

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja persimpangan setelah diberikan persinyalan. Pemodelan pada persimpangan di aplikasikan pada *software* PTV Vissim 9. Penelitian sebelumnya tentang simpang empat tak bersinyal dan simpang empat bersinyal sudah banyak yang melakukannya, dari penelitian sebelumnya akan digunakan sebagai tinjauan pustaka.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Ansusanto & Tanggu (2016) melakukan penelitian tentang analisis kinerja dan manajemen pada simpang dengan derajat kejenuhan tinggi. Masalah yang sering dijumpai di persimpangan adalah adanya konflik, tundaan, antrian akibat bertemunya arus lalu lintas dari lengan-lengan simpang. Lokasi kajian yang diambil adalah persimpangan antara jalan inspeksi selokan Mataram dengan jalan Perumnas di Condong Catur Sleman Yogyakarta. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini metode kajian adalah sekumpulan peraturan, kegiatan, dan prosedur yang digunakan oleh pelaku suatu disiplin ilmu, metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Metode pengumpulan data menggunakan dua jenis pengumpulan data yakni data primer dan data sekunder. Hasil kinerja simpang Jl. Inspeksi Selokan Mataram dan Jl. Perumnas untuk kondisi saat ini berdasarkan data arus lalu lintas pada jam puncak sore (jam 16:00-17:00), pada hari Kamis, 8 Oktober 2015 menghasilkan kapasitas simpang (C) = 2804,25 skr/jam, derajat kejenuhan (DJ) = 1,37; tundaan (T) = -223,84 det/skr dan peluang antrian (PA) = 95,42-206,62%. Dapat dikatakan bahwa bahwa kondisi simpang saat ini sudah tidak mampu melayani arus lalu lintas yang lewat. Upaya perbaikan simpang dengan pemasangan APILL dan disertai dengan perubahan geometrik pada simpang menunjukkan nilai derajat kejenuhan (DJ) pada masing-masing pendekat sebesar 0,83. Tetapi peluang antrian (PA) masih tinggi pada pendekat bagian Timur sebesar 206 meter dan pendekat Barat sebesar 120 meter. Sedangkan untuk pendekat bagian Utara dan Selatan masih cukup baik, masing-masing 76 meter dan 90 meter. Upaya perbaikan simpang dengan penerapan manajemen lalu

lintas membuat kinerja simpang menjadi lebih baik. Berdasarkan skenario arus lalu lintas yang diterapkan kapasitas simpang menjadi $(C) = 2982,82$ skr/jam, derajat kejenuhan $(DJ) = 0,78$; tundaan $(T) = 13,14$ det/skr dan peluang antrian $(PA) = 24,58-49$.

Mahmudah *et al.*, (2018) melakukan penelitian analisis biaya kemacetan di persimpangan menggunakan Vissim 9. Kemacetan akan menambah biaya transportasi, biaya kemacetan adalah hubungan antara kecepatan dan biaya operasi kendaraan. Ini berarti ketika arus lalu lintas yang ada meningkat maka kecepatan lalu lintas rata-rata akan berkurang. Karena kecepatan kendaraan lebih lambat sehingga waktu tempuh lebih lama dan kemudian mengarah pada biaya operasi kendaraan yang lebih tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data primer dan sekunder untuk memperoleh data lalu lintas, waktu siklus (dari lampu lalu lintas), data geometris, kondisi jalan, kecepatan kendaraan, volume lalu lintas, dll. Data ini kemudian digunakan dalam pemodelan / simulasi lalu lintas dengan menggunakan perangkat lunak Vissim 9 untuk diperhitungkan biaya kemacetan minimum, panjang antrian, tundaan, dan tingkat pelayanan (LOS). Hasil total waktu siklus 148 detik untuk semua lengan, survei lalu lintas dilakukan oleh Umar dalam periode 12 jam mulai dari pukul 06.00 hingga 18.00. Namun, data yang digunakan untuk memodelkan lalu lintas di persimpangan hanya dipilih selama jam sibuk (06.15.- 07.15). Volume lalu lintas pada jam sibuk yang diperoleh dari survei ini adalah Utara = 2695 kendaraan, Timur = 1764 kendaraan, Selatan = 4491 kendaraan, Barat = 5683 kendaraan. Output yang dihasilkan dari simulasi menggunakan perangkat lunak Vissim 9 adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Hal ini dapat dilihat dari tabel bahwa keterlambatan kendaraan maksimum terjadi 232 detik dan antrian terpanjang adalah 214 meter di lengan barat dengan tingkat layanan F (sangat buruk). Biaya operasi kendaraan tertinggi adalah di lengan barat yaitu Rp. 1594 / kend.km. Berdasarkan jenis kendaraan, nilai waktu perjalanan untuk kendaraan berat diperkirakan Rp. 4,970, kendaraan ringan Rp. 1.925, dan motor Rp. 315. Total biaya kemacetan di persimpangan adalah Rp. 2.830.336 per jam

Sanjaya dkk. (2017) melakukan penelitian hubungan volume, kecepatan dan kepadatan terhadap kinerja ruas jalan. Perilaku pergerakan arus lalu lintas pada

suatu ruas jalan dan kemampuan ruas jalan tersebut dalam menampung arus lalu lintas perlu mendapat perhatian khusus bagi perencana jalan, karena akan menyangkut kualitas dan kuantitas pelayanan dari sistem jaringan jalan yang lebih luas. Karakteristik arus lalu lintas puncak pada pagi hari dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan komposisi lalu lintas (dengan persentase kendaraan pribadi dan sepeda motor yang lebih tinggi, dan persentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalu lintas). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei lapangan. Hubungan mendasar antara kecepatan dan volume adalah: dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai. Setelah kepadatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Hasil hubungan variabel kecepatan (U_s), volume lalu lintas (Q), dan kepadatan (D) dinyatakan dengan 2 (dua) buah model yaitu: Greenshields dan Underwood. Dengan mengetahui model ini dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam mengenai karakteristik lalu lintas sehingga berbagai macam penanganan masalah transportasi dapat dilakukan. Dari hasil analisis kedua model tersebut, model Underwood memberikan tingkat akurasi terbaik ($R^2=0.94$). Dapat terlihat bahwa hipotesa yang menyatakan jika kepadatan bertambah maka kecepatan akan menurun telah terbukti dengan model Underwood mempunyai tingkat akurasi terbaik.

