

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Persimpangan adalah dua atau lebih ruas jalan yang saling berpotongan, bertemu maupun bersilangan (Bina Marga, 1997). Persimpangan merupakan bagian yang penting dari jaringan jalan perkotaan karena sebagian besar mobilitas yang dilakukan masyarakat termasuk didalamnya kenyamanan dan keamanan di jalan raya tergantung pada perencanaan di persimpangan. Perencanaan simpang yang baik sangat diperlukan guna meningkatkan kualitas layanan pada pengguna jalan. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja simpang bersinyal di antaranya jenis fase, waktu siklus, geometri jalan, waktu antar hijau, hambatan samping, dan arus lalu lintas (Pradana dkk., 2016).

Untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan khususnya persimpangan diperlukan adanya koordinasi sinyal antar simpang, dimana hal tersebut diharapkan dapat mengurangi nilai tundaan dan menghindari antrian panjang kendaraan (Utomo dkk., 2016). Lama waktu tundaan yang terjadi disebabkan belum sesuainya pengaturan sinyal dengan kebutuhan arus yang ada pada setiap pendekatan, namun pengaturan sinyal sudah sesuai masih terjadi lama waktu tundaannya maka geometrik jalan sudah tidak mampu melayani kebutuhan yang ada (Sari, 2015). Sistem lampu lalu lintas pada simpang membuat pengguna jalan dapat memperoleh haknya, yaitu dengan bergantian berjalan secara teratur (Rahayu dkk., 2009).

VISSIM adalah salah satu *software* yang dapat digunakan untuk melakukan rekayasa transportasi khususnya untuk perencanaan simpang. *Software* ini sangat bermanfaat untuk melakukan evaluasi macam – macam alternatif rekayasa transportasi dan perencanaan paling efektif yang dapat membantu dalam perencanaan simpang koordinasi (Utomo dkk., 2016).

VISSIM juga dapat menghasilkan *output* berupa langkah – langkah efektivitas secara umum yang dapat digunakan untuk penelitian teknik lalu lintas. Langkah – langkah tersebut antara lain kecepatan rata – rata link, total keterlambatan, waktu perjalanan, panjang antrian, tundaan, emisi maupun konsumsi bahan bakar, dan perhentian. Selain itu juga salah satu keuntungan

VISSIM yang sangat baik adalah dapat menghasilkan hasil pada setiap interval waktu dengan sangat rinci yang didefinisikan oleh pengguna (Subekti, 2012).

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Srikanth dkk. (2017) melakukan penelitian di India dengan mengambil data dari 5 lokasi yang berbeda. Penelitian dilakukan di India karena India adalah salah satu negara dengan kondisi lalu lintas yang beragam. Hal tersebut merupakan masalah utama di jalan raya yang diakibatkan dari kecepatan kendaraan berat lebih lambat dibandingkan dengan kendaraan lain seperti mobil dan motor. Dengan keadaan tersebut maka kendaraan lain seperti mobil dan motor mencoba menyalip dari arah berlawanan namun hal tersebut membahayakan dikarenakan tidak ada ruang yang tersedia untuk menyalip dari arah yang benar sesuai dengan peraturan. Berdasarkan hal – hal diatas maka sangat sulit untuk menerapkan metode konvensional dalam menganalisis arus lalu lintas. Karena itu diperlukan kalibrasi model arus lalu lintas guna mengatur nilai parameter yang dapat mereplika sesuai dengan skenario di lapangan. Data kecepatan dan volume kendaraan diperoleh dengan menggunakan metode grafis. Data arus lalu lintas dikumpulkan sekitar 3 jam dari pukul 16.00 sampai dengan 19.00 untuk lokasi pertama, 4 jam untuk lokasi kedua mulai pukul 09.00 sampai dengan 13.00, pukul 07.00 sampai dengan 11.00 untuk lokasi ketiga, 2 jam untuk lokasi keempat dimulai pukul 09.00 sampai dengan 11.00, dan yang terakhir 3 jam untuk lokasi kelima yang dimulai pukul 15.00 sampai dengan 18.00. Selain arus lalu lintas jenis kendaraan juga merupakan salah satu data yang dikumpulkan guna mendapatkan dimensi yang jelas dari berbagai jenis kendaraan yang melintas. Metode penelitian dimulai dengan memasukkan data kecepatan masing – masing jenis kendaraan, volume lalu lintas, jumlah lajur dan lebar jalan, komposisi kendaraan, dimensi masing – masing jenis kendaraan, dan terakhir melakukan kalibrasi serta validasi parameter model. Dari penelitian ini mendapatkan hasil antara lain sebagai berikut :

- a. Analisis sensitivitas yang dilakukan pada kapasitas simulasi dengan kombinasi yang berbeda dari parameter model (CC0, CC1, dan CC2) didapatkan hasil yang signifikan pada level 5%. Namun CC0 dan CC2 didapatkan hasil yang signifikan pada level 1%.

