilai arus jenuh.

**Gambar 5.22 Kapasitas Lengan Simpang Countdown Timer Off dan On**

Adanya peningkatan nilai kapasitas simpang di Kota Malang karena pengaruh dari penggunaan *countdown timer*, menguatkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Kidwai (2005) di Kualalumpur, Malaysia. Bahwa *countdown timer* berpengaruh kepada meningkatnya kapasitas simpang.

5.4 Pengaruh Penggunaan Countdown Timer Pada Tundaan Lengan Simping

Perbedaan nilai tundaan digunakan untuk mengukur sejauh mana *countdown timer* mempengaruhi kinerja lengan simping. Analisa tundaan menggunakan model persamaan pada MKJI 1997 untuk menganalisa perbedaan waktu tundaan berdasarkan perbedaan nilai kapasitas pada dua kondisi *countdown timer*. Volume lalu lintas tertinggi kondisi *countdown timer off* digunakan sebagai acuan untuk mengukur perbedaan waktu tundaan ketika *countdown timer off* dan *on*.

Tabel 5.16 Waktu tundaan Lengan Simping

Lengan Simping	CDT	DS	DT	DG	D (detik/smp)	LOS	Selisih (detik/smp)
Kahuripan	Off	1,06	154,94	5,04	159,99	F	80,05
	On	1	77,09	2,85	79,94	E	
Semeru	Off	0,97	49,78	4,13	53,92	D	28,83
	On	0,79	20,9	4,19	25,09	C	
Galunggung	Off	1	118,04	3,84	121,89	F	47,76
	On	0,93	70,43	3,69	74,12	E	
Raya Langsep	Off	0,99	99,05	3,95	103	F	37,66
	On	0,91	61,42	3,92	65,34	E	
Tidar	Off	1,07	202,06	4,3	206,36	F	132,28
	On	0,95	70,75	3,33	74,08	E	
Slamet Riyadi	Off	1,07	214,54	4,15	218,69	F	138,53
	On	0,93	76,34	3,83	80,16	F	
Sucipto Timur	Off	0,97	78,44	2,17	80,61	F	57,91
	On	0,92	56,4	1,51	57,91	E	

Sumber: Hasil analisa, 2017

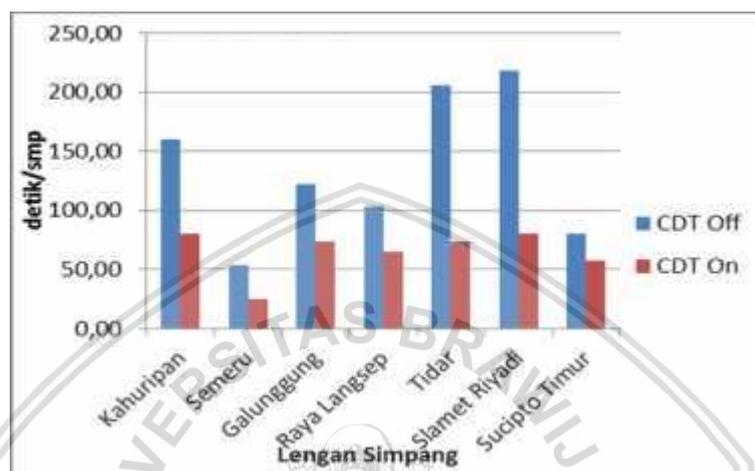
Nilai tundaan dipengaruhi oleh nilai derajat kejenuhan, kapasitas simping, rasio hijau dan volume arus lalu lintas. Pada tabel 5.16 diketahui bahwa lengan simping yang derajat kejenuhannya sama dengan 1 adalah lengan Kahuripan off, Galunggung off, Tidar off dan Slamet Riyadi off.

