

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **1.1.1 Penelitian Terdahulu**

Bimaputra dkk (2018) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kinerja dan Ruas Jalan di Kawasan Pahlawan, Kota Bandung”. Tujuan penelitian adalah menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang, selain itu untuk mengembangkan alternatif solusi peningkatan kinerja, pelayanan simpang, dan ruas jalan tinjauan. Standar acuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 dan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil kinerja simpang masih dibawah rata-rata atau belum memenuhi persyaratan operasional dan analisa ruas jalan sebagai pendekatan menggunakan *Software VISSIM*.

Rahman (2016) melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Simpang Empat Bersinyal Pasar Lemabang Kota Palembang Dengan Program Simulasi Vissim”. Tujuan dari penellitian ini adalah mengevaluasi kinerja persimpangan, kondisi lalu lintas, dan menganalisis beberapa alternatif lalu lintas. Pada persimpangan ini memiliki sinyal lalu lintas akan tetapi tidak memiliki rambu lalu lintas dan volume kendaraan yang padat. Dengan menggunakan beberapa solusi alternatif melalui *software VISSIM*. Hasil model simulasi menunjukkan bahwa diperlukan peningkatan median, geometrik jalan dan menghilangkan pemblokiran ditengah persimpangan untuk memberikan kinerja yang lebih baik yaitu terdapat pada alternatif 1 dan alternatif 2.

Pradana dkk (2016) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Ciruas Serang”. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang bersinyal saat kondisi eksisting, dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang bersinyal kemudian mencari solusi alternatif pemecahan permasalahan pada simpang Ciruas Serang. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis berdasarkan Manual Kapsitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil dari penelitian diketahui belum mendekati jenuh dibuktikan dengan adanya satu pendekatan yang menghasilkan ( $ds < 0,75$  ; jenuh) yaitu pendekatan barat sebesar 0,8 sedangkan utara, selatan, dan timur menghasilkan

( $ds < 0,75$  ; tidak jenuh) masing-masing sebesar 0,4, 0,66, 0,41. Kapasitas yang dihasilkan sebesar 379, 403, 1062, 1371 smp/jam. Panjang antrian tertinggi terdapat pada pendekat barat yaitu 126,5 m. Besar nilai angka henti seluruh simpang adalah 0,89 stop/smp. Tundaan rata-rata simpang 46,5 det/smp dan masuk kategori tingkat pelayanan simpang (*LOS*) pada tingkat E ( $> 40 - 60$  det/smp). Dalam meningkatkan kinerja simpang Ciruas maka dilakukan alternatif perbaikan dengan melakukan pengaturan sinyal ulang, perubahan fase dan melakukan pelebaran geometrik jalan dan dihasilkan derajat kejenuhan pendekat Utara = 0,3, Selatan = 0,46, Barat = 0,55, Timur = 0,42. Kemudian tingkat pelayanan simpang berada pada tingkat C.

Utomo dkk (2016) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Perilaku Lalu Lintas Pada Simpang dan Koordinasi Antar Simpang (Studi Kasus : Simpang Stasiun Brambanan – Simpang Taman Wisata Candi)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbaikan dengan koordinasi sinyal lalu lintas atau merancang waktu siklus baru pada dua persimpangan pendek yang terpisah dan terletak di sekitar Candi Perambanan dimana jarak persimpangan ini hanya 436 m, sementara volume lalu lintas terlalu tinggi dan tidak ada sinyal koordinasi dipersimpangan ini sehingga menyebabkan kemacetan. Pada penelitian menggunakan perangkat lunak *VISSIM* sebagai simulasi waktu penundaan sinyal lalu lintas. Hasil menunjukkan rute lalu lintas yang menghasilkan waktu perjalanan 57,24 detik dan rata – rata perjalanan kecepatan 27,42 km/jam dengan tingkat pelayanan E, pada priode jam sibuk. Alternatif terbaik waktu siklus jam sibuk adalah 117 detik, penundaan rata-rata 17,65 detik, waktu perjalanan antara persimpangan adalah 50,99 detik, kecepatan perjalanan rata-rata 30,78 kilometer / jam dan tingkat pelayanan E. Waktu tempuh dari East leg di persimpangan 1 ke East leg di persimpangan ke-2 (Rute Yogya-Solo) adalah 31,73 detik, penundaan 15,57 detik, kecepatan perjalanan rata-rata 49,47 kilometer / jam dengan tingkat pelayanan E. Pada periode jam sibuk, penundaan rata-rata yang ada adalah 19,59 detik, waktu tempuh rata-rata 39,6 detik dan kecepatan rata-rata 39,64 kilometer / jam dengan tingkat layanan E. Alternatif terbaik dari waktu siklus baru adalah 98 detik, penundaan rata-rata 16,42 detik, waktu perjalanan 30,77 detik, kecepatan perjalanan rata-rata 51,01 kilometer / jam, dan tingkat layanan D. Waktu tempuh dari East leg di persimpangan 1 ke persimpangan 2 adalah 27,25 detik, penundaan

14,83 detik, kecepatan tempuh rata-rata 57,60 kilometer / jam dengan tingkat layanan D.