- b. Analisis sensitivitas dilakukan untuk semua parameter dan didapatkan hasil CC1 memiliki nilai sensitivitas yang lebih tinggi.
- c. Nilai optimal untuk CC0, CC1, dan CC2 adalah 1,8, 0,53, 6, 1,2, 0,74, dan 4 untuk mendapatkan hasil kapasitas yang akurat dari jalan raya *multilane* dengan kondisi lalu lintas campuran.

Utomo dkk. (2016) dalam penelitiannya mengambil lokasi di kedua simpang pada Jalan Yogya – Solo. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi geometri simpang dan ruas, volume lalu lintas, waktu tempuh kecepatan, dan waktu sinyal lalu lintas. Pengumpulan data atau survei dilakukan hari senin, sabtu, dan minggu pada pukul 06.00 – 09.00 WIB, 11.00 – 14.00 WIB, dan 15.00 – 18.00 WIB. Data di lapangan yang terkumpul selanjutnya akan dianalisis berdasarkan simulasi *software VISSIM* guna mengetahui kinerja dari kedua simpang tersebut. Dalam memasukkan data pada pemodelan *VISSIM* hambatan pada kedua simpang diabaikan. Kedua simpang kemudian akan dikoordinasikan apabila sudah diketahui kinerjanya.

Pada penelitian ini hasil yang didapat antara lain sebagai berikut :

- a. Pada saat pengambilan data didapat periode jam puncak hari sabtu pukul 16.30 – 17.30 WIB dengan volume sebesar 8447 smp/jam dan periode jam lenggang pada hari minggu pukul 06.00 – 07.00 WIB dengan volume sebesar 4086 smp/jam.
- b. Hasil yang didapat dari *software VISSIM* dengan data yang ada di lapangan hampir sama setelah dilakukan kalibrasi pada *software VISSIM* dengan pendekatan Wiedemann 74.
- c. Untuk kondisi eksisting pada jam puncak memiliki nilai pelayanan yang masih E dari lengan Timur Simpang 1 menuju ke lengan Timur Simpang 2 begitu juga untuk lengan Barat Simpang 2 menuju lengan Barat Simpang 1 yang memiliki tingkat pelayanan E. Kondisi eksisting untuk periode jam lenggang lengan Timur Simpang 1 menuju Timur Simpang 2 memiliki tingkat pelayanan D, sedangkan untuk lengan Barat Simpang 1 menuju Barat Simpang 2 memiliki tingkat pelayanan E.
- d. Alternatif 1 pada periode jam puncak besar *bandwidth* yang dibutuhkan untuk pembuatan diagram koordinasi memiliki nilai yang sama dengan

bandwidth untuk kondisi eksisting yaitu sebesar 51 detik untuk rute Simpang 2 – Simpang 1 (Barat – Timur) dan 30 detik untuk rute Simpang 1 – Simpang 2 (Timur – Barat). Waktu siklus terbaik untuk periode jam puncak adalah 117 detik. Namun untuk alternatif 1 masih belum memenuhi kriteria dikarenakan tingkat pelayanan yang dihasilkan masih E.

- e. Alternatif 2 untuk periode jam lengah memiliki alternatif waktu siklus terbaik sebesar 98 detik, tundaan 16,42 detik, waktu tempuh 30,77 detik, kecepatan rata – rata 51,01 km/jam dengan tingkat pelayanan yang dihasilkan D.

