

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Transportasi dapat diartikan perpindahan baik orang barang maupun benda dari tempat asal ketempat yang lain (Alhadar, 2011). Jalan sebagai prasarana transportasi merupakan prasarana yang amat penting bagi manusia (Firdaus dkk., 2015). Setiap tahun jumlah kendaraan selalu meningkat namun kapasitas jalannya tetap. Kemacetan dan pencemaran udara merupakan permasalahan dalam bidang transportasi darat yang hingga kini belum ditemukan solusinya (Pertiwi dkk., 2011). Upaya mengurangi kemacetan di perkotaan adalah dengan meningkatkan penggunaan angkutan umum perkotaan sehingga penggunaan angkutan pribadi berkurang (Basuki dan Susanto, 2014).

2.1.1. Penelitian terdahulu tentang analisis simpang APILL

Ansusanto dan Tanggu (2016) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kinerja salah satu simpang tak bersinyal di Jalan Perumnas dan Jalan Inspeksi Selokan Mataram Yogyakarta, yang mempunyai derajat kejenuhan tinggi dan memberikan solusi terbaik untuk permasalahan pada simpang tersebut. Penelitian dilakukan tiga hari berurutan pada hari Selasa hingga Kamis pada tanggal 6-8 Oktober 2015, dengan menggunakan tiga sesi yaitu pada pukul 07.00-08.00, 12.00-13.00 dan 16.00-17.00 pada tiap sesi hanya diambil 1 jam saja. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh jam puncak sore hari pukul 16.00-17.00 pada hari Kamis. Setelah dianalisis, kemudian diberikan alternatif solusi dari permasalahan simpang yaitu dengan pemasangan APILL, pelebaran geometrik dan perbaikan manajemen lalu lintasnya.

Aryandi dan Munawar (2014) menyatakan penelitian ini dilakukan untuk memprediksi antrian dengan menggunakan *software Vissim*. Data primer diambil dari data lapangan dengan metode *traffic counting* yang dilakukan pada jam sibuk sore hari rabu dan hasilnya telah dibandingkan dengan hasil pengamatan di lapangan. Hasil dari analisis dan pengamatan adalah antrian rata-rata survei yaitu 60 m sedangkan hasil dari *Vissim* yaitu 62 m. Dapat disimpulkan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan antara data lapangan dengan hasil pemodelan

menggunakan *Vissim*, hanya saja pada penyebaran hasil antrian terjadi perbedaan yang signifikan.

Winnetou dan Munawar (2015) menyatakan pedoman dalam bidang transportasi yang digunakan saat ini adalah MKJI 1997. Seiring dengan berjalannya waktu MKJI 1997 dianggap sudah tidak relevan lagi sehingga perlu adanya evaluasi kembali. Untuk perbandingan itu sendiri digunakan *software* transportasi yaitu *Vissim* yang dapat mensimulasikan sesuai dengan keadaan di lapangan. Keunggulan dari *Vissim* itu sendiri yaitu memiliki parameter yang cukup lengkap seperti kalibrasi pada *driving behavior* sehingga dapat menyesuaikan dengan karakteristik pengendara dimasing-masing daerah. Perbandingan nilai yang diambil adalah nilai kecepatan mobil (*LV*) dan sepeda motor (*MC*) di Jalan Affandi, Yogyakarta. Hasil dari penelitian menggunakan analisis statistik T terdapat perbedaan yang signifikan antara kecepatan mobil dan sepeda motor pada MKJI 1997 dengan kondisi eksisting di lapangan. Sedangkan untuk nilai kecepatan sepeda motor pada MKJI 1997 dan kecepatan sepeda motor pada *software Vissim* tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Penelitian Mahmudah dkk. (2016) dilaksanakan dengan survei lapangan untuk mengetahui kondisi geometrik, volume lalu lintas, dan persinyalan simpang, yang kemudian dianalisis menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dan kemudian dimodelkan menggunakan *software Vissim* 8. Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang Pingit pada tingkat pelayanan adalah F (sangat buruk) sehingga perlu adanya evaluasi kembali. Hasil dari pemodelan simpang untuk lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat pada hari kerja dengan jam puncak 06-45-07.45 WIB, kapasitas simpang (C) masing-masing lengan 1367, 758, 1002 dan 794 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) 0,86; 0,782; 1,00 dan 0,611, panjang antrian (QL) 171, 225, 184 dan 126 meter dan tundaan rata-rata (DT) 111,784; 118,194; 172,722 dan 108,529 det/smp.

Mahmudah dkk. (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas yang ada dan kemudian menghitung biaya kemacetan di persimpangan bersinyal dengan pemodelan (simulasi) menggunakan *Vissim* 9. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas yang ada dalam

kondisi sangat buruk (level F), tundaan rata-rata 80 detik, panjang antrian rata-rata 48,73 meter dengan biaya kemacetan Rp. 2,830,336 per jam.

Penelitian Sugiyanto dan Malkhamah (2009) bertujuan untuk mengevaluasi biaya perjalanan yang diperkirakan dan biaya perjalanan yang sebenarnya pada jam puncak dan merumuskan model pemilihan moda transportasi antara kendaraan pribadi dan bus Trans Jogja pada kawasan Malioboro, Yogyakarta. Hasil penelitian didapat biaya gabungan bagi pengguna mobil pribadi di Kawasan Malioboro diperkirakan pada saat terjadi kemacetan adalah Rp. 3.486,67, dan biaya gabungan pada kondisi sebenarnya adalah Rp. 8.206,92. Atribut perjalanan yang mempengaruhi pemilihan moda antara mobil pribadi dan bus TransJogja adalah biaya perjalanan, biaya kemacetan, biaya parkir, waktu tempuh, dan waktu berjalan kaki ke halte bus Trans Jogja.