Rumayar dan Lefrandt (2018) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Simpang Tak Bersinyal Dengan Bundaran (Studi Kasus: Bundaran Tugu Tololiu Tomohon)”. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang tak bersinyal dengan bundaran, dan melakukan analisis kapasitas simpang melalui simulasi dengan data *forecasting*. Pada penelitian ini menggunakan metode adalah observasi dan pengambilan data langsung dari lapangan. Pengambilan data primer diperoleh dengan pengamatan dilapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Standar acuan yang digunakan sebagai analisis adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Lubis dan Surbakti (2016) melakukan penelitian dengan judul “Analisa Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal dan Mikro Simulasi Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus: Simpang Hotel Danau Toba Internasional dan Simpang Karya Wisata di Kota Medan)”. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis arus jenuh dan panjang antrian kemudian membandingkan nilai panjang antrian keadaan dilapangan dengan hasil yang didapat melalui simulasi pada *software VISSIM*. Standar acuan pada penelitian ini menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan metode *time slice* untuk menghitung arus jenuh kemudian *software VISSIM* sebagai analisis panjang antrian. Hasil disimpulkan bahwa nilai arus jenuh maksimum dengan metode *time slice* pada simpang HDTI terjadi pada kaki simpang Jl. Imam Bonjol dengan nilai = 7427 smp/jam, kemudian dari simpang Karya Wisata nilai arus jenuh maksimum terjadi pada kaki simpang Jl. A. H. Nasution Timur dengan nilai = 7025 smp/jam.

Baafi dkk (2018) melakukan penelitian dengan judul “Volume Waran Untuk Jalur Lalu Lintas Berbelok Kiri dan Jalan Utama di Persimpangan-persimpangan: Studi Kasus Menggunakan Pemodelan VISSIM”. Tujuan penelitian adalah peningkatan persimpangan di Ghana yaitu dengan pengaturan sinyal. Tindak pemasangan jalur belok kiri untuk meningkatkan efisiensi keamanan simpang. Dalam penelitian ini digunakan *software* simulasi yaitu VISSIM yang kemudian dikalibrasi menggunakan arus lalu lintas, data delay, dan panjang antrian maksimum. Hasil disimpulkan tingkat pelayanan (LOS) adalah C, memotong titik

25 detik/kend sebagai keterlambatan maksimum diterima untuk lalu lintas belok kiri jalan minor.

Irawan dan Putri (2015) melakukan penelitian dengan judul “Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (studi kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). Tujuan penelitian adalah membuat standar proses kalibrasi pada simpang yang nantinya dipresentasikan pada model simulasi yaitu Vissim. Proses kalibrasi dilakukan secara trial and error dengan mempertimbangkan perilaku pengemudi agresif, terdapat dua variable yang diamati yaitu jumlah volume lalu lintas dan panjang antrian. Hasil menunjukkan beberapa parameter perlu kalibrasi pada vissim adalah pemilihan lajur jalan pada arus bebas perilaku pengemudi, sudut belok kendaraan, jarak antar kendaraan saat terhenti maupun memasuki pendekat simpang.

Sriharyani dan hadijah (2018) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Diponegoro Sudut Polres Kota Metro”. Tujuan penelitian adalah menganalisis kinerja simpang mencakup kapasitas, panjang antrian, kendaraan berhenti dan tundaan. Standar acuan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil dari alternatif menunjukkan perlu adanya perubahan waktu hijau pada keempat pendekat menjadi 21, 26 17 dan 20 detik pada setiap lenganya.

Bawangun dkk (2015) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Untuk Simpang Jalan W.R. Supratman dan Jalan B.W. Lopian di Kota Manado”. Tujuan penelitian adalah Menganalisis simpang tak bersinyal dan meningkatkan kinerja menggunakan data eksisting dan data *forecasting* berdasarkan (MKJI) 1997. Hasil hasil analisis dapat disimpulkan bahwa simpang Jalan W.R.Supratman dan Jalan B.W.Lopian memiliki nilai Derajat Kejenuhan (DS) = 1,036 pada jam sibuk Senin sore. Mengindikasikan bahwa saat ini kondisi simpang itu buruk. Alternatif solusi diterapkan pelarangan belok kanan untuk jalan minor, pelebaran jalan utama dan pelebaran jalan minor, maka nilai Derajat Kejenuhan = 0,666.

## 2.1. Landasan Teori

### 2.2.1. Transportasi

Transportasi adalah pemindahan manusia maupun barang dari tempat asal ketempat tujuan. Proses perpindahan diartikan sebagai gerakan dari tempat kegiatan dimulai ketempat yang dituju. Peranan dari transportasi sangat penting karena menghubungkan daerah produksi, pemasaran dan pemukiman (Budiman dkk., 2016).

Menurut Sri Atmaja P. Rosyidi (2016) transportasi adalah perpindahan yang merupakan pergerakan dalam memindahkan suatu objek baik orang ataupun barang dari tempat asal ke tempat tujuan.

### 2.2.2. Simpang

Simpang merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari semua system jalan. Persimpangan didefinisikan daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas didalamnya (AASHTO, 2001 dalam C. Jotin Khisty, B. Kent Lall, 2005).