Karakikes dkk. (2016) mengatakan kalibrasi dibedakan menjadi dua tahapan. Tahap pertama tentang penyesuaian input data untuk mendapatkan hasil yang semirip mungkin dengan data yang ada di lapangan. Tahap kedua adalah optimasi penggunaan alat algoritma atau dengan penyesuaian manual yang berdasarkan pada literatur, pengalaman praktisi dan / atau model serupa untuk menentukan kumpulan parameter yang optimum. Penelitian dilakukan di Bavaria, Jerman dengan menggunakan data yang diperoleh dari berbagai sumber. Tata letak wilayah studi diperoleh secara rinci dengan menggunakan gambar dari satelit. Data volume lalu lintas diperoleh dari *Autobahndirektion Nordbayern* untuk jam sibuk 06.00 – 09.00 pada hari biasa. Kecepatan dan waktu perjalanan diperoleh dari penelitian sebelumnya. Sedangkan persentase untuk kendaraan berat diperoleh dari survei lalu lintas yang dilakukan oleh *Federal Highway Research Institute* (2011) mengenai semua jalan raya di Jerman pada tahun 2010. Metode penelitian dimulai dari memasukkan data yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan kalibrasi dan validasi. Kalibrasi yang berdasarkan waktu perjalanan harus dilakukan sedetail mungkin. Rata – rata waktu perjalanan untuk mobil dan kendaraan berat akan dibandingkan dengan waktu perjalanan di lapangan yang didapat dari detektor BT. Proses kalibrasi dihentikan setelah waktu perjalanan di semua segmen mendekati ambang batas yaitu sebesar 15 %. Kalibrasi kedua bertujuan untuk mendapatkan nilai parameter optimal yang akan digunakan untuk menyempurnakan Model *VISSIM*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa 96,5 % (89 dari 92) dari interval yang digunakan memenuhi target kalibrasi. Persentase

perbedaan terbesar dengan data di lapangan untuk kendaraan berat 7,6 % ($< 15\%$), sementara untuk waktu perjalanan mobil 93,5 % (43 dari 46) masuk dalam ambang batas yang ditentukan ($\leq 15\%$).

Lu dkk. (2016) melakukan penelitian terhadap persimpangan antara *University Avenue* dan *Seagram Drive* di Waterloo, Ontario, Kanada. Pengumpulan data dilakukan selama dua jam di musim semi 2015 menggunakan alat *Miovision Scout*. Penelitian ini menggunakan metode berbasis video dari kalibrasi parameter *car – following* dalam *software VISSIM*. Video data lalu lintas dikumpulkan dari kamera yang diletakkan 21 kaki di atas permukaan jalan dan derajat kejenuhan yang diukur dari video digunakan sebagai MOE. Evaluasi awal pada model animasi dilakukan kalibrasi dan tidak ada perbedaan yang tampak ditemukan antara simulasi dan video di lapangan. Kemudian derajat kejenuhan yang didapat dari model yang dikalibrasi akan dianalisis dan dibandingkan dengan hasil dari model pengaturan standar. Nilai yang didapat untuk kecepatan rencana, akselerasi tingkat median yang diinginkan pada kecepatan 0, dan parameter kalibrasi baru masing – masing adalah 53 km/jam, $3,5\text{m/s}^2$, dan 2. Dari hasil tersebut bahwa nilai distribusi dari *output* model yang telah dikalibrasi ditetapkan pada 1,993 detik. Model yang telah dikalibrasi mengungguli model pengaturan standar dengan nilai kejenuhan rata – rata jauh lebih mendekati dengan data di lapangan yaitu 1,995 detik. Setelah dilakukan 30 siklus didapat nilai rata – rata perbedaan antara pengukuran di lapangan dan *output* dari simulasi rata – rata sebesar 0,025 detik dengan hasil maksimum 0,01 pada *level* signifikan. Nilai perbedaan tersebut dapat diterima sehingga model simulasi tersebut kredibel dan dapat diandalkan.

Siddharth dan Ramadurai (2013) mengatakan dalam penelitiannya bahwa VISSIM memiliki beberapa parameter yang dapat mempengaruhi pada saat dilakukan kalibrasi. Parameter tersebut diantaranya parameter distribusi kecepatan, perilaku pengemudi, dan percepatan/perlambatan kendaraan. Parameter tersebut memperlihatkan pengaruh pada simulasi secara signifikan setelah dilakukan kalibrasi yang diukur berdasarkan hasil pengujian statistik menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Penelitian dilakukan pada persimpangan di Chennai, India karena persimpangan tersebut memiliki arus lalu lintas yang padat

pada saat jam puncak. Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan analisis sensitivitas untuk mendapatkan parameter dan kalibrasi yang memiliki pengaruh signifikan terhadap *VISSIM* melalui mekanisme otomatis. Langkah pertama dalam pendekatan ini adalah dengan mengumpulkan data – data relevan yang diperlukan untuk jaringan model. Langkah kedua dengan memodelkan jaringan di *VISSIM*, mengkonfigurasi program sinyal, tempat detektor untuk mendapatkan *output*, dan mengkonfigurasi mode evaluasi *VISSIM*. Langkah ketiga melakukan analisis sensitivitas, dalam penelitian ini digunakan ANOVA dan metode efek dasar. Langkah keempat adalah kalibrasi otomatis *VISSIM*. Langkah kelima dan terakhir adalah memvalidasi model yang dikalibrasi.