Alhadar (2011) melakukan penelitian tentang analisis kinerja jalan dalam upaya mengatasi kemacetan lalu lintas pada ruas simpang bersinyal di Kota Palu. Transportasi dapat diartikan perpindahan baik orang barang maupun benda dari tempat asal ketempat yang lain. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengumpulkan berbagai literature dan data sekunder yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, kemudian dilakukan survei lapangan untuk mendapatkan data primer. Hasil dari kemacetan lalu lintas terjadi akibat volume kendaraan mendekati kapasitas jalan sesuai dengan standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), derajat kejenuhan $Q < 0,75$. Kemacetan lalu lintas dapat terjadi pula walaupun volume kendaraan belum mencapai kejenuhan ($< 0,75$) akibat dari hambatan samping seperti parkir sembarangan, adanya pedagang kaki lima, pejalan kaki, adanya kendaraan unmotor. Upaya upaya lain yang dapat dilakukan adalah

untuk memperlancar arus lalu lintas adalah dengan manajemen lalu lintas seperti membuat jalan satu arah, membatasi kendaraan tertentu meliwati ruas tersebut. Memperlebar jalan ,mengevaluasi waktu siklus lampu lalu lintas pada simpang bersinyal.

Hormansyah dkk. (2016) melakukan penelitian tentang penggunaan vissim model pada jalur lalu lintas empat ruas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data tingkat kemacetan dan mengatasi kemacetan tersebut. Metode yang digunakan adalah dengan pengumpulan data. Hasil jenis kendaraan yang digunakan dalam simulasi ada tujuh kendaraan, yaitu *Car, Trucks, Bus, Bike, Car2, Car3, Car4*. Setiap jenis kendaraan dikelompokkan berdasarkan dari *behaviour* kendaraan yang akan diberikan. Selanjutnya yang perlu dimasukkan adalah *Driving Behavior Parameter Set*. Jenis pengelompokan ini berdasar pada jalur yang diambil oleh kendaraan ketika melewati sebuah perempatan. Pada simulasi Vissim terdapat dua jenis karakteristik kendaraan yaitu jenis kendaraan statis dan dinamis. Umumnya setiap perempatan mempunyai lampu lalu lintas, yang membedakan adalah lama waktu dan sistem yang digunakan. Untuk membuat simulasi ini durasi waktu lampu pada perempatan akan dibagi menjadi empat bagian yang memungkinkan tidak terjadinya *gridlock* (penumpukan kendaraan) ketika berada ditengah perempatan. Pada signal pertama, durasi waktu yang diberikan adalah 26 detik, dengan durasi penuh 110 detik. Setelah durasi pertama habis, durasi kedua akan berjalan antara detik ke 30 sampai 50. Pengujian simulasi dilakukan selama 5 menit, dari hasil simulasi tidak ditemukan *gridlock* (penumpukan kendaraan), dan arus lalu lintas berjalan dengan lancar. Pada pengujian ini tidak ada perbandingan dengan data riil pada situasi lalu lintas, ketika pengujian selama lima menit sudah banyak kendaraan yang berada pada persimpangan, akan tetapi arus kendaraan masih lancar dan belum ada penumpukan.

Lumintang dkk. (2013) melakukan penelitian tentang kinerja lalu lintas persimpangan lengan empat bersinyal. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa persimpangan dengan metode MKJI 1997. Persimpangan merupakan bagian terpenting ketika berkendara, fungsinya untuk memutuskan pengemudi untuk jalan lurus atau berbelok. Untuk mengoptimalkan kinerja simpang yaitu dengan mengurangi titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu

lintas. Tingkat pelayanan atau kinerja jalan merupakan penilaian yang menerangkan kondisi operasional suatu jalan. Metode yang digunakan yaitu metode survei lapangan dan eksperimen model. Pengambilan data didapatkan dengan cara pengumpulan data primer dan sekunder. Kondisi lapangan didapatkan dari data hasil survey lapangan yang meliputi jumlah fase, waktu siklus, waktu hilang total, denah geometrik simpang, lebar pendekatan dan kondisi lingkungan simpang. Metode untuk menghitung kapasitas dan tundaan persimpangan digunakan metode MKJI 1997 sedangkan tingkat pelayanan didapatkan dengan menggunakan *Highway Capacity Manual* (HCM) 1985. Hasil analisis nilai Derajat Kejenuhan (DS) maksimum untuk masing-masing pendekat yaitu pendekat Paal II sebesar 0,763 pendekat Pasar Tanaka sebesar 0,656, pendekat Tikala sebesar 0.700 dan pendekat Pusat Kota sebesar 0,720. Kinerja lalu lintas/*Level of Service* (LOS) didapatkan dengan melihat tundaan rata-rata. Dari hasil analisa didapat tundaan rata-rata persimpangan yaitu 59,92 detik/kendaraan sehingga didapat *Level of Service* yaitu LOS E yang berarti pergerakan yang buruk akibat tundaan kendaraan yang tinggi.

Wikrama (2011) melakukan penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal. Menurut PP 43/1993 tentang lalu lintas dan prasarana, simpang ialah perempatan jalan baik sebidang maupun tak sebidang. Simpang termasuk titik konflik terjadinya kecelakaan akibat pergerakan arus kendaraan. Variabel terpenting dalam evaluasi persimpangan adalah lampu lalu lintas, kapasitas dan tingkat pelayanan. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data primer dan sekunder. Data kemudian dianalisis untuk memperoleh kinerja kondisi eksisting yang parameteranya adalah kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti dan tundaan. Hasil analisis kinerja Simpang Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak eksisting untuk kaki Utara, Selatan, Barat dan Timur menghasilkan kisaran nilai kapasitas sebesar 237-259 smp/jam, 304-324 smp/jam, 740-950 smp/jam dan 630-813 smp/jam. Panjang antrian adalah 120-487 m, 55-83 m, 74-105 m, dan 271-2879 m. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,95-1,37, 0,56-0,75, 0,64-0,76 dan 0,99-1,45. Rata-rata tundaan seluruh lengan simpang adalah 59,95-598,24 detik/smp dengan tingkat pelayanan pada jam puncak adalah E s/d F. Hasil analisis dari 3 alternatif, alternatif pertama yaitu menganalisis ulang pengaturan

persinyalan pada simpang tersebut, alternatif kedua yaitu melakukan pelebaran pada simpang dan mengatur ulang persinyalan, alternatif ketiga, yaitu menutup pergerakan dari lengan selatan dan mengatur ulang persinyalan.

