

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pradana dkk. (2016) melakukan penelitian tentang Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Ciruas Serang. Latar belakang dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja simpang pada saat kondisi eksisting, mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja simpang serta mencari tahu alternatif solusi untuk memecahkan masalah yang timbul pada simpang Ciruas. Pada penelitian ini metode yang digunakan dalam menganalisis simpang adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fakhuriza Pradana diketahui bahwa kinerja simpang Ciruas belum mendekati jenuh. Hal ini dikarenakan hanya ada 1 pendekatan yang menghasilkan derajat kejenuhan (ds) yang lebih dari 0,75 yaitu pada pendekatan barat, sedangkan 3 pendekatan lainnya derajat kejenuhannya (ds) kurang dari 0,75. Tundaan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 45,9 det/smp dan masuk dalam tingkat pelayanan (LOS) E (>40\_60 det/smp).

Ikkal dkk. (2017) melakukan penelitian tentang Kinerja dan Tingkat Pelayanan pada Simpang Remi Kota Langsa. Latar belakang dari penelitian ini ialah untuk mengevaluasi kinerja dan *Level of Service* simpang bersinyal pada kondisi saat ini. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengambil data secara langsung ke lapangan, data yang diambil meliputi data primer dan sekunder. Untuk data primer yaitu data survei geometrik di persimpangan, data volume lalu lintas yang diperoleh dari hasil survei lapangan menggunakan metode *traffic counting*, dan data kecepatan kendaraan untuk di input pada saat pemodelan menggunakan *software VISSIM*. Kemudian data diolah menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) dan *VISSIM 6.02*. Hasil dari penelitian ini adalah diketahui bahwa pergerakan tertinggi terjadi pada sore hari, yaitu pada Jalan Sudirman Utara 424,3 smp/jam, Jalan Syiah Kuala Timur 130,2 smp/jam, Jalan Syiah Kuala Barat 291,9 smp/jam, dan Jalan Sudirman Selatan 402,8 smp/jam. Kemudian didapat nilai tundaan berdasarkan MKJI senilai

32,47 det/smp dengan *LOS* yang didapat D dan nilai tundaan berdasarkan *software VISSIM 6.02* adalah 33 det/smp dengan *LOS* yang dihasilkan adalah D.

Aryandi dan Munawar (2014) meakukan penelitian tentang penggunaan *software vissim* untuk analisis simpang bersinyal pada simpang mirota Terban Yogyakarta. Pengambilan data dilakukan pada hari rabu saat jam sibuk sore hari. Latar belakang dari penelitian ini adalah karena pada simpang ini sering terjadi kemacetan, sehingga membuat peneliti ingin mencari tahu apa penyebab dari kemacetan tersebut dan bisa mencari tahu solusi untuk bisa mengurai kemacetan tersebut. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *traffic counting* atau pencacahan lalu lintas. Kemudian dilakukan juga pengambilan data geometrik jalan dan kondisi lingkungan sekitar. Setelah semua data terkumpul barulah masuk ketahap pemodelan menggunakan *software Vissim*. Dari hasil penelitian diketahui bahwa antrian terpanjang, terpendek dan rata-rata berdasarkan pengamatan langsung adalah 76 m, 39 m dan 60 m, kemudian berdasarkan simulasi dengan menggunakan *software Vissim* adalah 64 m, 51 m dan 61 m. Sedangkan frekuensi panjang antrian yang paling sering terjadi berdasarkan simulasi *software Vissim* pada panjang antrian 61-65 m dan berdasarkan pengamatan langsung terjadi pada panjang antrian 56-60 m.