Aryandi dan Munawar (2014) melakukan penelitian simulasi lalu lintas dengan menggunakan *software VISSIM*. Data primer didapat dari hasil survei yang dilakukan selama satu hari pada jam puncak sore hari. *Traffic counting* merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Data yang diperoleh dari *traffic counting* yang dilakukan secara manual antara lain rute yang sering dilalui, volume lalu lintas, jenis kendaraan yang melewati rute tersebut, geometri jalan serta keadaan lingkungan sekitar. Setelah memperoleh data dari *traffic counting* maka dilakukan simulasi menggunakan *software VISSIM*. Dalam penelitian ini didapat hasil untuk antrian maksimum memiliki perbedaan yang cukup jauh, dengan 76 untuk nilai kenyataan di lapangan dan 69 untuk simulasi pada *software VISSIM*. Untuk antrian minimum juga didapat nilai yang cukup berbeda, dengan 39 untuk nilai kenyataan di lapangan dan 34 untuk simulasi pada *software VISSIM*. Sedangkan untuk antrian rata – rata memiliki hasil yang hampir sama dengan nilai 60 untuk survey lapangan dan 62 untuk simulasi *software VISSIM*. Perbedaan yang terjadi disebabkan karena adanya perbedaan penyebaran antrian antara simulasi *software VISSIM* dengan realita di lapangan. Pada penelitian ini pendekatan Wiedemann 74 digunakan dalam fungsi sebaran pada *software VISSIM*.

Munawar dan Winnetou (2015) menggunakan *software VISSIM* untuk melakukan analisis pada Jalan Affandi, Yogyakarta. Sumber data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder terdiri foto lokasi penelitian dan data jumlah penduduk kota Yogyakarta. Data primer didapat dari hasil survey di

lapangan yang dilakuka pada hari Senin, 3 November 2014, terdiri dari kecepatan kendaraan yang lewat, volume lalu lintas, dan geometri jalan. Analisis berdasarkan MKJI 1997 menghasilkan nilai untuk DS pada arah Utara – Selatan sebesar 0,68 dan untuk arah sebaliknya sebesar 0,65. Untuk nilai kecepatan rata – rata pada kendaraan ringan (LV) maupun mobil pada arah Selatan – Utara sebesar 45,06 km/jam dan untuk arah sebaliknya sebesar 43,41 km/jam. Sedangkan analisis menggunakan *software VISSIM* dilakukan *trial and error* sebanyak 9 kali dengan hasil *trial* ke-7 yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan. Pada *trial* ke -7 setelah dilakukan analisis statistic uji MAPE tidak semua kendaraan nilainya mendekati 0%. Namum, untuk sepeda motor dan mobil yang merupakan kendaraan paling mendominasi di lapangan nilainya mendekati 0 %, dengan hal tersebut maka dapat diasumsikan bahwa *trial* ke -7 pada simulasi VISSIM sudah menyerupai dengan kondisi di lapangan.

Ehlert dkk. (2016) melakukan penelitian dengan fokus utama pada parameter kalibrasi PTV VISSIM untuk persimpangan. Simpang empat bersinyal dengan gerakan arus lalu lintas utama adalah arah timur merupakan contoh persimpangan yang digunakan sebagai bahan penelitian. Data yang di *input* pada model simulasi untuk keserhanaan, hanya mobil dengan karakteristik serupa yang digunakan. Sebanyak 180 simulasi telah dilakukan guna mengevaluasi kombinasi yang berbeda dari set parameter dengan berbagai arus lalu lintas yang bertentangan. Untuk prosedur analitik di *Highway Capacity Manual (HCM)* dinyatakan bahwa ia tidak membedakan antara konflik penyeberangan dan penggabungan. Konflik penggabungan menggambarkan situasi di mana dua arus lalu lintas menggunakan jalur tujuan yang sama. Dalam jaringan contoh yang dibuat, konflik penggabungan ada antara belokan kiri dari jalan utama dan belokan kanan berlawanan dari arus utama. Sedangkan dalam konflik pada VISSIM dimodelkan secara lebih rinci, yaitu mereka dianggap pada jalur demi jalur. Itu berarti konflik penggabungan yang sebenarnya hanya ada jika gerakan yang berlawanan menggunakan jalur tujuan yang sama. Kendaraan belok kanan yang keluar jalur hanya akan berkonflik dengan kendaraan di jalan utama yang bergerak di jalur ini. Kendaraan yang bergerak sesuai dengan jalurnya tidak akan mempengaruhi kendaraan yang telah keluar jalur. Aliran konflik dalam simulasi VISSIM sebenarnya tergantung pada tata letak yang