Simpang adalah sebuah area kritis pada jalan yang merupakan titik konflik dan titik kemacetan karena pertemuan antara dua ruas atau lebih jalan. Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan sebagai pengoptimalan kapasitas jaringan jalan, dengan adanya koordinasi sinyal (APILL) diharapkan bisa mengurangi waktu tundaan (*delay*) dan dapat memghindarkan antrian kendaraan yang panjang (Utomo dkk., 2016).

Persimpangan didefinisikan sebagai tempat atau daerah umum dimana dua jalan atau lebih yang bergabung termasuk fasilitas tepi jalan sebagai pergerakan lalu lintas didalamnya. Persimpangan sebidang dapat dikelompokkan berdasarkan cabangnya yaitu pertemuan sebidang bercabang tiga, bercabang empat dan pertemuan sebidang bercabang banyak (Saputro dkk., 2018).

Persimpangan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari pertemuan antara beberapa arus kendaraan dan kemudian mengakibatkan perpencaran meninggalkan simpang tersebut (Ansusanto dan Tanggu, 2016).

Berdasarkan pengaturanya simpang dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Simpang tak bersinyal (*Unsignalized intersection*)

Simpang tanpa menggunakan APPIL atau sinyal lalu lintas. Pada simpang jenis ini pengedara atau pengguna jalan yang memutuskan apakah jalan cukup aman sebelum melewati simpang tersebut.

## 2. Simpang bersinyal (*Signalized Intersection*)

Simpang jenis ini menggunakan pengoperasian sinyal lalu lintas, sehingga pemakai jalan hanya boleh lewat sesuai saat sinyal menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

### 2.2.3. Waktu Siklus Simpang Bersinyal

Menurut MKJI (1997) waktu siklus adalah selang waktu pada urutan perubahan sinyal yang lengkap yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama. Untuk setiap fase biasanya dibutuhkan waktu maksimal 120 detik untuk waktu siklus yang dibagi menjadi lampu merah, lampu kuning dan lampu hijau. Penentuan lama waktu merah, kuning, dan hijau berdasarkan kelompok fasenya.

Tabel 2.1 Panjang waktu siklus simpang bersinyal (MKJI, 1997)

Jumlah <i>Phase</i>	Panjang waktu siklus yang disarankan
2	40 – 80
3	50 – 100
4	80 - 130

Sebelum ditentukan waktu sinyal , waktu siklus dan waktu hijau ditentukan terlebih dahulu pada tiap – tiap fase. Penundaan rata – rata akan terjadi peningkatan apabila waktu siklusnya terlalu panjang. Kesalahan dalam penentuan lama waktu siklus.

### 2.2.4. Komposisi Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997) beberapa komposisi lalu lintas dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Kendaraan Ringan (*Light vehicle*) adalah kendaraan bermotor yang mempunyai as dua dengan roda empat, jarak as 2,0 – 3,0 meter. Sebagai contoh: kendaraan/mobil penumpang, pick up dan truk kecil.
2. Kendaraan Berat (*Heavy vehicle*) adalah kendaraan bermotor yang mempunyai empat roda atau lebih. Sebagai contoh: bis, truk dua as, dan truk tiga as.

3. Sepeda Motor (*Motor Cycle*) adalah kendaraan bermotor meliputi dua roda dan tiga roda. Sebagai contoh: Sepeda motor, bajaj, bemo dan beberapa kombinasi sesuai komposisi Bina Marga).
4. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmotorized vehicle*) adalah kendaraan dengan roda yang digerakan oleh tenaga manusia. Sebagai contoh becak, sepeda, kereta kuda dan kereta dorong.

Tabel 2.2 Nilai-Nilai Normal Untuk Komposisi Lalu Lintas (MKJI, 1997)

Ukuran kota juta penduduk	Komposisi lalu lintas kendaraan bermotor (%)			Rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV)
	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan berat (HV)	Sepeda motor (MC)	
	>3 juta	60	4,5	
1-3 juta	55,5	3,5	41	0,05
0,5-1 juta	40	3	57	0,14
0,1-0,5 juta	63	2,5	34,5	0,05
<0,1 juta	63	2,5	34,5	0,05

### 2.2.5. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

Alat pemberi isyarat lalu lintas adalah perangkat peralatan teknis yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lampu lalu lintas orang dan atau kendaraan dipersimpangan ataupun ruas jalan (Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993).

Alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur lalu lintas orang dan/atau kendaraan dipersimpangan atau pada ruas jalan. (Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009).

