

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Setiap tahun jumlah kendaraan ataupun pengguna kendaraan semakin meningkat, hal ini bisa dilihat dari banyaknya titik-titik simpang yang sering mengalami kemacetan. Akibat dari kemacetan karena bertambahnya jumlah kendaraan dan tidak bertambahnya kapasitas jalan, manajemen lalu lintas perlu digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Terjadinya lama waktu tundaan dikarenakan belum sesuainya pengaturan sinyal dengan kebutuhan arus yang ada pada setiap pendekat, tetapi pengaturan sinyal sudah sesuai masih terjadi lama waktu tundaannya maka geometrik jalan sudah tidak mampu melayani kebutuhan yang ada. Salah satunya menggunakan program *VISSIM*.

Keberadaan sistem lalu lintas dan lampu lalu lintas atau lebih dikenal dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) berguna untuk mengatur aliran kendaraan yang melewati simpang tersebut (Muchlisin dkk., 2018), (Mahmudah dkk., 2018)

Adanya observasi yang dilakukan secara manual di lapangan dipandang kurang efisien karena memerlukan waktu, biaya sumber daya manusia, dan lain-lain. Sebab itu, pemodelan lalu lintas merupakan sebuah pendekatan yang lebih efektif untuk menganalisis sistem lalu lintas karena bisa mendapatkan hasil output yang relatif mendekati kondisi di lapangan (Lu dkk., 2016).

Menurut Sari (2015), pemodelan lalu lintas dilakukan oleh proses kalibrasi menunjukkan bahwa nilai panjang antrian dari hasil simulasi *VISSIM* dan hasil pengamatan di lapangan tidak terlalu berbeda jauh. Oleh karena itu dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pemodelan menggunakan program *VISSIM* akan dapat sesuai dengan keadaan yang ada di lapangan.

Arief dan Nahdalina (2014), menyimpulkan bahwa program *VISSIM* dapat dengan baik memodelkan suatu jaringan jalan atau simpang dengan berbagai kondisi lalu lintas. Hal itu disebabkan *VISSIM* mampu mengidentifikasi berbagai macam kendaraan dengan berbagai tipe dan jenis kendaraan. Selain itu proses kalibrasi sangat berpengaruh terhadap hasil yang dikeluarkan.

VISSIM dapat menganalisa lalu lintas yang masih terkendala seperti jalur, komposisi lalu lintas, sinyal lalu lintas, dan fasilitas lainnya. Sehingga membuat program *VISSIM* berguna untuk mengevaluasi atau menganalisis rekayasa lalu lintas atau perencanaan sistem lalu lintas (Iqbal dkk., 2017).

VISSIM sebuah program yang digunakan untuk pemodelan 3D arus lalu lintas dengan berbagai macam jenis kendaraan, sangat cocok untuk mengevaluasi berbagai alternatif rekayasa transportasi dan perencanaan yang efektif simpang. (Pamusti dkk., 2017).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Yulianto dan Munawar (2017) mengatakan bahwa tidak ada perbedaan yang terlalu jauh pada hasil pemodelan menggunakan program *VISSIM* dan hasil pengamatan di lapangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Zulkarnaen (2016) yang berjudul “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Perkotaan di Yogyakarta (Studi Kasus : Simpang Empat Bersinyal Jlagran Yogyakarta) menggunakan metode MKJI 1997 didapatkan nilai tundaan dalam kondisi ekstisting sebesar 222,49 det/smp, nilai tundaan pada analisis ulang volume jam puopncak (VJP) sebesar 233,52 det/smp, nilai tundaan pada analisis pengaturan ulang satu jam rata-rata sebesar 206,91 det/skr, nilai tundaan pada analisis pengaturan jalan satu arah di lengan barat pada VJP sebesar 29,50 det/skr, nilai tundaan pada analisis pengaturan jalan satu arah di lengan pada LHR sebesar 29,19 det/skr.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Transportasi

Menurut Morlok (1984), transportasi adalah suatu pergerakan atau perpindahan orang dan atau barang dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan sistem tertentu untuk tujuan tertentu.

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 (Budiman dkk., 2016).