tepat dari persimpangan, yaitu pada pergerakan oleh lajur. Sebaliknya, HCM menggunakan asumsi tentang aliran konflik, yaitu untuk kendaraan belok kanan 100% kendaraan bergerak lurus di jalan utama dan 50% kendaraan membelok ke kanan dari jalan utama ke arah selatan. Untuk konflik dengan gerakan lurus tergantung pada tata letak dan distribusi kendaraan di sepanjang jalur. Akibatnya, ketika mengkalibrasi parameter terhadap asumsi HCM arus yang berlawanan di HCM harus diperhitungkan. Karena jaringan simulasi jauh lebih rinci juga arus yang berlawanan dapat ditentukan secara tepat. Percobaan kalibrasi untuk contoh jaringan yang digunakan telah menunjukkan bahwa parameter yang disediakan cocok untuk mereplikasi grafik HCM untuk situasi di mana penerimaan *gap/selisih* berlaku dan asumsi yang digunakan untuk menentukan kecocokan pada arus yang berlawanan. Pengaruh variasi parameter ditunjukkan untuk berbagai jenis persimpangan dan peringkat gerakan, yaitu menyangkut tindak lanjut, celah kritis, dan waktu tunggu maksimum. Ketiga parameter ini memungkinkan sangat cocok digunakan untuk mengilustrasikan antara volume yang berlawanan dan kapasitas potensial dalam HCM. Akibatnya, nilai – nilai utama untuk parameter ini di VISSIM membentuk dasar yang sesuai untuk kalibrasi parameter untuk situasi lokal.

Arief dan Nahdalina (2014) mengadakan penelitian pada Simulasi Transit Signal Priority (TSP) di Transjakarta *Busway System* dengan menggunakan *software VISSIM*. TSP sendiri merupakan sistem transportasi cerdas dengan tujuan untuk mengurangi waktu tunggu pada APILL dengan mempercepat lampu merah ataupun dengan menambah waktu pada lampu hijau. Metodologi dalam penelitian ini dilakukan empat tahapan utama. Tahap pertama yaitu dengan memodelkan geometri jalan yang dibutuhkan dengan *software VISSIM*. Tahap kedua dilakukan kalibrasi pada arus yang memiliki pergerakan dalam bentuk *routing decision* berdasarkan pengamatan di lapangan. Tahap ketiga dilakukan simulasi dengan menggunakan *software VISSIM* guna mengetahui dampak dari penerapan TSP tersebut. Tahap selanjutnya dan terakhir, dicari skenario terbaik yang dapat diterapkan pada koridor yang diteliti. Data lapangan yang telah diamati dan yang akan dilakukan simulasi menggunakan data pada saat *periode peak* dan *off peak*. Dampak yang dihasilkan dari penerapan TSP pada *periode peak* menimbulkan

panjang antrian yang bervariasi di tiap ruas jalan. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan fase lampu hijau di tiap ruas. Pada saat *off peak* pun didapatkan hasil yang serupa dengan *periode peak* untuk perubahan terhadap panjang antrian. Data hasil survei lapangan yang diperoleh dan data hasil dari simulasi yang dilakukan menggunakan VISSIM sebelum diterapkannya TSP hanya memiliki perbedaan < 1 menit untuk waktu tempuh yang dibutuhkan, sehingga kalibrasi terhadap pemodelan yang dibuat dapat dikatakan valid. Untuk waktu tempuh rata – rata yang dibutuhkan setelah diterapkannya TSP pada *periode peak* maupun *off peak* dapat mengurangi waktu tempuh sebelumnya dengan selisih waktu > 3 menit. Sedangkan dampak yang ditimbulkan dari penerapan TSP terhadap lalu lintas reguler sendiri adalah adanya penambahan persentase rata – rata panjang antrian kendaraan yang searah maupun berlawanan arah pada saat *periode peak* maupun *off peak*.