Pradana dkk. (2016) melakukan penelitian tentang analisis kinerja tiga ruas jalan utama Kota Cilegon. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data primer dan data sekunder. Untuk melakukan analisis menggunakan MKJI 1997. Hasil analisis kinerja ruas pada masing-masing ruas yang diteliti memiliki tingkat pelayanan yang baik secara menyeluruh. Namun kinerja ruas terburuk didapat pada ruas jalan Jendral Sudirman pada hari kerja yang memiliki nilai DS sebesar 0,84 dengan tingkat pelayanan D dengan arus pergerakan kendaraan yang tidak stabil dan kecepatan sangat rendah. Karakteristik pergerakan yang didapat pada hasil pembahasan dan analisa menyimpulkan bahwa karakteristik pergerakan kendaraan yang terjadi pada ketiga ruas jalan yang ditinjau adalah pergerakan total kendaraan pada hari libur dan kerja baik untuk arah serang dan arah merak memiliki karakteristik pergerakan yang menghasilkan pergerakan tinggi yang terjadi selalu pada jalan Jendral Sudirman dan terendah selalu pada jalan Raya Cilegon, pergerakan jenis kendaraan untuk hari libur dipengaruhi oleh faktor kenyamanan untuk setiap arahnya, sedangkan untuk hari kerja pergerakan tersebut dipengaruhi oleh waktu berangkat dan pulang kerja dimana pergerakan arah merak tinggi pada waktu pagi dan arah serang tinggi pada waktu sore, untuk jenis pergerakan HV (mobil besar) memiliki karakteristik pergerakan yang tergantung pada kebutuhan pengiriman barang dan jasa. Untuk perbandingan hari libur dan hari kerja sangat jelas terlihat dari hasil analisis sebelumnya, dimana untuk hari kerja memiliki tingkat pergerakan yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan hari libur yang memiliki pergerakan yang rendah dan untuk beberapa jenis kendaraan pergerakan tergantung pada faktor kenyamanan.

Prasetyo, dkk. (2016) melakukan penelitian tentang analisa kinerja ruas jalan karet di Kota Palangkaraya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui derajat kejenuhan sebagai bahan pertimbangan untuk kinerja ruas jalan. Metode yang digunakan yaitu pengumpulan data secara langsung dilapangan dan di analisis menggunakan MKJI 1997. Hasil nilai derajat kejenuhan yang terjadi pada segmen jalan yang diamati adalah berkisar antara 0,20 – 0,40. Dari sini bisa dilihat bahwa

derajat kejenuhannya masih terlihat bagus, karena derajat kejenuhan yang diperbolehkan maksimum adalah 0,85. Dengan melihat derajat kejenuhan sebagai bahan pertimbangan untuk penilaian tingkat kinerja. Maka tingkat kinerja pada Jalan Karet Palangkaraya dalam keadaan baik. Adanya hambatan samping pada jalur jalan akan mempengaruhi terhadap tinggi rendahnya tingkat kinerja suatu jalur jalan tersebut. Semakin tinggi kelas hambatan samping yang ada, akan memperendah tingkat kapasitas suatu ruas jalan yang menyebabkan menurunnya tingkat kinerja suatu ruas jalan. Pada Jalan Karet Palangkaraya memiliki kelas hambatan samping yang sedang (*M*). Volume lalu lintas juga mempengaruhi terhadap tinggi rendahnya kinerja ruas jalan. Kondisi kinerja ruas jalan yaitu tingkat B arus stabil tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk menentukan kecepatan arus bebas.

Jatmika & Andiko (2014) melakukan penelitian tentang pengaturan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas adalah alat bantu yang menggunakan lampu untuk mengatur lalu lintas pada persimpangan. Lampu lalu lintas bertujuan untuk mengatur pergerakan kendaraan secara bergantian agar tidak saling bertabrakan. Ada 2 jenis *traffic actuated operation* yaitu *fully actuated operation*/operasional waktu sinyal yang nyata dan *semi actuated operation*/operasional waktu sinyal separuh nyata. Metode yang digunakan adalah pengaturan lampu lalu lintas dengan kamera webcam bekerja berdasarkan inputan berupa gambar hasil *capture*. Kemudian gambar diproses dari format RGB menjadi *grayscale*, *thresholding* dan *histogram*. Proses ini dilakukan menggunakan *personal computer* yang selanjutnya data hasil kepadatan ini dikirim ke mikrokontroler ATMega16 melalui *port serial*. Hasil pengujian didapatkan bahwa rata-rata presentase kepadatan kendaraan dipagi dan siang hari adalah 30% dan 28% artinya kondisi kepadatan kendaraan adalah sepi. Sedangkan pengujian yang dilakukan pada sore hari dan malam hari didapatkan bahwa rata-rata presentase kepadatan kendaraan adalah 53% dan 58% artinya kondisi kepadatan kendaraan pada sore hari dan malam hari adalah normal.

Widodo (2012) melakukan penelitian tentang analisis volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan metode *Greenshields* dan *Greenberg*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Greenshields* dan *Greenberg* dengan

berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil kecepatan kendaraan pada saat pengamatan mempunyai kecepatan maksimum sebesar 34,29 km/jam yang terjadi pada jam 10.30 – 11.30 WIB untuk arah Timur-Barat dan 37,84 km/jam terjadi pada jam 11.30 – 12.30 WIB arah Barat-Timur. Kecepatan minimum terjadi pada jam 8.30-9.30 WIB sebesar 26,32 km/jam untuk arah Timur-Barat dan untuk arah Barat-Timur sebesar 27,22 km/jam terjadi pada jam 7.30-8.30 WIB. Nilai volume maksimum untuk arah ke Timur sebesar 1548,55 smp/jam yang terjadi pada jam 07.30-08.30 dan volume rata-ratanya sebesar 1111,01 smp/jam. Untuk arah ke Barat volume maksimumnya sebesar 1127,65 smp/jam yang terjadi pada jam 09.30-10.30 dan volume rata-ratanya sebesar 1029,16 smp/jam. Kecepatan dan volume akan mempengaruhi kepadatan lalu lintas. Dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi akan menyebabkan berkurangnya kecepatan dan keterbatasan pada pengemudi. Besarnya volume pada ruas jalan digunakan sebagai ukuran untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan tersebut. Saat ini ukuran terbaik untuk melihat tingkat pelayanan pada suatu kondisi lalu lintas adalah kecepatan operasi dan perbandingan antara volume dan kapasitas pada jalan dua lajur maupun empat lajur. Tingkat pelayanan di Jalan Wates km 5, tepatnya di depan Pasar Gamping masih B. Hal ini berarti kapasitas ruas jalan ke arah Timur dan ke arah Barat masih mampu menampung arus lalu lintas dengan lancar.