Putri dan Irawan (2015) melakukan penelitian mengenai mikrosimulasi *mixed traffic* pada simpang bersinyal dengan perangkat lunak *vissim*. Latar belakang dari penelitian ini adalah sering terjadinya kemacetan yang panjang di simpang Tugu Yogyakarta terlebih pada saat kondisi jam sibuk atau jam puncak. Hal ini membuat peneliti berupaya untuk mencari solusi untuk bisa mengurangi kemacetan tersebut. Metode penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah berupa pengambilandata primer dan sekunder. Data primer yang dikumpulkan berupa data geometrik jalan yang diambil dengan cara *walking measure*, data volume kendaraan yang dihitung menggunakan metode *traffic counting* pada jam sibuk sore hari pukul 16:00-17:00, data panjang antrian yang dihitung secara manual pada tiap lengan, serta kecepatan masing-masing jenis kendaraan yang dihitung dengan metode *journey speed*. Hasil dari penelitian ini memberikan solusi dengan perubahan waktu siklus lampu APIL. Meskipun perubahannya hanya beberapa detik saja, tapi rata-rata panjang antrian yang dihasilkan dapat berkurang

hingga 16 m/jam. Nurjannah Haryani Putri juga menyatakan bahwa perangkat lunak mikrosimulasi *Vissim* dapat dengan baik memodelkan suatu jaringan jalan dalam kondisi *mixed traffic*.

Lubis (2016) melakukan penelitian mengenai analisa arus jenuh dan panjang antrian pada simpang bersinyal dan mikrosimulasi menggunakan *software vissim* pada simpang hotel danau Toba internasional dan simpang karya wisata di kota Medan. Latar belakang dilakukannya penelitian ini adalah karena disimpang HDTI (Hotel Danau Toba Internasional) dan simpang Karya Wisata volume kendaranya sangat tinggi yang sering mengakibatkan kemacetan pada jam-jam puncak. Sehingga membuat peneliti ingin mengetahui penyebab dan apa solusi yang bisa digunakan untuk mengurai kemacetan tersebut. Metode penelitian dalam penelitian ini adalah dengan melakukan survei langsung ke lapangan untuk mengetahui kondisi lingkungan sekitar dan pengambilan data primer. Pada tahap ini dilakukan pengambilan data di lapangan seperti geometrik jalan, waktu siklus sinyal lalu lintas, panjang antrian lapangan, volume lalu lintas dan jenis kendaraan. Kemudian dilakukan analisis data menggunakan pedoman MKJI 1997 dengan metode *Time Slice* dan dilanjutkan ke tahap Simulasi Lalu Lintas Menggunakan *Software VISSIM*. Hasil dari penelitian tersebut adalah kemacetan yang terjadi di simpang Karya Wisata disebabkan karena perilaku pengguna jalan yang suka menerobos rambu-rambu lalu lintas, dan adanya RHK (Ruang Henti Khusus) bagi sepeda motor sehingga menyebabkan nilai volume kendaraan pada awal lampu hijau sangat tinggi. Untuk itu perlu adanya penertiban dari pihak yang berwenang agar pengguna jalan dapat mematuhi rambu-rambu lalu lintas yang ada sehingga dapat mengurangi kemacetan.

### **2.1.2. Penelitian Terdahulu**

Utomo dkk. (2016) dalam penelitiannya tersebut mendapatkan hasil volume lalu lintas yang tinggi disebabkan tidak ada kordinasi sinyal lampu lalu lintas yang baik, hal initerjadi selama jam puncak. Proses kalibrasi yang digunakan menggunakan Wiedemann 74 sebab pendekatan ini untuk lalu lintas perkotaan. Kalibrasi yang digunakan untuk pendekatan ini adalah untuk menentukan parameter seperti jarak aman yang sesuai dengan kendaraan yang berhenti, jarak

tambahan dari jarak aman yang sesuai. Jadi semakin kecil jarak kendaraan yang berhenti, maka antrian akan menjadi semakin kecil / pendek.

Anjarwati (2014) melakukan penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto. Pada penelitian tersebut diambil kesimpulan bahwa agar tidak terjadi kemacetan pada simpang tersebut maka harus dilakukan perubahan fase sinyal lampu apil.