2.2.2. Software PTV VISSIM 10.0

Perkembangan teknologi yang semakin canggih seperti sekarang ini, menyebabkan terbentuknya berbagai program yang digunakan untuk visualisasi pemodelan transportasi seperti sekarang ini. Salah satunya yaitu *Verkehr Stadten Simulationsmodell (VISSIM)*. *VISSIM* adalah program simulasi untuk pemodelan berbagai macam alat transportasi dengan kondisi yang tepat untuk pengujian yang berbeda dari skenario lalu lintas sebelum direalisasikan. Selain itu *VISSIM* dapat digunakan untuk perbandingan geometri simpang, perencanaan pengembangan lalu lintas, analisis kapasitas, sistem kontrol lalu lintas, menganalisa perubahan ulang waktu, sistem operasi sinyal, dan pemodelan angkutan umum.

VISSIM adalah sebuah program yang digunakan untuk pemodelan 3D arus lalu lintas dengan berbagai macam jenis kendaraan. *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*.

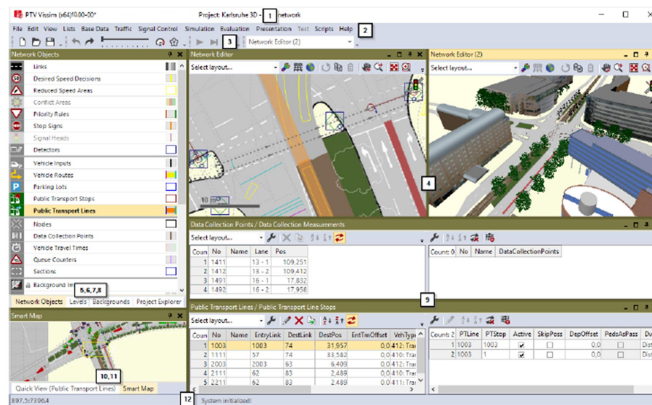
VISSIM mempunyai animasi tambahan dalam bentuk 3-D termasuk simulasi jenis kendaraan seperti motor, mobil penumpang, truk, kereta api, dan lain-lain. Hasil dari *VISSIM* dapat dijadikan dalam bentuk visual (audio dan video), dengan kemampuan yang dapat mengubah pandangan dan prespektif. Serta pemodelan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

Tampilan pada *user interface VISSIM* akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.1. Tampilan user interface VISSIM

Secara umum tampilan *user interface* pada VISSIM terdapat perintah-perintah untuk pemodelan, mengedit, mengontrol jaringan jalan, data, dan simulasi. Penjelasan deskripsi pada *user interface* bisa dilihat ditabel berikut ini:

Tabel 2.1. Deskripsi Menu Pada User Interface PTV VISSIM 10

Elemen	Deskripsi
<i>Title Bar</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nama program 2. Versi nomor termasuk nomor <i>service pack</i> 3. File jaringan yang sedang dibuka 4. Demo: versi demo yang sedang dibuka 5. Uni: versi <i>student</i> yang sedang dibuka 6. Viewer: <i>vissim viewer</i> yang sedang dibuka
<i>Menu Bar</i>	<p>Anda dapat menggunakan fungsi program pada menu (lihat “<i>Overview of menus</i>”)</p> <p>File jaringan yang sering digunakan pada VISSIM akan terlihat pada menu <i>File</i>. Klik pada <i>entry</i> jika anda ingin membukanya dari salah satu <i>file</i> tersebut.</p>
<i>Tools Bar</i>	<p>Anda dapat menggunakan fungsi program pada <i>toolbar</i>. Daftar dan <i>editor</i> jaringan terdapat pada menu <i>toolbar</i>.</p>
<i>Network Editor</i>	<p>Menampilkan jaringan yang sedang terbuka dalam satu atau lebih <i>network editors</i>. Anda dapat mengedit grafik <i>network</i> dan menyesuaikan tampilam pada <i>network editor</i>.</p>

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.2. Lanjutan

Elemen	Deskripsi
Network objects toolbar	Jaringan <i>object toolbar</i> , tingkatan <i>toolbar</i> dan gambar latar belakang yang terlihat bersamaan secara default di menu <i>tab</i> Network object toolbar: <ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih <i>Mode Insert</i> untuk jenis objek jaringan 2. Memilih visibilitas untuk jaringan objek 3. Memilih <i>selectability</i> untuk jaringan objek 4. Parameter grafis edit untuk jaringan objek 5. Menampilkan dan menyembunyikan label untuk jaringan objek Menu konteks untuk fungsi tambahan
<i>Levels Toolbar</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih visibilitas untuk level 2. Memilih pilihan edit untuk level Memilih visibilitas untuk kendaraan bermotor dan pejalan kaki per level
<i>Background Tool</i>	Memilih visibilitas untuk gambar latar belakang
<i>Smart Map</i>	Menampilkan skala kecil dari jaringan. Pada tampilan di editor jaringan yang terlihat di <i>Smart Map</i> . Anda dapat mengakses dengan cepat untuk <i>specific network section</i> pada <i>Smart Map</i>
<i>Status Bar</i>	Menampilkan posisi dari <i>cursor Network Editor</i> . Menampilkan beberapa simulasi kedua sebelum <i>running simulation</i>