Riu Li & Peter Jin (2017) melakukan penelitian tentang transit prioritas. Transit prioritas merupakan salah satu upaya untuk membuat arus menjadi lancar. Metode yang digunakan adalah metode *transit signal priority* dan aplikasi Vissim untuk memodelkan arus lalu lintas yang telah di kalibrasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode optimasi sinyal ditujukan untuk menyesuaikan rencana pentahapan sinyal TSP, dan kontrol TSP dalam keadaan jaringan perkotaan dioptimalkan berdasarkan analisis transit Waktu-Space diagram lintasan. Eksperimen numerik dilakukan dengan mensimulasikan operasi angkutan dengan volume yang bidang dan pentahapan data yang dikumpulkan di masyarakat Qingliangmen-Bridge of Nanjing, Cina, dan daerah eksperimental termasuk dua koridor komuter arteri, lima persimpangan bersinyal yang berdekatan, dan empat berhenti layanan bus. Awal non-TSP dan dioptimalkan rencana pentahapan TSP dari daerah uji simulasi dan dievaluasi dengan menggunakan platform simulasi

VISSIM. Hasil validasi percobaan efektivitas metode TSP yang diusulkan, dan kinerja rencana pentahapan TSP dioptimalkan dianalisis dan dievaluasi.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pemodelan Transportasi

Model dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan suatu realita atau bentuk yang sebenarnya termasuk diantaranya :

- a. Perencanaan dan pemodelan transportasi.
- b. Peta dan diagram (grafis).
- c. Model statika dan matematika (persamaan) yang menerangkan beberapa aspek fisik sosial-ekonomi dan model transportasi.

Semua model tersebut merupakan cerminan dan penyederhanaan realita untuk tujuan tertentu, seperti memberikan penjelasan, pengertian, serta peramalan. Beberapa model dapat mencerminkan realita secara tepat (Tamin, 2003).

2.2.2. Persimpangan Jalan

Menurut C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall (2015), persimpangan jalan ialah bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan yang merupakan tempat titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih. Karena merupakan tempat terjadinya konflik dan kemacetan untuk itu maka perlu dilakukan pengaturan dan pemodelan pada daerah simpang ini guna menghindari dan meminimalisir terjadinya konflik dan beberapa permasalahan yang mungkin timbul dipersimpangan. Di daerah perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, dimana pengemudi harus memutuskan untuk berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai satu tujuan.

Secara umum terdapat 3 (tiga) jenis persimpangan, yaitu : (1) simpang sebidang, (2) pembagian jalur jalan tanpa *ramp*, dan (3) *interchange* (simpang susun). Simpang sebidang (*intersection at grade*) adalah simpang dimana dua jalan atau lebih bergabung, dengan tiap jalan mengarah keluar dari sebuah simpang dan membentuk bagian darinya. Jalan-jalan ini disebut kaki simpang/lengan simpang atau pendekat.

2.2.3. Kemacetan Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997) Kemacetan lalu lintas adalah situasi dimana arus lalu lintas melebihi kapasitas jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas

jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam, sehingga menyebabkan terjadinya antrian kendaraan. Kemacetan akan meningkat apabila arus kendaraan besar sehingga kendaraan saling berdekatan satu sama lain.

Beberapa penyebab kemacetan lalu lintas adalah :

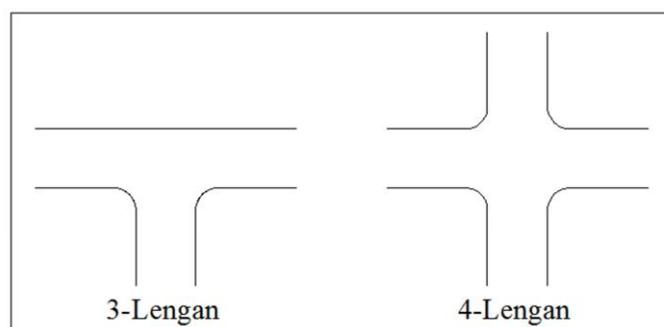
- a. Arus kendaraan meningkat melebihi dari kapasitas jalan.
- b. Terjadi kecelakaan yang menyebabkan terjadinya gangguan kelancaran arus lalu lintas.
- c. Faktor manusia selaku pengguna jalan. Berbagai hal menyangkut manusia seperti sikap, perilaku, dan kebiasaan yang kurang tepat menggunakan jalan raya dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas dan membahayakan pengguna jalan lain.
- d. Adanya parkir liar di sepanjang jalan.

Kemacetan lalu lintas memberikan dampak negatif bagi para pengguna jalan, diantaranya :

- a. Waktu perjalanan menjadi panjang dan makin lama.
- b. Biaya operasi kendaraan menjadi lebih besar.
- c. Polusi kendaraan yang dihasilkan makin bertambah.
- d. Pemakaian bbm sangat boros.

2.2.4 Simpang tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah simpang tanpa pengoperasian sinyal lalu lintas. Pengaturan pergerakan pada simpang tak bersinyal pada (MKJI, 1997) dilakukan secara komperhensif dimana kinerja yang dihasilkan sebagai acuan penentuan dan prosedur pergerakan yang akan ditetapkan dengan memperhatikan besarnya parameter tundaan, kapasitas, derajat kejenuhan, peluang antrian dan kondisi geometrik yang ada pada simpang yang ditinjau.



Gambar 2. 1 Contoh Simpang 3 dan 4 tak Bersinyal

2.2.5 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal merupakan persimpangan yang pergerakan kendaraannya diatur oleh sinyal lalu lintas. Menurut MKJI (1997), tujuan menggunakan persinyalan pada simpang antara lain :

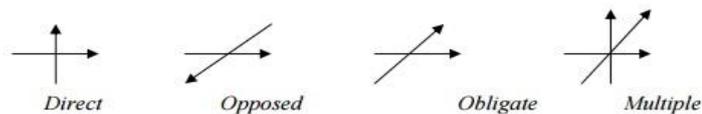
- Menghindari terjadinya konflik lalu lintas pada persimpangan.
- Memudahkan pejalan kaki untuk menyeberang.
- Menurunkan tingkat kecelakaan lalu lintas akibat kendaraan berlawanan arah.

2.2.6 Konflik Persimpangan dan Penentuan Fase

Persimpangan merupakan tempat terjadinya konflik lalu lintas dimana lintasan kendaraan akan berpotongan di satu titik. Konflik pada persimpangan akan memperlambat arus kendaraan yang melintas sehingga berpotensi untuk terjadinya tabrakan/kecelakaan.