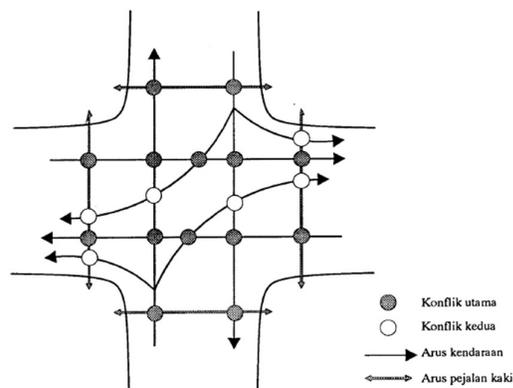
Menurut MKJI (1997) sinyal lampu lalu lintas memiliki parameter pengatur sinyal terdapat pada table berikut:

Tabel 2.3 Parameter Pengatur Sinyal (MKJI, 1997)

Notasi	Istilah	Keterangan
I	Fase	Bagian dari siklus lalu lintas dengan lampu hijau, kuning, merah, all red yang disediakan untuk pergerakan lalu lintas
C	Waktu siklus	Waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sbg. contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekatan yang sama; det.)
G	Waktu hijau	fase untuk kendali lalu-lintas aktuasi kendaraan (det.)
G <sub>max</sub>	Waktu hijau maksimum	Waktu hijau maksimum yang diijinkan dalam suatu fuse untuk kendali lalu-lintas aktuasi kendaraan (det.)
G <sub>min</sub>	Waktu hijau minimum	Waktu hijau minimum yang diperlukan (sbg.contoh, karena penyeberangan pejalan kaki, det.).
GR	Rasio hijau	dalam suatu pendekatan ( $GR = g/c$ ).
ALL RED	Waktu merah semua	Waktu di mana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekatan-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berturutan (det.)
AMBER	Waktu kuning	Waktu di mana lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam sebuah pendekatan (det.).
IG	Antar hijau	Periode kuning+merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (det.).
LTI	Waktu hilang	Jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (det). Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

Menurut MKJI (1997) pada umumnya alasan digunakanya sinyal lalu lintas adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan sebuah simpang oleh arus lalu-lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas simpang dapat dipertahankan selama keadaan lalu-lintas puncak.
2. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas yang disebabkan oleh tabrakan antara kendaraan-kendaraan yang berlawanan arah. Pemasangan sinyal lalu-lintas dengan alasan keselamatan lalu-lintas umumnya diperlukan bila kecepatan kendaraan yang mendekati simpang sangat tinggi dan/atau jarak pandang terhadap gerakan lalu-lintas yang berlawanan tidak memadai yang disebabkan oleh bangunan-bangunan atau tumbuhtumbuhan yang dekat pada sudut-sudut simpang.
3. Untuk mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan minor.



Gambar 2.1 Konflik-konflik utama dan kedua pada persimpangan

(Sumber: MKJI, 1997)

### 2.2.6. Kinerja Perlengkapan Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri No. 96 Tahun (2015) kinerja perlengkapan jalan yang berkaitan langsung yang dimaksud dalam hal ini adalah yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan, meliputi:

1. Alat pemberi isyarat lalu lintas
2. Rambu lalu lintas
3. Marka jalan
4. Alat penerangan jalan

5. Alat pengendali pemakaian jalan, terdiri atas alat pembatas kecepatan, alat pembatas tinggi dan lebar kendaraan
6. Alat pengaman pemakai jalan, terdiri atas pagar pengaman, cermin tikungan, tanda patok tikungan (*Delineator*), pulau-pulau lalu lintas dan pita penghaduh.
7. Fasilitas pendukung kegiatan lalu lintas dan angkutan jalan yang berada di jalan maupun diluar badan jalan meliputi jalur khusus angkutan umum, jalur/lajur sepeda motor, jalur/lajur kendaraan tidak bermotor, parkir pada badan jalan, dan fasilitas pemindahan moda dalam rangka integrasi pelayanan intra dan antar moda.
8. Fasilitas pendukung penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan, meliputi trotoar, lajur sepeda, tempat penyebrangan pejalan kaki, halte atau fasilitas khusus bagi penyandang cacat dan manusia usia lanjut.

Kinerja perlengkapan jalan meliputi:

- a. Keberadaan (ada atau tidak ada)
- b. Lokasi (tepat atau tidak tepat)
- c. Kondisi (baik atau rusak)
- d. Fungsi (berguna atau tidak berguna)

### **2.2.7. Faktor-Faktor Kinerja Simpang**

Faktor-faktor yang menentukan kinerja pada suatu simpang bersinyal adalah sebagai berikut:

1. Tingkat pelayanan atau LoS (*Level of Service*)

Menurut MKJI (1997) adalah ukuran kualitatif yang mencerminkan perilaku pengemudi tentang kualitas berkendara dan menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu-lintas dan penilaiannya oleh pemakai jalan. Pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu-lintas, keenakan, kenyamanan, dan keselamatan.

2. Kapasitas (C)

Menurut MKJI (1997) Kapasitas didefinisikan sebagai arus lalu lintas maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam. Kemampuan ruas jalan atau volume dalam keadaan satuan waktu

tertentu, terhitung saat kendaraan melintasi ruas jalan tertentu dalam kurun waktu per satuan jam kend/jam atau smp/jam.

3. Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut MKJI (1997) derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Biasanya dihitung dalam satuan per jam.

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas dinyatakan dalam (smp/jam). Derajat kejenuhan digunakan untuk analisa perilaku lalu-lintas.

4. Rasio Kendaraan Terhenti (Psv)

Menurut MKJI (1997) rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti dari sinyal.