Tabel 5.17 Tingkat Penurunan Waktu Tundaan Lengan Simping

Lengan Simping	Tundaan (detik/smp)		Tingkat Penurunan	
	CDT <i>Off</i>	CDT <i>On</i>	(menit/smp)	%
Jl. Kahuripan	159,99	79,94	80,05	50
Jl. Semeru	53,92	25,09	28,83	53
Jl. Galunggung	121,89	74,12	47,76	39

Lengan Sempang	CDT Off	CDT On	(menit/smp)	%
Jl. Raya Langsep	103	65,34	37,66	37
Jl. Tidar	206,36	74,08	132,28	64
Jl. Slamet Riyadi	218,69	80,16	138,53	63
Jl. LA. Sucipto (timur)	80,61	57,91	22,7	28

Sumber: Hasil analisa, 2017



Gambar 5.23 Pengaruh Countdown Timer Terhadap Nilai Tundaan Lengan Sempang

Dari hasil analisa nilai tundaan pada dua kondisi countdown timer, diketahui adanya pengurangan waktu tundaan pada semua lengan simpang, persentase pengurangan waktu tundaan rata-rata 48% dengan pengurangan waktu tunda rata-rata 22-138 detik/smp. Penurunan waktu tundaan paling rendah yaitu pada lengan simpang Jl. L.A. Sucipto yaitu 28% dan tertinggi pada lengan simpang Jl. Tidar yaitu 64%.

Jika melihat pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh M.R. Ibrahim, Chiou dan Chan bahwa penggunaan alat *countdown timer* dapat mengurangi tundaan (*delay*) keberangkatan arus. Maka hasil analisa pengaruh *countdown timer* terhadap waktu tundaan di Kota Malang sama dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di Malaysia dan China.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian tentang pengaruh penggunaan *countdown timer* pada simpang bersinyal di Kota Malang ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan *countdown timer* meningkatkan nilai arus jenuh rata-rata 5%-22% bergantung pada lebar W_e dan waktu hijau (g)
2. Penggunaan *countdown timer* meningkatkan kapasitas lengan simpang 5%–22%.
3. Penggunaan *countdown timer* mengurangi waktu tundaan antara 22 detik-138 detik/smp.

6.2 Saran

Saran dari hasil penelitian adalah.

1. Berdasarkan hasil pengamatan, penggunaan *countdown timer* berpeluang meningkatkan pelanggaran sebelum waktu hijau dan mampu mengurangi pelanggaran setelah akhir waktu hijau. Sehingga perlu adanya tindakan-tindakan penindakan hukum untuk mengurangi tingkat pelanggaran di persimpangan.
2. Selain tindakan hukum, juga perlu dilakukan percobaan untuk perubahan tampilan sinyal *countdown timer* sebagai usaha untuk mengurangi tingkat pelanggaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Ditjen Bina Marga
- Chiou, Y.C. & Chang, C.H. 2010. Driver Responses to Green and Red Vehicular Signal Countdown Displays: Safety and Efficiency Aspects, *Accident Analysis and Prevention Journal*. 42 (2010): 1057–1065. Elsevier Publisher.
- Ibrahim, M.R., Kidwai, F.A., Karim, M.R. 2008. The effect of Digital Count-Down Display on Signalized Junction Performance, *American Journal of Applied Sciences* 5. (5): 479-482,2008. Science Publications.
- Juremalani, J.R. 2015. Capacity and Level of Service for Signalized Intersection Under Mix Traffic Conditions- A Global Scenario, *Journal of Mechanical and Civil Engineering*. Vol.1 (2015): Issue-6.Paper-8.
- Kidwai, F.A. 2005. Traffic Flow Analysis og Digital Count Down Signalized Urban Intersection, *Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Vol.5: pp.1301-1308,2005. Proceedings.
- Kockelman, K.M. 2000. Effect of Vehicle Type On The Capacity of Signalized Intersections: The Case of Light Duty Trucks, *Journal of Transportation Engineering*. 126 (6): 506-512,2000.
- Kumar, R.P. 2012.Estimation of Delay at Signalized Intersection for Mixed Traffic Condition of a Developing Country, *International Journal of Civil Engineering*. Vol.11, No. 1, Transaction A: Civil Engineering.
- Li, Z. & Zhang, J. 2014. Measurement and Comparative Analysis of Driver's Perception- Reaction Time To Green Phase At The Intersections With and Without A Countdown Timer, *Transportation Research Part F*. 22 (2014): 50–62. Elsevier Publisher.
- Morlok, E.K. 1978. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga
- Nguyen, H.D. 2016. Saturation Flow Rate Analysis at Signalized Intersections for Mixed Traffic Conditions in Motorcycle Dependent Cities, *Transportation Research Procedia*. Vol.15 (2016): 694-708. Elsevier Publisher.
- Papaioannou, P & Politis, I. 2014. Preliminary Impact Analysis of Countdown Signal Timer Installations At Two Intersections In Greece, *Procedia Enginering Journal*. 84 (2014): 634–647. Elsevier Publisher