(Sumber: *PTV Group, 2018*)

Tabel 2.3. Deskripsi Pada Menu *File*

Perintah menu / kombinasi perintah	Deskripsi
<i>New</i>	Pada saat <i>file</i> tertutup, anda ada dapat membuat <i>file</i> baru. Jika data yang sudah dibuat berubah, pesan dari <i>file</i> akan memberitahu bahwa anda ingin menyimpannya atau tidak sebelum menutup <i>file</i> tersebut.
<i>Open</i> <i>Ctrl + O</i>	Membuka <i>file</i> yang sudah ada <ol style="list-style-type: none"> 1. Anda dapat menarik file dari <i>Microsoft Windows Explorer</i> ke dalam tampilan awal <i>VISSIM</i> untuk membuka <i>file</i> tersebut 2. Didalam <i>Windows Explorer</i>, anda bisa juga klik dua kali untuk membuka <i>file</i> tersebut
<i>Open Layout</i>	Memilih dan membaca dalam <i>*layx file</i> , parameter grafis dari <i>network editor</i>

(Sumber: *PTV Group, 2018*)

Tabel 2.4. Lanjutan

Perintah menu / kombinasi perintah	Deskripsi
<i>Open Layout Default</i>	Memilih dan membaca <i>file default.layx layout file</i> , parameter grafis dari <i>network editor</i>
<i>Read Additionaly Save</i>	Membuka <i>file</i> program yang sedang digunakan Untuk menyimpan <i>file</i> yang sudah dibuat
<i>Ctrl + S</i>	
<i>Save As</i>	Untuk menyimpan <i>file</i> yang baru dibuat
<i>Open Working Directory</i>	Membuka <i>Windows Explorer</i> di lembar kerja
<i>Exit</i>	Menutup program. Jika ada perubahan akan muncul perintah untuk menyimpan tersebut

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.5. Deskripsi Pada Menu *Edit*

Perintah menu / kombinasi perintah	Deskripsi
<i>Undo</i>	Untuk mengulang kembali perintah sebelumnya
<i>Redo</i>	Untuk mengulang kembali perintah sesudah
<i>Rotate Network</i>	Memasukan sudut keliling pada <i>file</i> yang ingin diputar
<i>Move Network</i>	Memasukan jarak yang ingin dipindahkan

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.6. Deskripsi Pada Menu *View*

Perintah menu / kombinasi perintah	Deskripsi
<i>Open New Network Editor</i>	Membuka <i>network editor</i> baru. Ketika <i>network editor</i> terbuka, <i>network editor</i> yang baru akan terbuka di tab selanjutnya
<i>Start Page</i>	Membuka start page
<i>Create Chart</i>	Membuka <i>create chart window</i>
<i>Network Objects</i>	Membuka <i>network object toolbar</i>
<i>Levels</i>	Membuka levels toolbar
<i>Backgrounds</i>	Membuka <i>backgrounds toolbar</i>
<i>Quick View</i>	Membuka <i>quick view</i>
<i>Smart Map</i>	Membuka <i>Smart Map</i>
<i>Project Explorer</i>	Membuka <i>project explorer</i> untuk manemjen skenario
<i>Messages</i>	Membuka tampilan dimana pesan dan peringatan akan muncul
<i>Simulation Time</i>	Menampilkan waktu simulasi
<i>Quick Mode</i>	Mengaktifkan dan menonaktifkan <i>quick mode</i> , seperti:
<i>Ctrl + Q</i>	1. <i>Vehicle in network</i> 2. <i>Pedestrians in network</i>

(Sumber: PTV Group, 2018)