5. Tundaan ( $T_L$ )

Menurut MKJI (1997) tundaan adalah Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang. Berikut tundaan terbagi menjadi dua yaitu:

- a. Tundaan lalu lintas (DT) adalah tundaan yang disebabkan oleh pengaruh adanya interaksi lalu lintas terhadap kendaraan lain.
- b. Tundaan geometric (DG) adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan untuk melewati fasilitas jalan atau lengkung horizontal pada simpang.

6. Panjang Antrian (QL)

Menurut MKJI (1997) yaitu panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m). Panjang antrian (QL) diperoleh dari hasil perkalian antrian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20m^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk ( $W_{masuk}$ ).

7. Waktu Siklus (c)

Menurut MKJI (1997) waktu siklus adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sebagai contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama).

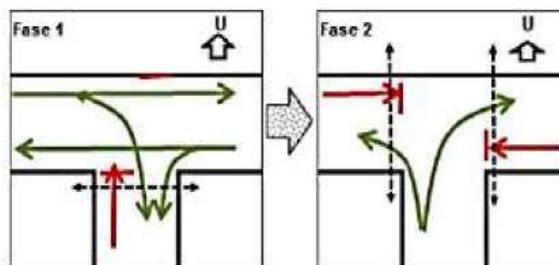
Tabel 2.4 Waktu Siklus Untuk Keadaan Yang Berbeda (MKJI, 1997)

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

Menurut MKJI (1997) nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan <10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

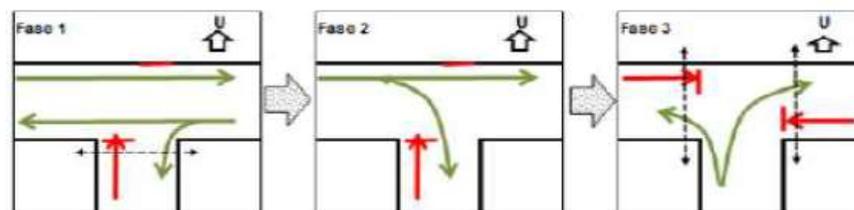
Fase adalah bagian dari waktu siklus sinyal dengan lampu hijau yang disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas yang disediakan terhadap pengguna jalan. Beberapa pembagian jenis fase adalah sebagai berikut:

- e. Pengaturan lampu APILL dengan dua fase



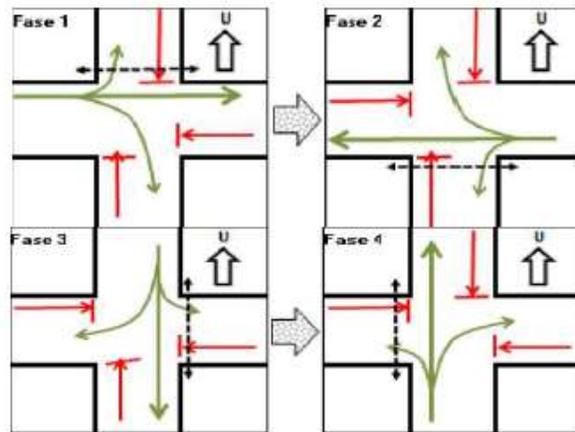
Gambar 2.2 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Dua Fase

- f. Pengaturan lampu APILL dengan tiga fase



Gambar 2.3 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Tiga Fase

## g. Pengaturan lampu APILL dengan empat fase



Gambar 2.4 Simpang Tiga Bersinyal Dengan Empat Fase

Tabel 2.5 Penentuan Waktu Antar Hijau (MKJI, 1997)

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	Nilai Normal Waktu
		Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 det per fase
Sedang	10 – 14 m	5 det per fase
Besar	$\geq 15$ m	$\geq 6$ det per fase

## 8. Arus Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997), jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu pada hulu, pendekatan per satuan waktu kend/jam atau smp/jam.

Arus lalu lintas (*flow*) adalah volume kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan, pada periode waktu tertentu dan diukur per satuan waktu tertentu. Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor (volume kendaraan) yang melalui sebuah titik di jalan per satuan waktu, dinyatakan kend/jam ( $Q_{kend}$ ) atau skr/jam ( $Q_{smp}$ ) atau LHRT (Ansusanto dan Tanggu, 2016).

## 9. Hambatan Samping

Menurut MKJI (1997) interaksi antara arus lalu lintas dengan kegiatan pada samping jalan yang menyebabkan pengurangan arus jenuh pada pendekatan.

## 10. Kecepatan

Menurut Peraturan Menteri No. 96 Tahun (2015) kecepatan lalu lintas dapat diukur sebagai:

a. Kecepatan setempat (*Spot Speed*)

Kecepatan setempat (*Spot Speed*) adalah kecepatan sesaat di lokasi tertentu pada suatu ruas jalan. Terdapat 2 jenis kecepatan rata-rata setempat (*Mean Spot Speed*), yaitu:

- 1) Kecepatan rata-rata waktu (*Time Mean Speed*) yang merupakan rata-rata aritmatik kecepatan kendaraan yang melintasi suatu titik selama rentang waktu tertentu.
- 2) Kecepatan rata-rata ruang (*Space Mean Speed*) yang merupakan rata-rata aritmatik kecepatan kendaraan yang berada pada rentang jarak tertentu pada waktu tertentu.

b. Kecepatan tempuh (*Travel Speed*)