Siregar, S. 2012. *Statistik Parametrik Untuk Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Bumi Aksara

Wenbo, S. 2013. Exploring impact of Countdown Timers on Queue Discharge Characteristics of Through Movement at Signalized Intersections, *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 96 (2013): 255–264. Elsevier Publisher



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Kahuripan CDT <i>OFF</i>	67
Lampiran 2. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Kahuripan CDT <i>ON</i>	68
Lampiran 3. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Semeru CDT <i>OFF</i>	69
Lampiran 4. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Semeru CDT <i>ON</i>	70
Lampiran 5. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Galunggung CDT <i>OFF</i>	71
Lampiran 6. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Galunggung CDT <i>ON</i>	72
Lampiran 7. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Raya Langsep CDT <i>OFF</i>	73
Lampiran 8. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Raya Langsep CDT <i>ON</i>	74
Lampiran 9. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Terusan Dieng CDT <i>OFF</i>	75
Lampiran 10. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Terusan Dieng CDT <i>ON</i>	76
Lampiran 11. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Tidar CDT <i>OFF</i>	77
Lampiran 12. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Tidar CDT <i>ON</i>	78
Lampiran 13. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Slamet Riyadi CDT <i>OFF</i>	79
Lampiran 14. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Slamet Riyadi CDT <i>ON</i>	80
Lampiran 15. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. LA. Sucipto Barat CDT <i>OFF</i>	81
Lampiran 16. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. LA. Sucipto Barat CDT <i>ON</i>	82
Lampiran 17. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. LA. Sucipto Timur CDT <i>OFF</i>	83
Lampiran 18. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. LA. Sucipto Timur CDT <i>ON</i>	84
Lampiran 19. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Pattimura CDT <i>OFF</i>	85
Lampiran 20. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Pattimura CDT <i>ON</i>	86
Lampiran 21. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Urip Sumoharjo CDT <i>OFF</i>	87
Lampiran 22. Data Arus Jenuh Lengan Simpang Jl. Urip Sumoharjo CDT <i>ON</i>	88
Lampiran 23. Hasil Uji Statistik Lengan Simpang Jl. Kahuripan	89
Lampiran 24. Hasil Uji Statistik Lengan Simpang Jl. Semeru	92
Lampiran 25. Hasil Uji Statistik Lengan Simpang Jl. Galunggung.....	95
Lampiran 26. Hasil Uji Statistik Lengan Simpang Jl. Raya Langsep.....	98
Lampiran 27. Hasil Uji Statistik Lengan Simpang Jl. Terusan Dieng.....	101
Lampiran 28. Hasil Uji Statistik Lengan Simpang Jl. Tidar.....	104



Lampiran 29. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. LA. Sucipto Barat 107
Lampiran 30. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. LA. Sucipto Timur 110
Lampiran 31. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. Pattimura..... 113
Lampiran 32. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. Urip Sumoharjo 116
Lampiran 33. Dokumentasi Survai Arus Jenuh..... 119



Lampiran 29. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. LA. Sucipto Barat 107
Lampiran 30. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. LA. Sucipto Timur 110
Lampiran 31. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. Pattimura..... 113
Lampiran 32. Hasil Uji Statistik Lengan Simping Jl. Urip Sumoharjo 116
Lampiran 33. Dokumentasi Survai Arus Jenuh..... 119