Pamusti dkk. (2017) melakukan penelitian pada simpang Jalan Jakarta – Jalan Supratman di Kota Bandung dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan *software VISSIM*. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian terdahulu. Data yang digunakan meliputi geometri jalan dan data volume lalu lintas. Analisis dan pemodelan dilakukan pada jam puncak yaitu pada pukul 17.00 – 18.00. Hasil dari analisis menggunakan metode MKJI 1997 diperoleh nilai derajat kejenuhan pada lengan Barat, Utara, dan Selatan sebesar 0,898, 0,567, dan 0,641. Untuk tundaan rata – rata di simpang ini sebesar 84,699 detik/smp. Sedangkan untuk pemodelan yang menggunakan *software VISSIM* diperoleh nilai tundaan rata – rata sebesar 82,96 detik/smp. Perbedaan penelitian yang dilakukan diatas dengan yang akan penulis lakukan adalah penulis tidak melakukan analisis dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan menggunakan VISSIM versi terbaru yaitu VISSIM 10.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Simpang Bersinyal

Simpang adalah daerah bertemunya dua atau lebih ruas jalan. Pergerakan yang terjadi di simpang merupakan salah satu indikasi yang dapat digunakan untuk mengetahui lancar tidaknya arus lalu lintas di suatu jaringan jalan. Cara pengaturan

simpang dibedakan menjadi dua menurut Morlok (1991) dalam Pratama, (2011) yaitu:

1. Simpang tidak bersinyal adalah, simpang yang tidak memiliki sinyal atau lampu lalu lintas. Pada kondisi ini pengendara diharuskan memutuskan sendiri apakah cukup aman untuk memasuki simpang,
2. Simpang bersinyal adalah, simpang yang memiliki sistem atau sinyal lalu lintas. Untuk kondisi ini pengendara diperbolehkan melewati simpang apabila sinyal lalu lintas berwarna hijau pada lengan simpangnya.

Simpang bersinyal merupakan simpang yang memiliki sistem atau sinyal lampu lalu lintas yang difungsikan untuk mengatur jalannya lalu lintas pada suatu simpang guna menghindari terjadinya konflik – konflik lalu lintas. Penentuan jenis persimpangan tergantung dengan kebutuhan di setiap daerah sekitar simpang termasuk di dalamnya jumlah ruas jalan, volume kendaraan, arus lalulintas, keamanan, dan efisiensi waktu yang diperlukan untuk melewati persimpangan. Simpang yang memiliki volume lalu lintas yang mendekati padat atau jenuh merupakan simpang yang memerlukan adanya *traffic light/ APILL*. Tujuan adanya lampu lalu lintas menurut Khisty (2003) dalam Lubis, (2016) adalah :

1. Untuk meningkatkan kapasitas simpang dengan cara mengurangi waktu tempuh rata – rata di suatu simpang,
2. Untuk menyetarakan kualitas pelayanan di semua aliran lalu lintas,
3. Untuk meningkatkan keamanan sistem lalu lintas secara keseluruhan.

2.2.2. 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 (Bina Marga, 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. 1 Panjang waktu siklus simpang bersinyal

Jumlah <i>Phase</i>	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

2.2.3. Peralatan Pengendali Lalu Lintas

Rambu, marka, lampu lalu lintas, penghalang yang bias dipindahkan merupakan peralatan – peralatan untuk pengendali lalu lintas. Fungsi dari peralatan pengendali lalu lintas sendiri adalah untuk memisahkan arus lalu lintas kendaraan yang saling bersinggungan guna meningkatkan keefektifan simpang dan untuk menjamin keamanan pada simpang. Hak prioritas diberikan saat melalui atau memasuki suatu simpang selama periode waktu tertentu diberikan pada satu atau beberapa aliran lalu lintas (Juniardi, 2006). Menurut Abubakar dkk. (1998) dalam Alfritri, (2017) prinsip dasar untuk pengendalian lalu lintas pada simpang dengan

alat isyarat lalu lintas harus memenuhi aturan yang diberikan oleh isyarat lampu tersebut.

Untuk pengendali lalu lintas pada simpang, memiliki beberapa cara yaitu :

1. Lampu Lalu Lintas,
2. Rambu Pengendali Kecepatan,
3. Bundaran (*Roundabout*),
4. Rambu *STOP* atau Rambu *YIELD* (*Give Way*/beri jalan),
5. Kanalisasi di simpang.