Kecepatan Tempuh (*Travel Speed*) merupakan kecepatan rata-rata (km/jam) arus lalu lintas dihitung dari panjang jalan bagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan. Waktu tempuh rata-rata digunakan kendaraan menempuh segmen jalan dengan panjang tertentu, termasuk semua tundaan waktu berhenti (detik) atau jam. Waktu tempuh tidak termasuk berhenti untuk istirahat dan perbaikan kendaraan.

c. Kecepatan arus bebas (*Free Flow Speed*)

Kecepatan arus bebas (*Free Flow Speed*) merupakan kecepatan rata-rata teoritis (km/jam) lalu lintas pada kerapatan = 0, yaitu tidak ada kendaraan yang lewat. Kecepatan arus bebas (*Free Flow Speed*) juga diartikan sebagai kecepatan (km/jam) kendaraan yang tidak dipengaruhi oleh kendaraan lain (yaitu kecepatan dimana pengendara merasakan perjalanan yang nyaman, dalam kondisi geometric, lingkungan dan pengaturan lalu lintas yang ada, pada segmen jalan dimana tidak ada kendaraan lain).

### 2.2.8. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas (Peraturan Menteri No 96 Tahun 2015).

Menurut Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan pada ruas jalan dan persimpangan, diklasifikasikan atas beberapa tingkat sebagai berikut:

#### 1. Tingkat Pelayanan Pada Ruas Jalan

Tabel 2.6 Tabel Klasifikasi Pelayanan Simpang (Peraturan Menteri No. 96, 2015)

Tingkat Pelayanan	Arus Lalu Lintas	Volume Kendaraan	Kecepatan Kendaraan (km/jam)	Kepadatan Lalu Lintas
A	Arus bebas	Rendah	> 80	Sangat rendah
B	Arus stabil	Sedang	> 70	Rendah
C	Arus stabil	Tinggi	> 60	Sedang
D	Arus tidak stabil	Tinggi	> 50	Sedang
E	Arus mendekati tidak stabil	Mendekati kapasitas jalan	> 30	Tinggi
F	Arus tertahan	Rendah	< 30	Sangat tinggi

#### 2. Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan

Tabel 2.7 Tabel Klasifikasi Pelayanan Simpang (Peraturan Menteri No. 96, 2015)

Tingkat Pelayanan	Tundaan Kendaraan
A	< 5 detik
B	5 – 15 detik
C	15 – 25 detik
D	25 – 40 detik
E	40 – 60 detik
F	> 60 detik

### 2.2.9. *Software* VTP VISSIM

VISSIM merupakan simulasi Mikroskopis, berdasarkan waktu dan perilaku yang dikembangkan untuk model lalu lintas perkotaan. Sehingga membuat *software* ini menjadi *software* yang berguna untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang paling efektif.

Berikut beberapa penjelasan mengenai pengertian/definisi, kemampuan dan fitur-fitur atau menu yang tersedia pada *software PTV VISSIM* yaitu:

#### 1. Definisi *software PTV VISSIM*

VISSIM adalah multi-moda lalu lintas perangkat lunak aliran mikroskopik simulasi. Hal ini dikembangkan oleh (Planning Transportasi Verkehr AG) di Karlsruhe Jerman. Nama ini berasal dari “*Verkehr Stadten – SIMulationsmodell*” (bahasa Jerman untuk “Lalu lintas di kota-model simulasi”). VISSIM dimulai pada tahun 1992 dan saat ini pemimpin pasar global. VISSIM model simulasi telah dipilih untuk mengkalibrasi kondisi lalu lintas (PTV-AG, 2015 dalam Faisal dkk., 2017).

PTV VISSIM adalah perangkat lunak berbasis mikrosimulasi yang dikembangkan untuk menganalisa karakteristik lalu lintas perkotaan, pejalan kaki, dan juga sistem angkutan umum. Lebih khusus, *Vissim* dapat digunakan untuk menganalisa aliran lalu lintas, seperti konfigurasi jalur, komposisi lalu lintas, pengoperasian transportasi umum, dan lain-lain (PTV, 2012 dalam Misdalena 2019).

#### 2. Kemampuan *software PTV VISSIM*

VISSIM menyediakan kemampuan animasi dengan perangkat tambahan dalam 3-D. Simulasi jenis kendaraan (yaitu dari mobil penumpang, truk, kereta api dan kereta api berat). Selain itu, klip video dapat direkam dalam program dengan kemampuan untuk secara dinamis mengubah pandangan dan perspektif. VISSIM merupakan jaringan jalan yang terdiri dari link konektor bukan link-node. Program ini dapat menganalisis lalu lintas dan operasi perjalanan yang masih terkendala seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas dan halte sehingga membuatnya menjadi alat yang berguna untuk evaluasi berbagai alternatif berdasarkan rekayasa

transportasi dan langkah-langkah perencanaan efektivitas (PTV-AG 2015, dalam Basrin dkk., 2017)

3. Daftar menu pada *software PTV VISSIM*

Berikut daftar menu atau fitur di dalam *software VTP VISSIM*:

Tabel 2.8 Daftar Menu *File* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>New</i>	Untuk membuat program VISSIM baru
<i>Open</i>	Membuka file Program
<i>Open Layout</i>	Baca di tata letak file *.lyx dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
<i>Open Default Layout</i>	Baca default file layout *.lyx dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
<i>Read Additionally</i>	Buka File program selain program yang ada
<i>Save</i>	Untuk menyimpan program yang sedang dibuka
<i>Save as</i>	Menyimpan program ke jalur yang baru atau menyalin secara manual ke folder baru
<i>Save Layout As Default</i>	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke file layout *.lyx
	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke file layout default.
<i>Import</i>	<i>Impor</i> data ANM dari <i>Visum</i>
<i>Eksport</i>	Mulai ekspor data ke <i>PTV Visum</i>
<i>Exit</i>	Menutup atau mengakhiri program <i>VISSIM</i>

Tabel 2.9 Daftar Menu *Edit* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Undo</i>	Untuk kembali perintah sebelumnya
<i>Redo</i>	Untuk kembali perintah sesudahnya
<i>Rotate Network</i>	Masukkan sudut sekitar jaringan yang diputar
<i>Move Network</i>	Memindahkan jaringan
<i>User Preferences</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pilih bahasa antarmuka penggunaan <i>VISSIM</i></li> <li>➤ Kembalikan pengaturan <i>default</i></li> <li>➤ Tentukan penyisipan obyek jaringan di jaringan <i>editor</i></li> <li>➤ Tentukan jumlah fungsi terakhir dilakukan yang akan disimpan</li> </ul>

Tabel 2.10 Daftar Menu *View* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Open New Network Editor</i>	Tambah baru jaringan <i>editor</i> sebagai daerah lain
<i>Network Objects</i>	Membuka jaringan <i>toolbar</i> objek
<i>Levels</i>	Membuka <i>toolbar</i> tingkat
<i>Background</i>	Membuka <i>toolbar background</i>
<i>Quick View</i>	Memuka <i>Quick View</i>
<i>Smart Map</i>	Membuka <i>Smart Map</i>
<i>Messages</i>	Membuka halaman, menunjukkan pesan dan peringatan
<i>Simulation Time</i>	Menampilkan waktu simulasi
<i>Quick Mode</i>	Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek jaringan berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Vehicle In Network</i></li> <li>➤ <i>Pedestrian In Network</i></li> </ul> Semua jaringan lainnya yang akan ditampilkan

Tabel 2.11 Tabel Lanjutan

Elemen	Keterangan
<i>Simple Network Display</i>	<p data-bbox="641 331 1334 409">Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="690 409 1334 451">➤ <i>Desired Speed Decisions</i></li> <li data-bbox="690 451 1334 493">➤ <i>Reduced Speed Areas</i></li> <li data-bbox="690 493 1334 535">➤ <i>Conflict Areas</i></li> <li data-bbox="690 535 1334 577">➤ <i>Priority Rules</i></li> <li data-bbox="690 577 1334 619">➤ <i>Stop Signs</i></li> <li data-bbox="690 619 1334 661">➤ <i>Signal Heads</i></li> <li data-bbox="690 661 1334 703">➤ <i>Detectors</i></li> <li data-bbox="690 703 1334 745">➤ <i>Parking Lots</i></li> <li data-bbox="690 745 1334 787">➤ <i>Vehicle Inputs</i></li> <li data-bbox="690 787 1334 829">➤ <i>Vehicle Routes</i></li> <li data-bbox="690 829 1334 871">➤ <i>Public Transport Stops</i></li> <li data-bbox="690 871 1334 913">➤ <i>Public Transport Lines</i></li> <li data-bbox="690 913 1334 955">➤ <i>Nodes Measurement Areas</i></li> <li data-bbox="690 955 1334 997">➤ <i>Data Collection Points</i></li> <li data-bbox="690 997 1334 1039">➤ <i>Pavement Markings</i></li> <li data-bbox="690 1039 1334 1081">➤ <i>Pedestrian Inputs</i></li> <li data-bbox="690 1081 1334 1123">➤ <i>Pedestrian Routes</i></li> <li data-bbox="690 1123 1334 1165">➤ <i>Pedestrian Travel Time Measurement</i></li> </ul> <p data-bbox="641 1333 1334 1375">Semua objek jaringan yang ditampilkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="690 1375 1334 1417">➤ <i>Links</i></li> <li data-bbox="690 1417 1334 1459">➤ <i>Background Images</i></li> <li data-bbox="690 1459 1334 1501">➤ <i>3D Traffic Signals</i></li> <li data-bbox="690 1501 1334 1543">➤ <i>Static 3D Models Vehicles In Network</i></li> <li data-bbox="690 1543 1334 1585">➤ <i>Pedestrians In Network</i></li> <li data-bbox="690 1585 1334 1627">➤ <i>Areas</i></li> <li data-bbox="690 1627 1334 1669">➤ <i>ObstaclesRamps &amp; Stairs</i></li> </ul>