Tabel 2.7. Deskripsi Pada Menu *View*

Perintah menu / kombinasi perintah	Deskripsi
<i>Simple Network Display</i> Ctrl + N	Mengaktifkan dan menonaktifkan <i>simple network display</i> , seperti: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Desired speed decisions</i> 2. <i>Reduced speed areas</i> 3. <i>Conflict areas</i> 4. <i>Priority areas</i> 5. <i>Stop signs</i> 6. <i>Signal heads</i> 7. <i>Detectors</i> 8. <i>Parking lots</i> 9. <i>Vehicles inputs</i> 10. <i>Vehicles routes</i> 11. <i>Public transport stops</i> 12. <i>Public transport lines</i> 13. <i>Nodes measurement areas</i> 14. <i>Data collection points</i> 15. <i>Pavements markings</i> 16. <i>Pedestrian input</i> 17. <i>Pedestrian routes</i> 18. <i>Pedestrian travel time measurement</i> Objek jaringan yang ditampilkan seperti: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Links</i> 2. <i>Background images</i> 3. <i>3D traffic signal</i> 4. <i>Static 3D models vehicles in network</i>

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.8.** Deskripsi Pada Menu *Lists*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Base Data</i>	Daftar-daftar untuk mendeskripsikan atau mengedit <i>base data</i>
<i>Network</i>	Daftar atribut jaringan objek dengan <i>network object</i> yang dipilih
<i>Intersection Control</i>	
<i>Private Transport</i>	
<i>Public Transport</i>	
<i>Pedestrian Traffic</i>	
<i>Graphics & Presentation</i>	Daftar untuk mendeskripsikan dan mengedit objek jaringan dan data, dimana digunakan untuk mempersiapkan grafis dan representasi realistis dari jaringan yang dibuat dengan baik dari sebuah simulasi
<i>Event Based Scripts</i>	Daftar dari rencana dasar
<i>Measurements</i>	Daftar untuk mendefinisikan atau mengedit objek jaringan atau hasil dari simulasi

(Sumber: *PTV Group, 2018*)

Tabel 2.9. Deskripsi Pada Menu *Lists*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Network Settings</i>	Pengaturan jaringan dasar
<i>User Defined Attribute</i>	Daftar untuk mendeskripsikan atau mengedit atribut <i>user defined</i>
<i>Aliases</i>	Daftar untuk mendeskripsikan atau mengedit alternatif nama atribut
<i>2D/3D Model Segments</i>	Model kendaraan dari <i>Axies, shafts, clutches, and doors</i>
<i>2D/3D Models</i>	Model 2D dan 3D untuk kendaraan dan pejalan kaki
<i>Functions</i>	Perilaku menambah kecepatan dan pengurangan kecepatan
<i>Distributions</i>	Distribusi untuk kecepatan yang diinginkan, kekuatan, berat, waktu, lokasi, jarak, model 2D/3D, warna
<i>Vehicle Types</i>	Kombinasi kendaraan dengan karakteristik teknik kemudi yang sama dalam tipe kendaraan
<i>Vehicle Classes</i>	Tipe kendaraan kombinasi
<i>Driving Behaviors</i>	Parameter perilaku berkendara
<i>Link Behavior Type</i>	Tipe perilaku untuk link dan penghubung
<i>Pedestrians Type</i>	Anda dapat mengkombinasikan pejalan kaki dengan tipe properti yang sama dengan aslinya
<i>Pedestrians Classes</i>	Tipe kelompok pejalan kaki dan kombinasi dari keduanya kedalam kelas pejalan kaki
<i>Walking Behaviors</i>	Parameter perilaku berjalan
<i>Area Behaviors Types</i>	Tipe perilaku untuk area dan tangga
<i>Levels</i>	Tingkatan untuk bangunan bertingkat atau struktur jembatan
<i>Time Intervals</i>	Interval waktu

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.10.** Deskripsi Pada Menu *Traffic*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Vehicle Compositions</i>	Menentukan dan mengedit susunan kendaraan
<i>Pedestrians Compositions</i>	Menentukan dan mengedit susunan pejalan kaki
<i>Pedestrians OD Matrix</i>	Menentukan permintaan pejalan kaki dengan basis relasi OD
<i>Dynamic Assignment</i>	Menentukan tugas parameter
<i>Toll Pricing Calculation Models</i>	Membuka daftar <i>Toll Pricing Calculation Model / Element</i>
<i>Managed Lane Facilities</i>	Membuka daftar <i>Managed Lane Facilities / Pricing Models</i>

(Sumber: *PTV Group, 2018*)