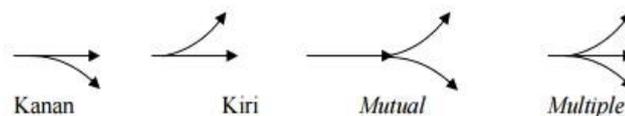
Pada dasarnya ada empat jenis pertemuan pergerakan lalu lintas yaitu :

- Gerakan memotong (*Crossing*)



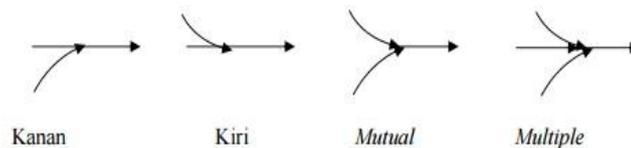
Gambar 2. 2 Gerakan memotong

- Gerakan memisah (*Diverging*)



Gambar 2. 3 Gerakan memisah

- Gerakan menyatu (*Merging / Converging*)

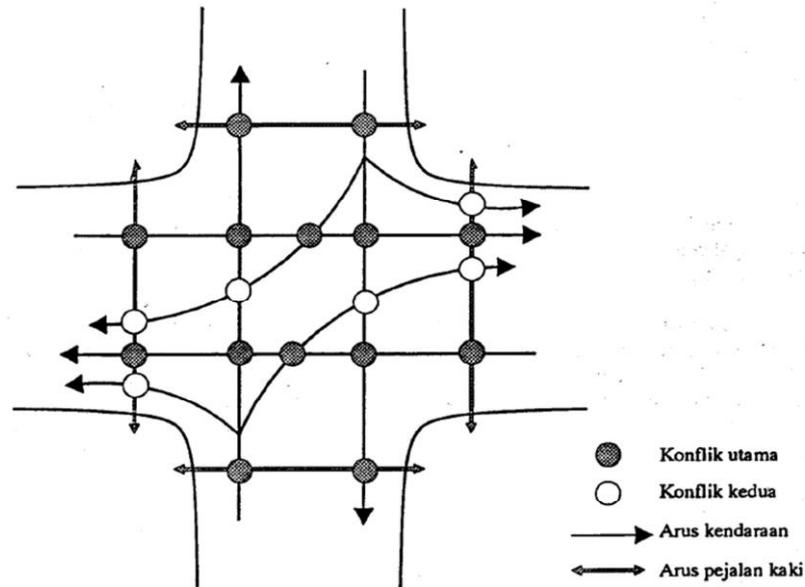


Gambar 2. 4 Gerakan menyatu

- Gerakan jalinan / anyaman (*Weaving*)



Gambar 2. 5 Gerakan anyaman

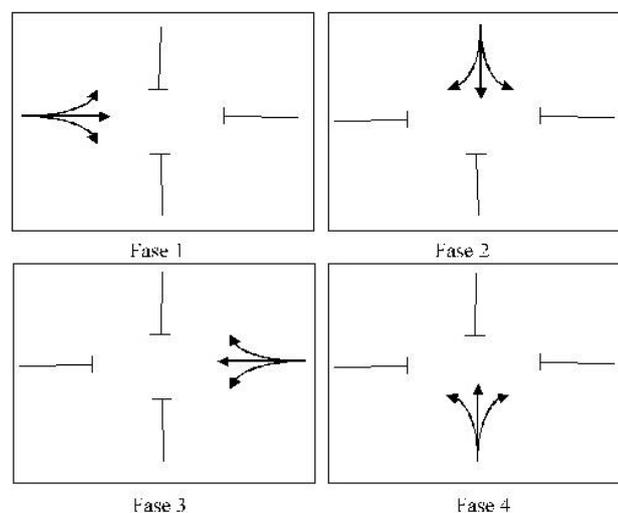


Gambar 2. 6 Konflik Utama dan kedua pada simpang dengan 4 lengan

(Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997*)

Penentuan Fase pada perencanaan lalu lintas adalah sebagai berikut :

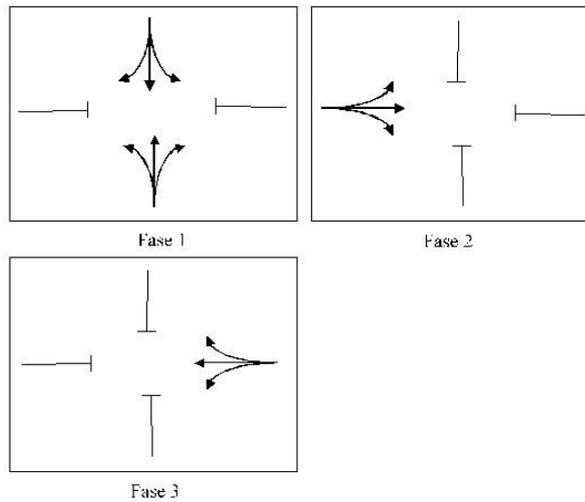
- a. Waktu siklus (*cycle time*) : waktu satu periode lampu lalu lintas, misalnya pada saat suatu arus di ruas jalan A mulai hijau, hingga pada ruas jalan tersebut mulai hijau lagi.
- b. Fase : suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus yang mendapat identifikasi lampu lalu lintas yang sama, misalnya :
 1. Perempatan dengan 4 fase



Gambar 2. 7 Persimpangan dengan 4 fase

(Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997*)

2. Perempatan dengan 3 fase



Gambar 2. 8 Persimpang dengan 3 fase

(Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997*)

2.2.7 Komposisi Lalu Lintas

Menurut survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara manual, komposisi lalu lintas terbagi menjadi 4 jenis kendaraan, yaitu :

- Kendaraan ringan (LV) : sedan, mobil, pick up, dan oplet.
- Kendaraan berat (HV) : truck 2 as, truck 3 as dan bis.
- Sepeda motor (MC) : sepeda motor dan kendaraan roda 3.
- Kendaraan tak bermotor (UM) : becak, pejalan kaki, sepeda dan andong.

2.2.8 Satuan Mobil Penumpang

Setiap kendaraan memiliki karakteristik yang berbeda karena memiliki dimensi, kecepatan, dan percepatan yang berbeda. Untuk analisis satuan yang digunakan adalah satuan mobil penumpang (smp). Jenis-jenis kendaraan harus dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang dengan cara mengalikannya dengan ekivalen mobil penumpang (emp).

Tabel 2. 1 Nilai Ekivalen Mobil Penumpang (*MKJI, 1997*)

Jenis Kendaraan	Nilai emp
Kendaraan Ringan (LV)	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3
Kendaraan Bermotor (MC)	0,5

2.2.9 PTV VISSIM

PTV Vissim merupakan *software* pemodelan transportasi multimoda operasi yang dimiliki oleh *Vision Traffic Suite Software*. Vissim membuat kondisi terbaik dalam menguji skenario lalu lintas yang berbeda sebelum realisasinya. Vissim sekarang sedang digunakan di seluruh dunia oleh sektor publik, perusahaan konsultasi dan universitas. Selain simulasi kendaraan secara *default*, Vissim juga dapat digunakan untuk melakukan simulasi pejalan kaki berdasarkan model Wiedemann. Secara umum, hasil keluaran pemodelan dengan *Vissim* meliputi panjang antrian, waktu tundaan, tingkat pelayanan, dan besar emisi kendaraan.