Tabel 2.12 Daftar Menu *List* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Base Data</i>	Daftar untuk mendefinisikan atau mengedit Base Data
➤ <i>Network</i>	Daftar atribut objek jaringan dengan jenis objek jaringan
➤ <i>Intersection Control</i>	yang dipilih
➤ <i>Private Transport</i>	
➤ <i>Public Transport</i>	
➤ <i>Pedestrians Traffic</i>	
<i>Graphics &amp; Presentation</i>	Daftar untuk mendefinisikan atau jaringan editing objek dan data, yang digunakan untuk persiapan grafis dan representasi yang realistis dari jaringan serta menciptakan presentasi dari simulasi.
➤ <i>Measurements</i>	Daftar data dari evaluasi simulasi
➤ <i>Results</i>	

Tabel 2.13 Daftar Menu *Base Data* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Network Setting</i>	Pengaturan <i>default</i> untuk jaringan
<i>2D/3D Model Segment</i>	Menentukan ruas untuk kendaraan
<i>2D/3D Models</i>	Membuat model 2D dan 3D untuk kendaraan dan pejalan kaki
<i>Functions</i>	Percepatan dan perlambatan perilaku kendaraan
<i>Distribution</i>	Distribusi untuk kecepatan yang diinginkan, kekuatan, berat kendaraan, waktu, lokasi, model 2D/3D, dan warna
<i>Vehicle Types</i>	Menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi teknis serupa di jenis kendaraan
<i>Vehicle Classes</i>	Menggabungkan jenis kendaraan
<i>Driving Behaviors</i>	Perilaku pengemudi
<i>Link Behaviors Types</i>	Tipe <i>link</i> , perilaku untuk <i>link</i> , dan konektor

Tabel 2.14 Tabel Lanjutan

Elemen	Keterangan
<i>Pedestrian Types</i>	Menggabungkan pejalan kaki dengan sifat yang mirip dalam jenis pejalan kaki
<i>Pedestrian Classes</i>	Pengelompokan dan penggabungan jenis pejalan kaki ke dalam kelas pejalan kaki
<i>Walking Behaviors</i>	Parameter perilaku berjalan
<i>Area Behaviors Types</i>	Perilaku daerah untuk jenis daerah, tangga dan landai
<i>Display Types</i>	Tampilan untuk link, konektor dan elemen konstruksi dalam jaringan
<i>Levels</i>	Level untuk bangunan bertingkat atau struktur jembatan untuk link
<i>Time Intervals</i>	Interval waktu

Tabel 2.15 Daftar Menu *Traffic* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Vehicle Compositions</i>	Menentukan jenis kendaraan untuk komposisi kendaraan
<i>Pedestrians Compositions</i>	Menentukan jenis pejalan kaki untuk komposisi pejalan kaki
<i>Pedestrian OD Matrix</i>	Menentukan permintaan pejalan kaki atas dasar hubungan OD
<i>Dynamic Assigment</i>	Mendefinisikan tugas parameter

Tabel 2.16 Daftar Menu *Signal Control* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Signal Controllers</i>	Membuka daftar <i>Signal Controllers</i> : Menetapkan atau mengedit SC
<i>Signal Controller Communication</i>	Membuka daftar SC Communication
<i>Fixed Time Signal Controllers</i>	Menentukan waktu dalam jaringan

Tabel 2.17 Daftar Menu *Simulation* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
Parameter	Masukkan parameter simulasi
<i>Continuous</i>	Mulai menjalankan simulasi
<i>Single Step</i>	Memulai simulasi dalam mode satu langkah
<i>Stop</i>	Berhenti menjalankan simulasi

Tabel 2.18 Daftar Menu *Evaluation* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Configuration</i>	Masukkan parameter simulasi
<i>Database Configuration</i>	Mulai menjalankan simulasi
<i>Measurement Definition</i>	Memulai simulasi dalam mode satu langkah
<i>Windows</i>	Berhenti menjalankan simulasi
<i>Result Lists</i>	Menampilkan hasil atribut dalam daftar hasil

Tabel 2.19 Daftar Menu *Presentation* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Camera Position</i>	Membuka daftar <i>Camera Position</i>
<i>Storyboards</i>	Membuka daftar <i>Storyboards/Keyframes</i>
<i>AVI Recording</i>	Merekam simulasi 3D sebagai file video dalam format file *.avi
<i>3D Anti-Aliasing</i>	Beralih 3D <i>anti-aliasing</i>

Tabel 2.20 Daftar *Menu Help* (Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9 UMY, 2017)

Elemen	Keterangan
<i>Online Help</i>	Membuka <i>Online Help</i>
<i>FAQ online</i>	Menampilkan <i>PTV VISSIM FAQ</i> di halaman web dari <i>PTV GROUP</i>
<i>Service Pack Download</i>	Menampilkan <i>VISSIM &amp; Viswalk Service Pack Download Area</i> pada halaman web dari <i>PTV GROUP</i>
<i>Technical Support</i>	Menunjukkan bentuk dukungan dari <i>VISSIM Teknis Hotlien</i> pada halaman web dari <i>PTV GROUP</i>
<i>Examples</i>	Membuka folder dengan data contoh dan data untuk tujuan pelatihan
<i>Register COM Server</i>	Mendaftarkan <i>VISSIM</i> sebagai <i>server COM</i>
<i>License</i>	Membuka jendela <i>License</i>
<i>About</i>	Membuka jendela <i>About</i>