Tabel 2.11. Deskripsi Pada Menu *Signal Control*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Signal Controllers</i>	Membuka daftar <i>signal controller</i>
<i>Signal Controller Communication</i>	Membuka daftar <i>SC communication</i>
<i>Optimize All Fixed Time Signal Controller</i>	Dimulai dari optimalisasi waktu hijau dari seluruh waktu yang sudah ditentukan dalam jaringan

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.12.** Deskripsi Pada Menu *Simulation*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Parameter</i>	Memasukan parameter simulasi
<i>Continous (F5)</i>	Memulai simulasi berkelanjutan
<i>Single Step (F6)</i>	Memulai simulasi dalam mode simulasi single
<i>Stop (ESC)</i>	Keluar dari simulasi
<i>Check Network</i>	Cek jaringan vissim

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.13.** Deskripsi Pada Menu *Evaluation*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Confirguration</i>	Menentukan pengaturan untuk evaluasi jaringan: 1. <i>Result Managemen</i> 2. <i>Result Attribute</i> 3. <i>Direct Output</i>
<i>Database Confirguration</i>	Mengkonfirgurasi koneksi <i>database</i>
<i>Measurement Definition</i>	Menampilkan daftar objek jaringan untuk pengukuran
<i>Window</i>	Mengkonfirgurasi tampilan tabel waktu sinyal
<i>Result Lists</i>	Membuka daftar hasil evaluasi

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.14.** Deskripsi Pada Menu *Presentation*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Camera Positions</i>	Membuka letak posisi kamera
<i>Storyboards</i>	Membuka <i>storyboards</i>
<i>Record AVIs</i>	Hanya dalam mode 3D, merekan simulai 3D dalam bentuk video
<i>3D Anti Aliasing</i>	Mengganti ke mode 3D anti aliasing
<i>Continous</i>	Memulai animasi berkelanjutan
<i>Continous (without ANI file)</i>	Memulai animasi berkelanjutan tanpa file ANI
<i>Single Step</i>	Memulai animasi dengan satu langkah
<i>Stop</i>	Menyelesaikan animasi

(Sumber: *PTV Group, 2018*)

Tabel 2.15. Deskripsi Pada Menu *Presentation*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Single Step Reverse</i>	Menjalankan animasi dalam satu langkah mode
<i>Continous Reverse</i>	Menjalankan animasi berkelanjutan
<i>Animation with ANI File</i>	Memilih secara dasar, menjalankan animasi dengan atau tidak dengan file animasi

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.16.** Deskripsi Pada Menu *Test*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Continous</i>	Menjalankan tes dari mode <i>Test single step</i> ke mode tes run continuous
<i>Single Step</i>	Memulai simulasi di tes <i>run single step</i>
<i>Stop</i>	Berhenti menjalankan tes
<i>Record Macros</i>	Membuat rekaman <i>macro</i>
<i>Run Macro</i>	Memilih <i>file</i> kemudian memilih simulasi kedua sampai anda menginginkannya untuk menjalankan <i>macro file</i>
<i>Edit Macro</i>	Membuat <i>macro editor</i> dan <i>edit macro</i>

(Sumber: *PTV Group, 2018*)**Tabel 2.17.** Deskripsi Pada Menu *Scripts*

Perintah menu	Deskripsi
<i>Event Base Scripts</i>	Membuka daftar <i>event based scripts</i>
<i>Run Scripts File</i>	Memilih <i>file scripts</i>
<i>Stop Running Script</i>	Berhenti menjalankan <i>script file</i>

(Sumber: *PTV Group, 2018*)

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 Lenght 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.

2.2.3. Simpang

Simpang adalah simpul transportasi yang terbentuk akibat dari beberapa pertemuan arus dari beberapa kendaraan dimana pertemuan beberapa kendaraan tersebut menyebabkan perpencaran antara satu dengan yang lainnya sehingga meninggalkan simpang (Ansusanto dan Tanggu, 2016).

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 (Wikrama, 2011).

Simpang adalah lokasi dimana dua jalan atau lebih saling bertemu atau bersimpangan termasuk jalan dan fasilitas jalan yang berada di tepi jalan untuk keperluan pergerakan lalu lintas (Ansusanto dan Tanggu, 2016).

Simpang adalah suatu lokasi titik yang kritis suatu jalan raya yang merupakan titik konflik dan tempat terjadinya kemacetan akibat bertemunya dua ruas jalan atau lebih (Utomo dkk., 2016).