Dikarenakan penggunaan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 saat ini dinilai tidak relevan untuk analisis kapasitas jalan terhadap kondisi lalu lintas di Indonesia, Yulianto dan Munawar (2017) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan nilai kapasitas jalan bebas hambatan di Indonesia menggunakan pendekatan mikrosimulasi dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Penentuan kapasitas dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu matematis, empiris, dan simulasi. Pada penelitian ini data yang dipakai berupa data rekaman video lalu lintas yang kemudian akan diolah serta diukur parameter-parameter yang diperlukan untuk melakukan analisis serta simulasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model simulasi dan kondisi lalu lintas yang sesungguhnya di lapangan, penentuan kapasitas tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan *VISSIM*.

Hormansyah dkk. (2016) melakukan penelitian dimana VISSIM digunakan untuk memodelkan sebuah perempatan jalan raya dengan kondisi lalu lintas yang disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya. Dari hasil pengujian, bisa ditarik kesimpulan jika VISSIM bisa digunakan untuk membangun sebuah prototype pada simulasi jalan raya pada kondisi dan dengan karakteristik dari kendaraan yang berbeda.

Sari (2015) melakukan analisis kinerja simpang bersinyal secara teoritis dan praktis pada simpang Jetis Yogyakarta. Analisis yang dilakukan meliputi arus jenuh, waktu siklus, perilaku lalu lintas, kapasitas dan derajat kejenuhan. Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa terjadinya lama waktu tundaan dikarenakan belum sesuainya pengaturan sinyal lampu apil dengan kebutuhan arus lalu lintas yang ada pada setiap pendekatan, dan geometric jalan sudah tidak mampu melayani kebutuhan arus yang ada.

Munawar dan Winnetou (2015) dalam penelitiannya untuk mendapatkan hasil yang baik dalam nilai volume kendaraan ataupun kecepatan kendaraan melakukan proses kalibrasi sebanyak 9 kali *trial*. Hasil yang terbaik yang didapatkan pada *trial* ke-7 karena nilai dari nilai uji MAPE merupakan nilai yang terendah daripada *trial* yang lainnya dan volume kendaraan memenuhi proses validasi. Pada analisis kecepatan didapatkan bahwa kecepatan mobil dan motor ketika dilapangan dengan yang telah di analisis menggunakan metode MKJI 1997 didapat nilai perbandingan yang jauh antara mobil dan motor. Sedangkan analisis kecepatan dengan yang disimulasikan dengan *software PTV VISSIM* tidak terlalu jauh perbedaannya.

Muchlisin (2017) melakukan analisis tarikan dan bangkitan perjalanan akibat pembangunan *mix-used plan (mix-used JogjaOne Park)* dengan metode pembanding. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kinerja simpang pada kondisi eksisting masih cukup baik, namun pada tahun 2020-2025 akan mengalami perubahan tingkat pelayanan yang signifikan karena mencapai nilai (*LOS*) F.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Transportasi**

Transportasi adalah suatu sistem yang menggerakkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lainnya, menggunakan kendaraan, pesawat maupun kapal (Rosyidi, 2016). Transportasi adalah pergerakan atau perpindahan orang dan atau barang dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan sistem tertentu untuk tujuan tertentu (Morlok E,1984).Budiman dkk. (2016) transportasi adalah berpindahnya manusia atau barang dari tempat asal ke tempat tujuan. Proses perpindahan merupakan gerakan dari tempat asal ke tempat yang dituju. Peran dari transportasi sangat penting karena menghubungkan daerah produksi, daerah pemasaran dan daerah pemukiman.

### **2.2.2. Pemodelan Transportasi**

Model dapat diartikan sebagai bentuk penyederhanaan dari suatu realita atau keadaan yang sebenarnya, seperti :

1. Pemodelan dan perencanaan transportasi
2. Model fisik ( model bangunan teknik sipil, model arsitek dan lain-lain)
3. Model persamaan (statistika dan matematika)

#### 4. Diagram dan peta

Semua model tersebut diatas merupakan bentuk cerminan dan penyederhanaan dari realita untuk suatu tujuan tertentu, seperti memberikan penjelasan, peramalan serta pengertian. Beberapa model dapat mempresentasikan realita secara akurat (Tamin, 2003).