Mikrosimulasi dengan program Vissim mengacu pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh University of Karlsruhe di Jerman, sehingga perlu dilakukan kalibrasi dan validasi agar sesuai dengan kondisi lalu lintas di Indonesia. Pemodelan Vissim dikalibrasi berdasarkan perilaku mengemudi (*Driving Behaviour*) pada program Vissim. Kalibrasi parameter *Driving Behaviour* dilakukan berdasarkan tipe *Urban (motorized)* pada pengaturan *default* yang tersedia dalam Vissim. Kalibrasi model dilakukan berdasarkan penelitian Pribadi (2017) pada menu *Driving Behaviour* dengan menyesuaikan nilai parameter *Following* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 dan parameter *Lateral* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 2 Kalibrasi parameter *following* (Pribadi, 2017)

Parameter	Default	Hasil Kalibrasi		
		Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat	Sepeda Motor
Following Look ahead distance				
<i>Minimum</i>	0 m	40 m	50 m	40 m
<i>Maximum</i>	250 m	250 m	250 m	250 m
<i>Observed vehicles</i>	4	4	4	4
Look back distance				
<i>Minimum</i>	0 m	15 m	20 m	0 m
<i>Maximum</i>	150 m	150 m	150 m	150 m
Temporary Lack of attention				
<i>Duration</i>	0 s	0 s	0 s	0 s
<i>Probability</i>	0 s	0 s	0 s	0 s

Tabel 2.2 Lanjutan

Parameter	Default	Hasil Kalibrasi		
		Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat	Sepeda Motor
<i>Smooth closeup behaviour</i>	x	x	x	x
<i>Standstill dist. For static obst</i>	x	x	0,5 m	x
Car following model Model Parameter	<i>Wiedemann 74</i>	<i>Wiedemann 74</i>	<i>Wiedemann 74</i>	<i>Wiedemann 74</i>
<i>Average standstill distance</i>	2 m	1,9 m	2 m	0,5 m
<i>Additive part of safety distance</i>	2	1,9	2	0,5
<i>Multiplicative part for safety distance</i>	3	2,9	3	1

Tabel 2. 3 Kalibrasi parameter *lateral* (Pribadi, 2017)

Parameter	Default	Hasil Kalibrasi		
		Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat	Sepeda Motor
Lateral				
<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
<i>Keep lateral distance</i>	x	x	x	x
<i>Diamond queuing</i>	x	x	x	√
<i>Consider next turn</i>	x	x	x	x
<i>Collision time gain</i>	2 s	2 s	2 s	2 s
<i>Min. longitudinal speed</i>	3.60 km/h	1 km/h	1 km/h	1 km/h
<i>Time between direction changes</i>	0 s	0 s	0 s	0 s
Overtake on same lane				
<i>Overtake left</i>	x	√	x	√
<i>Overtake right</i>	x	√	√	√

Tabel 2.3 Lanjutan

Parameter	Default	Hasil Kalibrasi		
		Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat	Sepeda Motor
<i>Minimum lateral distance</i>				
<i>Distance standing</i>	0.2 m at 0 km/h	0.1 m at 0 km/h	0.1 m at 0 km/h	0.1 m at 0 km/h
<i>Distance driving</i>	1.00 m at 50 km/h	0.1 m at 50 km/h	0.1 m at 50 km/h	0.1 m at 50 km/h
<i>Exception for overtaking vehicles the following vehicles classes</i>	Left blank	Left blank	Left blank	Left blank

a. Penggunaan PTV Vissim

Vissim adalah aplikasi mikroskopis, langkah waktu berorientasi, dan alat simulasi berbasis perilaku untuk pemodelan lalu lintas perkotaan dan pedesaan serta arus pejalan kaki.

Selain kendaraan pribadi (PrT/*Private Transport*), dapat dimodelkan pula transportasi publik berbasis *rail* dan *road* (PuT/*Public Transport*).

Arus lalu lintas disimulasikan dengan berbagai kendala distribusi jalur, komposisi kendaraan, sinyal kontrol, dan pencatatan PrT dan PuT.

Program ini dapat menguji dan menganalisis interaksi antara sistem, seperti adaptif kontrol sinyal, rekomendasi rute dalam jaringan, dan berkomunikasi kendaraan.

Mensimulasikan interaksi antara aliran pejalan kaki dan masyarakat lokal dan transportasi pribadi, atau merencanakan evakuasi bangunan dan seluruh stadion.

VISSIM dapat digunakan untuk menjawab berbagai isu. Kasus penggunaan berikut mewakili beberapa kemungkinan bidang aplikasi :

1. Perbandingan Geometri Persimpangan

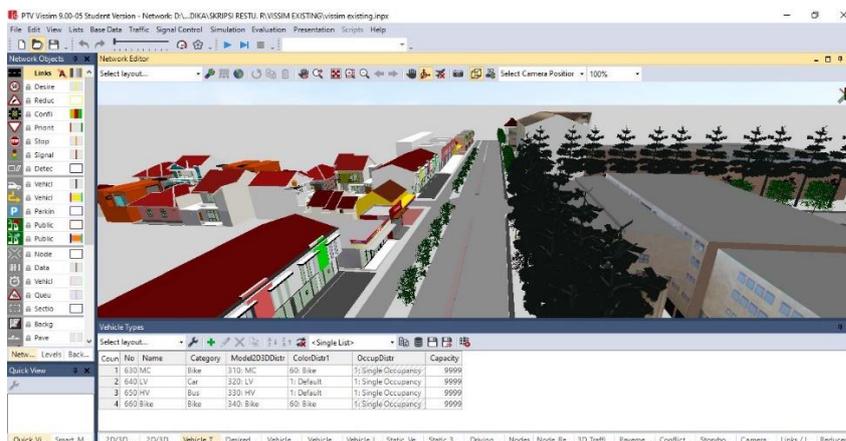
- a) Memodelkan berbagai bentuk persimpangan.
- b) Mensimulasikan lalu lintas untuk beberapa variasi *node*.
- c) Menghitung keterkaitan dari berbagai moda transportasi (bermotor, kereta api, pengendara sepeda, pejalan kaki).

- d) Menganalisis berbagai varian perencanaan mengenai tingkat layanan, penundaan atau antrian panjangnya.
2. Perencanaan Pembangunan Lalu Lintas
 - a) Memodelkan dan menganalisis dampak dari rencana pembangunan perkotaan.
 - b) Memiliki perangkat lunak yang mendukung dalam menyiapkan dan mengkoordinasikan lokasi konstruksi.
 - c) Manfaat dari simulasi pejalan kaki di dalam dan di luar gedung.
 - d) Mensimulasikan pencarian parkir, ukuran parkir, dan dampaknya terhadap perilaku parkir.
 3. Analisis Kapasitas
 - a) Model aliran yang realistis pada sistem persimpangan yang kompleks.
 - b) Memperhitungkan dan menggambarkan dampak dari kerumunan lalu lintas yang datang, jalinan arus lalu lintas antara persimpangan, dan waktu *intergreen* yang tidak teratur.
 4. Sistem Kontrol Lalu Lintas
 - a) Menganalisis dan merekayasa lalu lintas.
 - b) Menganalisis parameter tundaan, kecepatan kendaraan, waktu perjalanan dan panjang antrian.
 - c) Mengecek dampak dari pengontrolan lalu lintas dan tanda-tanda pesan variabel.
 - d) Memperlancar perkembangan arus lalu lintas.
 5. Operasi Sistem Persinyalan dan Pengaturan Waktu
 - a) Mensimulasikan perjalanan tergantung pada skenario dari simpang bersinyal.
 - b) Memodelkan dan membuat konstruksi dan persinyalan rencana untuk *traffic calming*.
 - c) Vissim memberikan kemungkinan untuk mengecek dampak sinyal kontrol.
 6. Simulasi Angkutan Umum
 - a) Model semua rincian untuk operasi *bus*, *tram*, *subway*, *light rail transit*, dan *commuter rail*.