Munawar (2004) dalam Ansusanto dan Tanggu (2016) mengatakan bahwa simpang dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Simpang berbentuk bundaran,
2. Simpang berbentuk T,
3. Simpang berbentuk empat lengan.

2.2.4. Komposisi Lalu Lintas

Menurut Bina Marga (1997) bahwa komposisi lalu lintas dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Kendaraan Ringan (*Light vehicle*) yaitu kendaraan bermotor yang mempunyai sumbu as dua, dan lebar antara as 2 – 3 meter. Kendaraan ringan terdiri dari mobil penumpang, mobil hantaran, mobil box, mikrobis, dan truk kecil.

2. Kendaraan Berat (*Heavy vehicle*) yaitu kendaraan bermotor yang mempunyai sumbu roda sekurang-kurangnya empat. Kendaraan berat terdiri dari bus, truk 2 as, dan truk 3 as.
3. Sepeda Motor (*Motor cycle*) yaitu kendaraan bermotor yang mempunyai roda dua atau tiga. Sepeda motor terdiri dari motor, bemo, dan lain-lain.
4. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmotorized vehicle*) yaitu kendaraan yang digunakan menggunakan tenaga manusia atau hewan. Kendaraan bermotor terdiri dari sepeda, becak, kereta kuda, dan lain-lain.

2.2.5. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

APILL merupakan lampu yang mengontrol arus lalu lintas yang terdapat pada persimpangan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat-tempat yang mempunyai arus lalu lintas lainnya.

Sinyal lampu lalu lintas menurut Bina Marga (1997) mempunyai beberapa parameter yang digunakan seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.18. 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_{max}	Waktu hijau maksimum	Waktu hijau maksimum yang diperbolehkan fase untuk pergerakan kendaraan.
g_{min}	Waktu hijau minimum	Waktu hijau minimum yang dibutuhkan.
AMBER	Waktu kuning	Waktu ketika lampu kuning menyala setelah lampu hijau.

(Sumber: *Bina Marga, 1997*)

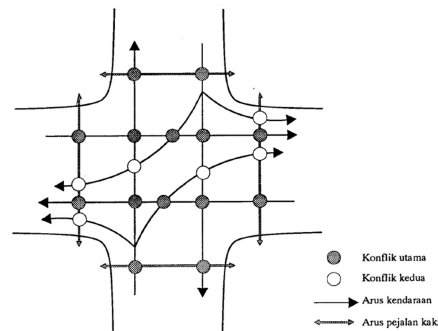
Tabel 2.19. Lanjutan

Notasi	Istilah	Keterangan
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 simpang yang diakibatkan oleh arus lalu lintas yang tinggi selama jam puncak berlangsung.
2. Untuk meminimalisir angka kecelakaan yang diakibatkan oleh tabrakan antara dua kendaraan atau lebih yang berlawanan arah. Pemasangan sinyal lalu lintas dengan alasan keselamatan bila kendaraan yang melintasi persimpangan mempunyai kecepatan yang tinggi dan atau karena terhambatnya penglihatan akibat adanya bangunan-bangunan atau tumbuhan yang ada di sekitar persimpangan.
3. Untuk memberi kemudahan bagi pengguna jalan minor yang ini menyeberang jalan utama.



Gambar 2.2. Konflik Pada Persimpangan
(Sumber: *Bina Marga, 1997*)

2.2.6. Faktor-Faktor Kinerja Simpang

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

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

Menurut Bina Marga (1997), tingkat pelayanan adalah ukuran kualitatif yang digunakan di HCM 85 Amerika Serikat untuk mengetahui kondisi operasional arus lalu lintas dan dinilai oleh pengguna jalan. Kondisi tersebut dapat dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu lintas, kenyamanan, dan keselamatan.