#### 2.2.4. Simpang

Simpang adalah pertemuan antara dua ruas jalan sebidang atau tak sebidang, simpang merupakan lokasi yang sering terjadi kecelakaan karena adanya pergerakan antara kendaraan yang saling berlawanan (PP Nomor 43 tahun 1993)

Simpang bersinyal adalah simpang yang dikendalikan oleh sinyal lalu lintas. Sinyal lalu lintas ialah semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik, marka jalan dan rambu untuk memperingatkan dan mengarahkan pengendara kendaraan bermotor, pengendara tak bermotor atau pejalan kaki (Oglesby dan Hick, 1982)

#### 2.2.5. Komposisi Lalu Lintas

Menurut MKJI 1997 bahwa komposisi lalu lintas dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Kendaraan Ringan (*Light vehicle*) adalah kendaraan bermotor yang mempunyai dua sumbu as, dan lebar antara as 2 – 3 meter. Kendaraan ringan terdiri dari mobil penumpang, mobil box, mobil hantaran, truk kecil dan mikrobis.
2. Kendaraan Berat (*Heavy vehicle*) adalah kendaraan bermotor yang mempunyai sumbu roda minimal empat. Kendaraan berat terdiri dari bus, truk dua as, dan truk tiga as.
3. Sepeda Motor (*Motor cycle*) ialah kendaraan bermotor yang mempunyai roda dua atau tiga. Sepeda motor terdiri dari sepeda motor, bemo, dan lain-lain.
4. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmotorized vehicle*) ialah kendaraan yang menggunakan tenaga manusia atau hewan sebagai penggerakannya. Kendaraan bermotor terdiri dari sepeda, becak, delman, dan lain-lain.

#### 2.2.6. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

Menurut Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, bahwa alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) merupakan lampu yang mengontrol arus lalu lintas yang terdapat pada persimpangan jalan, tempat

penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat-tempat lainnya yang mempunyai arus lalu lintas.

Sinyal lampu lalu lintas menurut MKJI 1997 memiliki beberapa parameter yang digunakan seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Parameter Pengatur Sinyal

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 dalam satuan fase
g	Waktu hijau	Fase yang digunakan untuk pergerakan kendaraan.
g <sub>max</sub>	Waktu hijau maksimum	Waktu hijau maksimum yang diperbolehkan fase untuk pergerakan kendaraan.
g <sub>min</sub>	Waktu hijau minimum	Waktu hijau minimum yang dibutuhkan.
GR	Rasio hijau	Dalam suatu pendekat.
ALL RED	Waktu merah semua	Waktu dimana sinyal merah menyala secara bersama pada semua lengan.
AMBER	Waktu kuning	Waktu ketika lampu kuning menyala setelah lampu hijau.
IG	Antar hijau	Waktu lampu kuning dan merah semua antar dua fase yang berurutan.

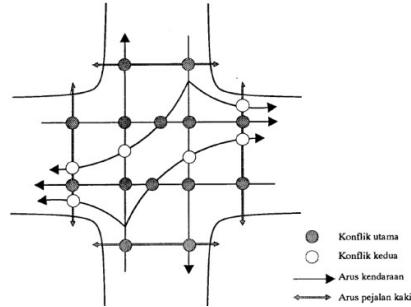
(Sumber: Bina Marga, 1997)

Menurut Bina Marga 1997 bahwa alasan penggunaan sinyal lalu lintas yang berada pada persimpangan sebagai berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan pada sebuah persimpangan yang diakibatkan oleh arus lalu lintas yang tinggi selama jam puncak berlangsung.
2. Untuk meminimalisir angka kecelakaan yang disebabkan oleh tabrakan antara dua kendaraan atau lebih yang berlawanan arah. Pemasangan sinyal lalu lintas dengan alasan keselamatan apabila kendaraan yang melintasi persimpangan mempunyai kecepatan yang tinggi dan atau karena terhambatnya jarak pandang

akibat adanya tumbuhan atau bangunan-bangunan yang ada di sekitar persimpangan.