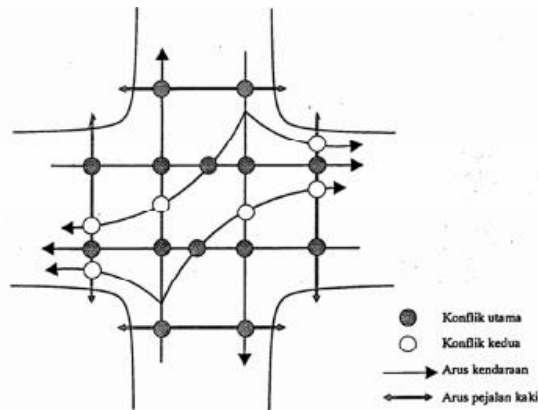
2.2.4. Komposisi Lalu Lintas

Dalam MKJI 1997 komposisi lalu lintas dibedakan menjadi beberapa bagian, antara lain sebagai berikut :

1. Kendaraan Ringan (*Light vehicle*) merupakan kendaraan bermotor dengan sumbu as dua dan lebar antara 2 – 3 meter. Kendaraan yang masuk kategori ini diantaranya adalah mobil penumpang, mobil box, mobil hantaran, mikrobis, dan truk kecil.
2. Kendaraan Berat (*Heavy vehicle*) merupakan kendaraan bermotor dengan sumbu roda minimal empat. Kendaraan yang masuk kategori ini terdiri dari truk 2 as, bus, dan truk 3 as.
3. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmotorized vehicle*) merupakan kendaraan yang menggunakan tenaga manusia ataupun hewan. Kendaraan yang masuk kategori ini antara lain sepeda, delman, becak, dan lain – lain.
4. Sepeda Motor (*Motor cycle*) merupakan kendaraan bermotor yang memiliki roda dua atau tiga. Sepeda motor terdiri dari motor, bemo, dan lain – lain.

2.2.5. Konflik Utama Lalu Lintas Simpang

Kendaraan yang memasuki daerah simpang akan menimbulkan adanya pergerakan yang dapat berpotensi terjadinya kecelakaan. Hal itu dapat terjadi karena kendaraan yang memasuki simpang akan berpotongan pada satu titik – titik konflik. Arus yang terkena konflik akan menimbulkan tingkah laku yang kompleks dan berhubungan langsung dengan tingkah laku pada pergerakan kendaraan.

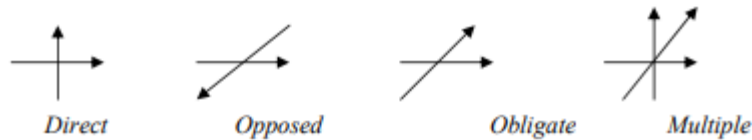


Gambar 2. 1 Konflik utama dan kedua pada simpang 4

(Sumber : Bina Marga, 1997)

Jenis – jenis pergerakan pada pertemuan arus lalu lintas antara lain :

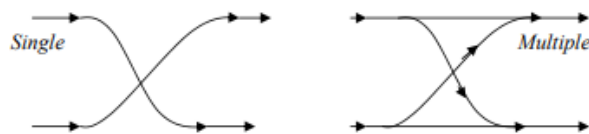
1. Gerakan bersilang / memotong (*crossing*)



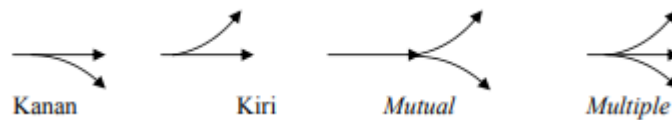
2. Gerakan bergabung (*merging*)



3. Gerakan jalinan/anyaman (*weaving*)



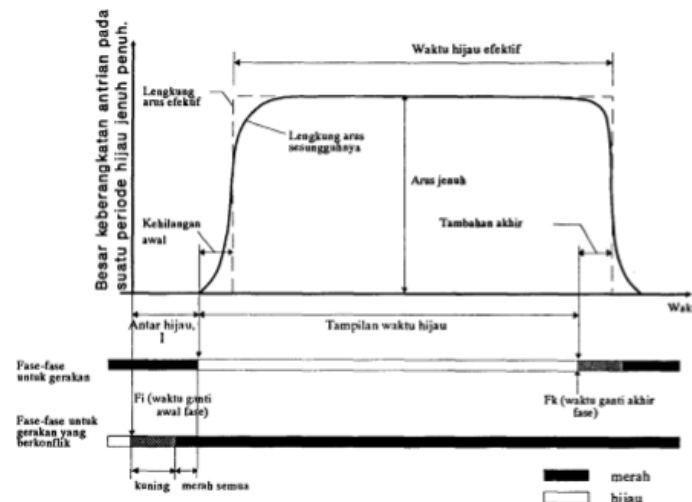
4. Gerakan memisah (*divergin*)



Banyaknya titik – titik konflik yang terjadi pada simpang tergantung pada banyaknya lajur dari kaki simpang, arah pergerakan, jumlah kaki simpang, dan pengaturan pada simpang tersebut. Pada simpang tiga lengan terdapat 3 titik konflik persilangan, 3 titik konflik penggabungan, dan 3 titik penyebaran. Untuk simpang empat lengan terdapat 16 titik konflik persilangan, 8 titik konflik penggabungan, dan 8 titik konflik penyebaran (Selter, 1974, dalam Juniardi 2006).