- b) Menganalisis angkutan perbaikan operasional tertentu, dengan menggunakan *built-in* standar industri dengan prioritas sinyal.
- c) Mensimulasikan dan membandingkan beberapa pendekatan, menunjukkan program yang berbeda untuk jalur angkutan umum khusus dan lokasi halte yang berbeda (selama rancangan fase awal).
- d) Tes dan mengoptimalkan *switchable*, lalu lintas digerakkan kontrol sinyal dengan prioritas angkutan umum (selama perencanaan pelaksanaan).

b. VISSIM 9.0 *User Interface*

Setelah memulai program ini, tampilan awal akan terbuka. *User interface* memuat unsur berikut untuk melihat, mengedit, dan mengendalikan jaringan, data dan simulasi. *User interface* VISSIM ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 2. 9 Tampilan *User interface* PTV VISSIM 9.0

c. Perintah pada Program PTV Vissim

Tabel 2. 4 Perintah pada *Menu File* (PTV Vissim 9.0 *User Manual*)

Menu File	
<i>New</i>	Untuk membuat program VISSIM baru
<i>Open</i>	Membuka <i>File</i> program
<i>Open Layout</i>	Baca di tata letak <i>file *.lyx</i> dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
<i>Open Default Layout</i>	Baca di tata letak <i>file *.lyx</i> dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program

<i>Read Additionally</i>	Buka <i>File</i> 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</i>	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke <i>file layout *.lyx</i>
<i>Save Layout As Default</i>	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke <i>file layout default</i>
<i>Import</i>	Impor data ANM dari Visum
<i>Eksport</i>	Mulai ekspor data ke PTV Vissim
<i>Open Working Directory</i>	Membuka <i>Windows Explorer</i> di direktori kerja saat ini
<i>Exit</i>	Menutup atau mengakhiri program VISSIM

Tabel 2. 5 Perintah pada *Menu Edit (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

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

Tabel 2. 6 Perintah pada *Menu View (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu View</i>	
<i>Open New Network Editor</i>	Tambah baru jaringan editor 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>	Membuka <i>Quick View</i>
<i>Smart Map</i>	Membuka <i>Smart Map</i>
<i>Messeges</i>	Membuka halaman, menunjukkan pesan dan peringatan
<i>Simulation Time</i>	Menampilkan waktu simulasi Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek jaringan berikut :
<i>Quick Mode</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>Vehicles In Network</i> b. <i>Pedestrians In Network</i> c. Semua jaringan lainnya yang akan ditampilkan Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek berikut : <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Desired Speed Decisions</i> b. <i>Reduced Speed Areas</i> c. <i>Conflict Areas</i> d. <i>Priority Rules</i> e. <i>Stop Signs</i> f. <i>Signal Heads</i> g. <i>Detectors</i>
<i>Simple Network Display</i>	<ul style="list-style-type: none"> h. <i>Parking Lots</i> i. <i>Vehicle Inputs</i> j. <i>Vehicle Routes</i> k. <i>Public Transport Stops</i> l. <i>Public Transport Lines</i> m. <i>NodesMeasurement Areas</i> n. <i>Data Collection Points</i> o. <i>Pavement Markings</i> p. <i>Pedestrian Inputs</i> q. <i>Pedestrian Routes</i>

r. *Pedestrian Travel Time Measurement* Semua

Semua objek jaringan yang ditampilkan :

- a. *Links*
- b. *Background Images*
- c. *3D Traffic Signals*
- d. *Static 3D Models Vehicles In Network*
- e. *Pedestrians In Network*
- f. *Areas*
- g. *ObstaclesRamps & Stairs*

Tabel 2. 7 Perintah pada *Menu Lists (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu Lists</i>	
<i>Base Data</i>	Daftar untuk mendefinisikan atau mengedit <i>Base Data</i>
a. <i>Network</i>	
b. <i>Intersection Control</i>	
c. <i>Private Transport</i>	Daftar atribut objek jaringan dengan jenis objek jaringan yang dipilih
d. <i>Public Transport</i>	
e. <i>Pedestrians Traffic</i>	
<i>Graphics & 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
a. <i>Measurements</i>	
b. <i>Results</i>	Daftar data dari evaluasi simulasi

Tabel 2. 8 Perintah pada *Menu Base Data (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu Base Data</i>	
<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 wana
<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
<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. 9 Perintah pada *Menu Traffic* (PTV Vissim 9.0 User Manual)

<i>Menu Traffic</i>	
<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. 10 Perintah pada *Menu Signal Control (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu Signal Control</i>	
<i>Signal Controllers</i>	Membuka daftar <i>Signal Controllers</i> : Menetapkan atau mengedit SC
<i>Signal Conroller Communication</i>	Membuka daftar <i>SC Communication</i>
<i>Fixed Time Signal Controllers</i>	Menentukan waktu dalam jaringan

Tabel 2. 11 Perintah pada *Menu Simulation (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu Simulation</i>	
<i>Parameter</i>	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. 12 Perintah pada *Menu Evaluation (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu Evaluation</i>	
<i>Configuration</i>	a. <i>Result attribute</i> : mengkonfigurasi hasil tampilan <i>atribut</i> b. <i>Direct output</i> : konfigurasi <i>output</i> ke <i>file</i> atau <i>database</i>
<i>Database Configuration</i>	Mengkonfigurasi koneksi <i>database</i>
<i>Measurement Definition</i>	Tampilkan dan mengkonfigurasi daftar pengukuran yang diinginkan

<i>Windows</i>	Mengkonfigurasi waktu sinyal, catatan <i>SC detector</i> atau perubahan sinyal pada <i>window</i>
<i>Results Lists</i>	Menampilkan hasil atribut dalam daftar hasil

Tabel 2. 13 Perintah pada *Menu Presentation (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Menu Presentation</i>	
<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 <i>file *.avi</i>
<i>3D Anti-Alising</i>	Beralih 3D <i>anti-alising</i>

Tabel 2. 14 Perintah pada *Menu Help (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