3. Untuk memberikan kemudahan kepada pengguna jalan minor yang hendak menyeberang jalan utama.



Gambar 2.1 Konflik pada persimpangan  
(Sumber: Bina Marga, 1997)

### 2.2.7. Faktor-Faktor Kinerja Simping

Faktor-faktor untuk menentukan kinerja suatu simpang bersinyal adalah sebagai berikut: tingkat pelayanan (*LoS*), kapasitas, rasio kendaraan terhenti, derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrian, arus lalu lintas, kecepatan, waktu siklus, dan hambatan samping. Definisi yang ada dalam permasalahan pada simpang bersinyal diantaranya:

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

Dalam US HCM 85 Amerika Serikat perilaku lalu lintas, yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan perilaku pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Serta menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas dan penilaiannya terhadap pengguna jalan. Kondisi tersebut dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak interupsi lalu lintas, kenyamanan, dan keselamatan dalam berkendara.

2. Kapasitas (*C*)

Menurut Bina Marga (2014), kapasitas adalah arus maksimum lalu lintas yang dapat bertahan maksimal selama satu jam. Kemampuan ruas jalan atau volume dalam keadaan satuan waktu tertentu, terhitung saat kendaraan melintasi ruas jalan tertentu dalam kurun waktu satu jam (*kend/jam*), atau dengan berbagai jenis kendaraan yang melintasi ruas jalan digunakan satuan



kendaraan ringan untuk satuan kendaraan dalam perhitungan kendaraan (skr/jam).

### 3. Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut Bina Marga (1997), derajat kejenuhan ialah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas dalam suatu pendekat. Derajat kejenuhan digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Biasanya dihitung dalam satuan per jam.

### 4. Rasio Kendaraan Terhenti ( $P_{sv}$ )

Menurut Bina Marga (1997), rasio kendaraan terhenti adalah rasio arus yang harus terhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian lampu APILL terhadap seluruh arus.

### 5. Tundaan ( $T_L$ )

Menurut Bina Marga (1997), tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengendara saat mau melintasi suatu simpang bila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Tundaan dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. Tundaan geometrik ( $T_G$ ) adalah tundaan yang diakibatkan oleh kendaraan yang memperlambat kecepatan saat membelok di simpang yang terhenti oleh lampu lalu lintas.
- b. Tundaan lalu lintas ( $T_L$ ) adalah waktu tundaan yang diakibatkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang lainnya.

### 6. Panjang Antrian (QL)

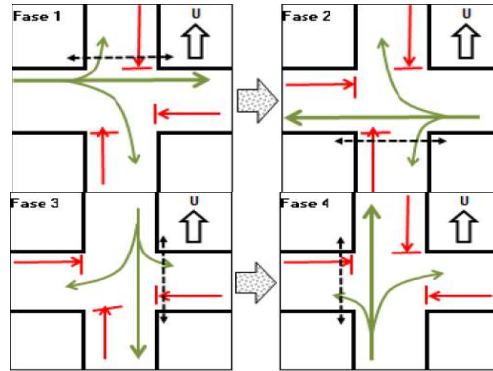
Menurut Bina Marga (1997), panjang antrian adalah antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m). Panjang antrian diperoleh dari hasil perkalian antrian (NQ) dengan luas rata-rata yang digunakan per smp ( $20m^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk.

### 7. Waktu Siklus (c)

Menurut Bina Marga (1997), waktu siklus adalah satuan waktu dalam lampu APILL. Waktu siklus (*cycle time*) waktu siklus dalam satu urutan fase sinyal lalu lintas yang dibutuhkan dalam satu rangkaian nyala lampu lalu lintas.