2.2.6. Arus Jenuh

Arus jenuh adalah arus keberangkatan maksimum yang diperoleh dari suatu lengan persimpangan selama selang waktu hijau tertentu (smp/waktu hijau) yang merupakan fungsi dari lebar efektif lengan persimpangan (Tamin, (2008) dalam Lubis, (2016)). Pada arus berangkat menimbulkan “kehilangan awal” pada waktu hijau efektif, sedangkan arus berangkat setelah akhir waktu hijau menimbulkan satu “tambahan akhir” dari waktu hijau efektif. Sehingga waktu hijau efektif adalah hasil waktu hijau ditambah dengan waktu kuning dikurangi waktu hilang.



Gambar 2. 2 Model dasar arus jenuh (Akcelik 1989)

(Sumber : Bina Marga, 1997)

Menurut Akcelik (1989), dalam Subekti, (2012) rata – rata nilai kehilangan awal dan tambahan akhir sebesar 4,8 detik. Besarnya arus jenuh dapat diperoleh dari hasil perhitungan empiris maupun pengamatan langsung di lapangan. Untuk pengamatan di lapangan dilakukan pada saat waktu lampu hijau dan pada saat jam puncak. Untuk besar arus jenuh di setiap persimpangan memiliki nilai yang tidak sama. Arus jenuh dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Turunan atau tanjakan pada kaki simpang,
2. Komposisi lalu lintas,
3. Jarak garis henti dengan lokasi parker,
4. Radius tikungan,
5. Ada tidaknya lalu lintas yang belok kanan yang bertemu dengan lalu lintas yang datang dari arah berlawanan.

2.2.7. Tingkat Pelayanan

Tujuan adanya penentuan tingkat pelayanan adalah untuk mengetahui seberapa baik kinerja di simpang. Penentuan tingkat pelayanan sendiri dapat dilakukan dengan analisis dan evaluasi panjang antrian dan tundaan yang terjadi simpang.

Klasifikasi tingkat pelayanan menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 adalah sebagai berikut :

1. Klasifikasi tingkat pelayanan pada ruas 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
F	Rendah	Arus Tertahan	Sangat Tinggi	< 30 km/jam

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

2. Klasifikasi tingkat pelayanan pada simpang 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)

2.2.8. Software VISSIM

Software VISSIM merupakan perangkat lunak mikroskopik yang memiliki fungsi untuk mensimulasi model operasi angkutan umum dan lalu lintas perkotaan. Vissim mampu menganalisis lalu lintas dan perpindahan dengan batasan pemodelan seperti geometrik jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, *stop line*, perilaku pengemudi dan lain-lain, sehingga menjadi suatu alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan rekayasa transportasi sebagai langkah-langkah pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien dalam suatu kegiatan perencanaan termasuk simulasi dalam pengembangan model (User Manual VISSIM 7.0, 2014 dalam Munawar dan Winneton, 2015).

Sistem simulasi untuk *software* VISSIM dibagi menjadi dua, yaitu program model arus lalu lintas dan model control sinyal. Model arus lalu lintas merupakan stokastik, model *time step base mikro*, diskret dengan pengendara – kendaraan – unit sebagai satu kesatuan. Model ini berdasarkan pada *continued work of Wiedemann (1974)* dengan gagasan utama adalah pengemudi dapat melakukan manuver dengan model mengemudi bebas, menyusul, mengikuti, dan pengereman. Untuk data *input* pada *software* VISSIM yang dibutuhkan antara lain geometri jaringan, data arus lalu lintas, dan data sinyal control. Sedangkan *output* yang diperoleh dari simulasi VISSIM adalah langkah – langkah efektivitas secara umum yang mana hasil tersebut dapat digunakan untuk penelitian teknik lalu lintas. Selain itu juga diperoleh hasil yang rinci di setiap interval waktu yang didefinisikan oleh pengguna.

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.