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

Tabel 2. 15 Parameter Hasil *Node Result (PTV Vissim 9.0 User Manual)*

<i>Attribute</i>	Nama Panjang	Deskripsi
<i>Count</i>		Nomor urut
<i>Simrun</i>	<i>Simulation run</i>	Jumlah simulasi dijalankan

<i>TimeInt</i>	<i>Time Interval</i>	Interval waktu data yang diolah Jumlah konektor dari <i>link</i> masuk khusus untuk <i>outbound link</i> tertentu dari sebuah <i>node</i> .
<i>Movement</i>	<i>Movement</i>	Sebuah gerakan mungkin berisi beberapa urutan <i>link</i> , misalnya melalui konektor paralel.
<i>QLen</i>	<i>Queue Length</i>	Panjang antrian rata-rata : Panjang antrian rata – rata per interval waktu
<i>QLenMax</i>	<i>Queue Length Max</i>	Antrian panjang (maksimum) : panjang antrian maksimum per interval waktu
<i>Vehs</i>	<i>Vehicles</i>	Jumlah kendaraan yang terekam
<i>Pers(All)</i>	<i>Persons (All)</i>	Total jumlah pengguna kendaraan
<i>LOSVal(All)</i>	<i>Level-of-service value</i>	<i>Level-of-service</i> nilai: tingkat kualitas transportasi yang dinilai dari angka 1 sampai 6 sesuai dengan skema LOS yang sudah ditetapkan. 1 sesuai dengan A, 6 sesuai dengan F. Kendaraan <i>delay</i> : rata-rata tundaan semua kendaraan. Penundaan kendaraan ketika meninggalkan pengukuran waktu perjalanan diperoleh dengan mengurangi teoritis waktu (ideal) wisata dari waktu perjalanan yang sebenarnya.
<i>VehDelay(All)</i>	<i>Vehicle Delay (All)</i>	Rata – rata tundaan dari semua pengguna kendaraan
<i>PersDelay(All)</i>	<i>Person Delay (All)</i>	Tingkat layanan : Tingkat kualitas transportasi yang dinilai dengan huruf A sampai F di nilai dari nilai <i>density</i> (unit kendaraan/mil/jalur) untuk tingkat pergerakan dan sisi tepi
<i>LOS(All)</i>	<i>Level of Service</i>	

		sesuai dengan skema LOS yang didefinisikan dalam <i>American Highway Capacity Manual</i> (HCM) 2010.
		Simpang bersinyal :
		A: \leq 10 detik
		B: $>$ 10 sampai 20 detik
		C: $>$ 20 sampai 35 detik
		D: $>$ 35 sampai 55 detik
		E: $>$ 55 sampai 80 detik
		F: $>$ 80 detik
		Persimpangan non-bersinyal :
		A: \leq 10 detik
		B: $>$ 10 sampai 15 detik
		C: $>$ 15 sampai 25 detik
		D: $>$ 25 sampai 35 detik
		E: $>$ 35 sampai 50 detik
		F: $>$ 50 detik
<i>StopDelay(All)</i>	<i>Stop Delay (All)</i>	Rata-rata tundaan berhenti per kendaraan dalam hitungan detik tanpa berhenti di tempat parkir
<i>Stops(All)</i>	<i>Stops (All)</i>	Jumlah rata-rata kendaraan berhenti per kendaraan tanpa berhenti di tempat parkir
<i>EmissionsCO</i>	<i>Emissions CO</i>	Jumlah karbon monoksida yang terbang (gram)
<i>EmissionsNOx</i>	<i>Emissions NOx</i>	Jumlah nitrogen oksida yang terbang (gram)
<i>EmissionsVOC</i>	<i>Emissions VOC</i>	Jumlah senyawa organik yang mudah menguap (<i>volatile organic compounds</i>) (gram)
<i>FuelConsumption</i>	<i>Fuel Consumption</i>	Jumlah bahan bakar yang terbang (<i>US Liquid gallon</i>) (1US gal lqd = 3,785 liter)

d. Tingkat pelayanan Jalan (*Level – of – Service*)

Tingkat pelayanan (*level of service*) adalah ukuran kinerja ruas jalan atau simpang jalan yang dihitung berdasarkan tingkat pengguna jalan, kecepatan, kepadatan dan hambatan yang terjadi. Metode yang digunakan mengacu pada

peraturan di Amerika yang dimuat dalam manual kapasitas jalan raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Tingkat pelayanan pada *Highway Capacity Manual* Tahun 2000 yang digunakan di Amerika Serikat untuk aspek jalan memiliki kesamaan dalam jumlah klasifikasinya dengan Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 yang ada di Indonesia. Namun, terdapat perbedaan pada nilainya. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Perbandingan Tingkat Pelayanan (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015; *Transportation Research Board, 2000*)

Tingkat Pelayanan (<i>level of Service</i>)	Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 (detik/kendaraan)	<i>Highway Capacity Manual</i> Tahun 2000 (detik/kendaraan)
A	≤ 5	≤ 10
B	$> 5 - \leq 15$	$> 10 - \leq 20$
C	$> 15 - \leq 25$	$> 20 - \leq 35$
D	$> 25 - \leq 40$	$> 35 - \leq 55$
E	$> 40 - \leq 60$	$> 55 - \leq 80$
F	> 60	> 80

Didalam manual kapasitas jalan raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010, tingkat pelayanan jalan raya (LOS) dibagi menjadi 2 yaitu tingkat pelayanan pada simpang bersinyal (*Signalized intersection level of service*) yang dapat dilihat pada Tabel 2.17 dan tingkat pelayanan pada simpang tak bersinyal (*Unsignalized intersection*) yang dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2. 17 Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Raya untuk Simpang Bersinyal (*Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2010*)

<i>Level – of – Service</i>	<i>Average Control Delay</i> (<i>second / vehicle</i>)	<i>General Description</i>
A	≤ 10	<i>Free Flow</i>
B	$> 10 - 20$	<i>Stable Flow (slight delays)</i>

Tabel 2.17 Lanjutan

<i>Level – of – Service</i>	<i>Average Control Delay (second / vehicle)</i>	<i>General Description</i>
C	> 20 – 35	<i>Stable Flow (acceptable delays)</i>
D	> 35 – 55	<i>Approaching unstable flow (tolerable delay, occasionally wait through more than one signal cycle before proceeding)</i>
E	> 55 – 80	<i>Unstable flow (intolerable delay)</i>
F	> 80	<i>Forced flow (congested and queues fail to clear)</i>

Tabel 2. 18 Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Raya untuk Simpang tak Bersinyal
(*Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2010*)

<i>Level – of – Service</i>	<i>Average Control Delay (second / vehicle)</i>
A	0 – 10
B	10 – 15
C	15 – 25
D	25 – 35
E	35 – 50
F	> 50