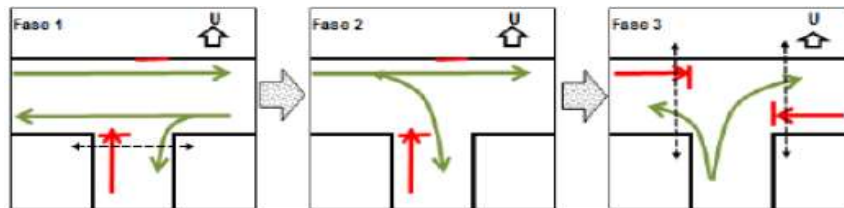
Fase adalah kondisi dari lampu APILL dalam satu siklus yang memberikan prioritas kepada pengendara jalan atau lebih. Fase dapat dibagi menjadi beberapa bagian, seperti :

a. Pengaturan lampu APILL dengan empat fase



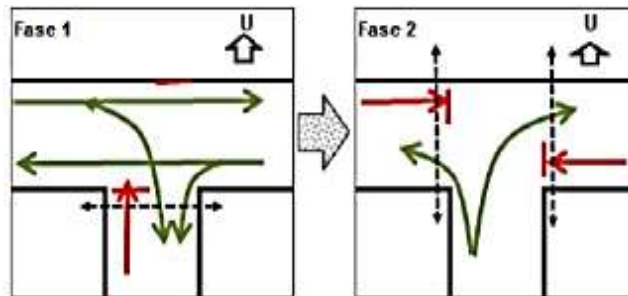
Gambar 2.2 Simpang empat bersinyal dengan empat fase

b. Pengaturan lampu APILL dengan tiga fase



Gambar 2.3 Simpang tiga bersinyal dengan dua fase

c. Pengaturan lampu APILL dengan dua fase



Gambar 2.4 Simpang tiga bersinyal dengan dua fase

## 8. Arus Lalu Lintas

Menurut Bina Marga (1997), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melintasi suatu ruas jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam satuan kend/jam ( $Q_{kend}$ ), smp/jam ( $Q_{smp}$ ), atau LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan).

## 9. Hambatan Samping

Menurut Bina Marga (1997), hambatan samping adalah dampak dari perilaku lalu lintas akibat adanya kegiatan di sisi jalan seperti pejalan kaki, kendaraan masuk, kendaraan keluar dari sisi jalan, dan kendaraan lambat.

## 10. Kecepatan

Menurut Hobbs (1995), kecepatan adalah laju perjalanan yang dinyatakan dalam satuan jarak per waktu (km/jam), dan terbagi atas tiga jenis:

- Kecepatan setempat (*spot speed*), ditunjukkan dalam distribusi yang luas dan banyak pertimbangan terhadap pengemudi. Pertimbangan tersebut terdapat pada pengemudi itu sendiri.
- Kecepatan perjalanan (*journey speed*), yaitu kecepatan yang dilakukan kendaraan saat melakukan perjalanan antara dua tempat dan antara jarak dua tempat per satuan lamanya waktu terhadap kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan tersebut.
- Kecepatan bergerak (*running speed*), yaitu kecepatan rata-rata kendaraan pada suatu jalur dalam keadaan kendaraan bergerak.

### 2.2.8. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan dapat ditentukan dengan melakukan analisis dan evaluasi tundaan dan panjang antrian yang terjadi pada simpang yang bermasalah. Tujuan dari penentuan tingkat pelayan adalah untuk mengetahui seberapa baik kinerja pada simpang. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Tingkat pelayanan pada ruas dapat diklasifikasikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Tingkat Pelayanan pada Ruas

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

Tabel 2.2 Lanjutan

Tingkat Pelayanan	Volume Lalu Lintas	Arus Lalu Lintas	Kepadatan Lalu Lintas	Kecepatan
F	Rendah	Arus Tertahan	Sangat Tinggi	< 30 km/jam

(Sumber :Peraturan Menteri Perhubungan No.96, 2015)

2. Tingkat pelayanan pada simpang, dapat diklasifikasikan pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Tingkat Pelayanan pada Simpang