2. Kapasitas (C)

Menurut Bina Marga (1997), 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 adalah 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 (QP%)

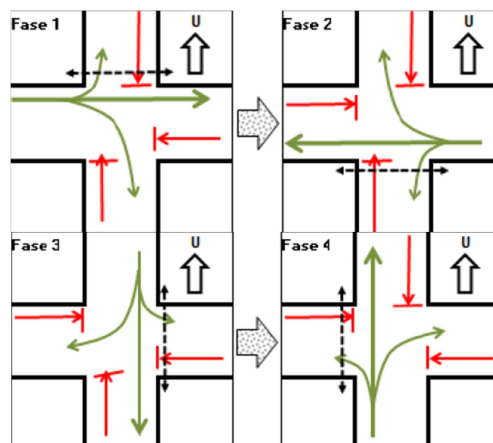
Menurut Bina Marga (1997), panjang antrian adalah antrian kendaraan yang terdapat di sepanjang ruas simpang pendekat. Panjang kendaraan antrian yang menunggu dalam satuan kelompok dapat dinyatakan dengan dalam satuan meter (m), kendaraan yang bergerak dalam antrian dapat dikontrol oleh kendaraan yang bergerak di depannya atau kendaraan tersebut akan terhentu akibat suatu sistem lalu lintas.

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 lalulintas.

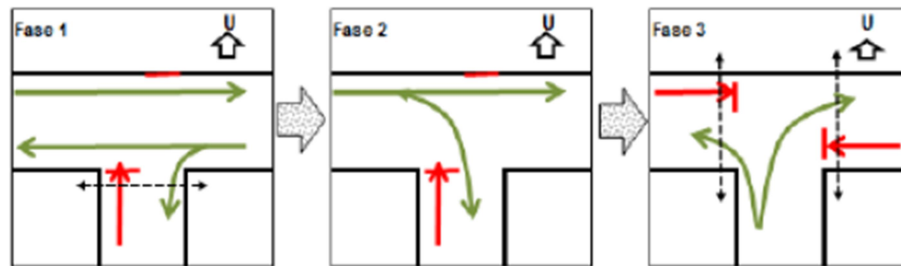
Fase adalah kondisi dari lampu APILL dalam satu siklus yang memberikan prioritas kepada pengendara jalan atau lebih. Fase dapat dibagi menjadi beberapa bagian, seperti :

a. Pengaturan lampu APILL dengan empat fase



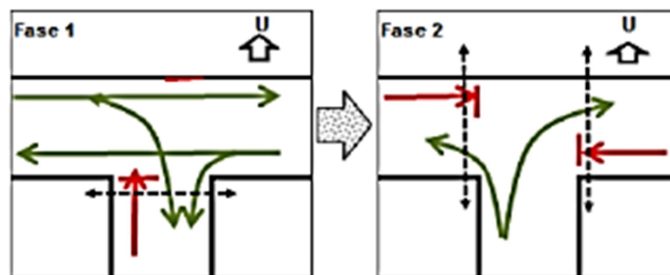
Gambar 2.3. Simpang Empat Bersinyal dengan Empat Fase
(Sumber: Bina Marga, 1997)

b. Pengaturan lampu APILL dengan tiga fase



Gambar 2.4. Simpang Tiga Bersinyal dengan Dua Fase
(Sumber: Bina Marga, 1997)

c. Pengaturan lampu APILL dengan dua fase



Gambar 2.5. Simpang Tiga Bersinyal dengan Dua Fase
(Sumber: Bina Marga, 1997)

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:

- a. Kecepatan setempat (*spot speed*), ditunjukkan dalam distribusi yang luas dan banyak pertimbangan terhadap pengemudi. Pertimbangan tersebut terdapat pada pengemudi itu sendiri.
- b. 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.
- c. Kecepatan bergerak (*running speed*), yaitu kecepatan rata-rata kendaraan pada suatu jalur dalam keadaan kendaraan bergerak.

2.2.7. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan dapat ditentukan dengan melakukan analisis dan evaluasi panjang antrian dan tundaan yang terjadi pada simpang yang bermasalah. Tujuan dari penentuan tingkat pelayanan untuk mengetahui seberapa baik kinerja pada simpang.

Menurut Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Tingkat pelayanan pada ruas, dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.20. 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
F	Rendah	Arus Tertahan	Sangat Tinggi	< 30 km/jam

(Sumber :Peraturan Menteri No.96, 2015)

2. Tingkat pelayanan pada simpang, dapat diklasifikasikan pada tabel di bawah ini sebagai berikut:

Tabel 2.21. Tingkat Pelayanan pada Simpang Menurut Peraturan Menteri

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend)	Keterangan
A	< 15	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 No.96, 2015*)

Tabel 2.22. Tingkat Pelayanan pada Simpang Menurut VISSIM

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend)
A	< 10
B	> 10 - 20
C	> 20 - 35
D	> 35 - 55
E	> 55 - 80
F	> 80

(Sumber : *PTV Group, 2018*)