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	> 5 - 15	Baik
C	> 15 - 25	Sedang
D	> 25 - 40	Kurang
E	> 40 - 60	Buruk
F	> 60	Buruk Sekali

(Sumber :Peraturan Menteri Perhubungan No.96, 2015)

### 2.2.9. Waktu Siklus Simpang Bersinyal

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

Tabel 2.4 Pengaturan Waktu Siklus

Jumlah Phase	Panjang waktu siklus yang disarankan
2	40 – 80
3	50 – 100
4	80 – 130

(Sumber : Bina Marga, 1997)

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

hijau lebih mempengaruhi kinerja suatu simpang dari pada panjangnya waktu siklus. Rumus matematis dibawah digunakan untuk menghitung besaran waktu siklus, waktu merah, dan waktu hijau untuk setiap fase.

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - IFR} \quad (2.1)$$

$$gi = (Cua - LTI) \times PRi \quad (2.2)$$

$$PRi = \frac{FRcrit}{\sum FRcrit} \quad (2.3)$$

Dimana :

- Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
- LTI = Waktu hilang total per siklus (det)
- IFR = Rasio arus simpang  $\sum(FRcrit)$
- gi = Waktu hijau (det)
- PRi = Rasio fase

#### 2.2.10. Software PTV VISSIM 10

*PTV VISSIM* adalah sebuah program yang digunakan untuk pemodelan 3-D arus lalu lintas dengan berbagai macam jenis kendaraan (*VISSIM* 7, 2014 dalam Putri dan Irawan, 2015)

*VISSIM* merupakan alat yang berguna untuk memodelkan aliran-aliran arus lalu lintas, termasuk mobil, sepeda motor, angkutan barang, bus, hingga pejalan kaki. Dalam *VISSIM*, jenis-jenis kendaraan yang dapat dimodelkan antara lain *vehicles* (mobil, bus, truk), *public transport* (tram, bus), *cycles* (sepeda, sepeda motor), pejalan kaki, dan *rickshaw*. (*VISSIM* 7, 2014 dalam Aryandi dan Munawar, 2014)

Mengembangkan suatu model simulasi menggunakan *VISSIM* dibutuhkan sebuah rangkaian informasi pada jaringan transportasi yang akan disimulasikan dan dimodelkan. Untuk analisis yang dilakukan pada penelitian ini, data yang dibutuhkan dibagi ke dalam 5 kelompok data, yaitu:

1. Data Umum, yaitu berisi waktu simulasi; dan *warm-up period* (bergantung pada panjang jaringan).
2. Data Jaringan, yaitu peta yang menunjukkan seluruh jaringan yang akan diteliti, gambar detail untuk masing - masing persimpangan yang menunjukkan *lane*

*markings, signal heads* dan *detectors*, jumlah dan lebar lajur untuk semua *links*, serta peta yang menunjukkan lokasi bus *stop*.

3. Data Arus Lalu Lintas, berupa *static routing* (Arah pergerakan di tiap simpangan dan input arus untuk tiap *entry link* di *VISSIM*. Data input arus diberikan dalam bentuk kendaraan per jam bukan smp/jam, kendaraan umum seperti BRT harus dipisahkan dari data *static routing*; komposisi kendaraan (contohnya persentase KB), panjang kendaraan, kecepatan yang diinginkan (kecepatan aktual kendaraan pada *free flow*) serta batas atas dan bawah dalam km/jam pada semua titik masuk dan untuk perubahan kecepatan.
4. Data Kontrol Sinyal, berupa waktu siklus serta waktu *amber* dan *red-amber* (untuk tiap persimpangan bersinyal; waktu untuk red end dan green end untuk tiap fase/signal group (informasi tambahan untuk fixed time signal control).
5. Data Transit (Kendaraan Umum): yaitu informasi jaringan berupa *routing*, panjang *platforms* pemberhentian, dan variasi kecepatan yang diinginkan.

*VISSIM* memiliki animasi tambahan dalam bentuk 3-D termasuk simulasi jenis kendaraan seperti motor, mobil penumpang, truk, kereta api, dan lain-lain. Hasil dari *VISSIM* dapat dijadikan dalam bentuk visual (audio dan video), dengan kemampuan yang dapat mengubah pandangan dan prespektif. Serta pemodelan lingkungan lainnya seperti pohon, bangunan, fasilitas-fasilitas jalan yang dapat dimasukkan ke dalam pemodelan *VISSIM 10.0*.

*VISSIM* dapat mempunyai beberapa fungsi, beberapa diantaranya yaitu:

1. Perbandingan Gometri Simpang, berfungsi untuk:
  - a. Memodelkan bentuk simpang.
  - b. Menghitung hubungan antar kendaraan (motor, mobil, bus, sepeda, pejalan kaki, dan lain-lain).
  - c. Memodelkan lalu lintas untuk berbagai variasi node.
  - d. Menganalisis tingkat layanan, tundaan, dan panjang antrian.
  - e. Menggambarkan grafik lalu lintas.
2. Perencanaan Pembangunan Lalu Lintas, berfungsi untuk:
  - a. Pemodelan dan analisis dampak dari pembangunan perkotaan.
  - b. Memiliki fungsi untuk mendukung dalam hal mempersiapkan lokasi pembangunan.

- c. Manfaat dari pemodelan pejalan kaki di luar atau di dalam gedung.
  - d. Memodelkan ukuran parkir, lokasi parkir, dan dampak dari pembangunan parkir.
3. Analisis Kapasitas, berfungsi untuk:
    - a. Model arus lalu lintas pada persimpangan.
    - b. Menghitung dan memodelkan dampak dari arus lalu lintas yang datang, jaringan arus lalu lintas.
  4. Sistem Kontrol Lalu Lintas, berfungsi untuk:
    - a. Mengevaluasi dan memodelkan lalu lintas secara mikroskopis.
    - b. Menganalisis parameter lalu lintas (contoh: kecepatan, panjang antrian, tundaan, dan lain-lain).
    - c. Menguji dampak lalu lintas.
  5. Operasi Sistem Persinyalan dan Pengaturan Waktu, berfungsi untuk:
    - a. Memodelkan beberapa skenario perjalanan simpang.
    - b. Menganalisis kontrol lalu lintas dengan input data yang lebih efisien.
    - c. Memberikan fungsi untuk memeriksa dampak sinyal lalu lintas.
  6. Simulasi Angkutan Umum, berfungsi untuk:
    - a. Mampu memodelkan bus, tram, subway, *LRT (Light Rail Transit)*, dan *commuter rail*.
    - b. Menganalisis dan membandingkan dengan beberapa pendekatan untuk jalur angkutan umum dan lokasi halte.
    - c. Pengoptimalan *switchable*, lalu lintas digerakan dengan prioritas utama adalah angkutan umum.

Menurut *PTV VISSIM User Manual 10* untuk parameter yang dihasilkan setelah pemodelan dapat disimpulkan berikut ini:

1. *Simulation Run* yaitu total pemodelan yang dijalankan.
2. *Time Interval* yaitu interval waktu data yang diperoleh.
3. *Movement* yaitu pergerakan dari beberapa *link*, contohnya melalui konektor paralel.
4. *Queue Length* yaitu panjang antrian rata-rata per satuan waktu.
5. *Queue Length max* yaitu panjang antrian maksimum per satuan waktu.
6. *Vehicles* yaitu jumlah kendaraan yang termodelkan.

7. *Persons (all)* yaitu total jumlah pengguna kendaraan.
8. *Level of Service Value (LoSV)* yaitu tingkat kualitas persimpangan dinilai dari A sampai F.
9. *Vehicle Delay (all)* yaitu rata-rata tundaan semua kendaraan. Tundaan terjadi ketika kendaraan meninggalkan pengukuran waktu perjalanan.
10. *Persons Delay (all)* yaitu rata-rata tundaan pengguna kendaraan.