Sugiyanto dkk. (2011a) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan cara pemilihan moda transportasi mengikuti pengaruh dari harga kemacetan yang dipilih dengan jenis kendaraan sepeda motor yang melintas di kawasan Malioboro dan bus Trans Jogja. Cara pemilihan yang dikembangkan berdasarkan preferensi data yang diperoleh. Hasil penelitian ini menunjukkan beberapa pengaruh dalam memilih moda transportasi sepeda motor dan bus Trans Jogja adalah biaya perjalanan, biaya kemacetan, selang waktu, waktu tempuh dan waktu berjalan menuju halte. Harga kemacetannya adalah Rp. 4000,00/trip untuk pengguna sepeda motor yang melakukan kegiatan lalu lintas di Malioboro, Yogyakarta akan mengalami pergeseran sebesar 6.848% pengguna sepeda motor ke bus Trans Jogja.

Sugiyanto dkk. (2011b) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengestimasi dan mengembangkan model biaya kemacetan bagi pengguna mobil pribadi saja, yang dilakukan di kawasan Jalan Malioboro, Yogyakarta sepanjang 1,414 km. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa biaya umum mobil pribadi pada kondisi sebenarnya di kawasan Malioboro adalah Rp. 5.513,77/trip dan pada kondisi kecepatan arus bebas Rp 2.598,78/trip, sehingga biaya kemacetan bagi pengguna mobil pribadi di kawasan ini adalah Rp. 2.914,99/trip. Model biaya kemacetan di kawasan Malioboro, Yogyakarta berbentuk suatu fungsi eksponensial, semakin rendah kecepatan maka semakin tinggi biaya kemacetannya.

Sugiyanto (2012) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan model biaya kemacetan bagi pengguna kendaraan pribadi terutama mobil dalam berbagai variasi waktu dan kecepatan aktual kendaraan di koridor Jalan Malioboro, Yogyakarta. Hasil dari studi ini diperoleh bahwa biaya kemacetan bagi pengguna mobil pribadi untuk responden pengguna jalan kawasan Malioboro, Yogyakarta dengan tujuan perjalanan ke kawasan Malioboro adalah Rp. 4.009,15/trip dan untuk responden dengan perjalanan menerus adalah Rp. 4.224,29/trip.

Penelitian yang dilakukan Basuki dan Siswandi (2008) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar biaya akibat dari kemacetan yang terjadi, dalam hal ini yang ditinjau mengenai pemborosan dari nilai operasi kendaraan yang ada. Penelitian ini dilakukan di ruas Jalan Gejayan, Yogyakarta. Hasil dari penelitian ini mengatakan bahwa kecepatan berbanding terbalik dengan besarnya arus lalu lintas. Kerugian akibat kelambatan arus lalu lintas di Jalan Gejayan sebesar Rp. 11.282.482,21/jam. Kerugian yang diakibatkan dari bertambahnya biaya operasional yang tidak perlu dikeluarkan apabila kendaraan bisa mencapai kecepatan yang direncanakan.

Muchlisin dkk. (2017) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis simpang, menghitung biaya kemacetan dan memberikan alternatif solusi pada simpang APILL Condong Catur, Sleman, Yogyakarta. Metode yang digunakan dalam menganalisis kinerja simpang menggunakan *software Vissim 9* dan pendekatan Tzedakis 1980 untuk perhitungan biaya kemacetan. Hasil penelitian pada kondisi eksisting didapat tundaan 103,72 detik, panjang antrian rata-rata 49,38, *level of service (LOS) F* (sangat buruk) dan biaya kemacetan Rp. 5.663.790,-/jam. alternatif solusi terbaik adalah berupa pelebaran pada lebar masuk dan lebar keluar dan perubahan fase pada simpang.

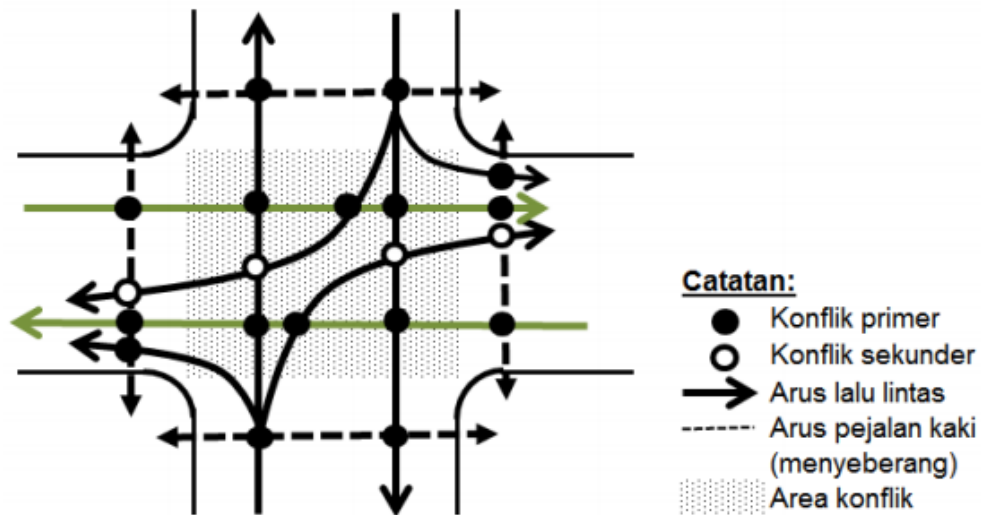
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Simpang APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas)

Simpang adalah bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan yang merupakan tempat titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih. Karena tempat terjadinya konflik dan kemacetan maka perlu

dilakukan analisis mengenai kinerja, biaya dan pemodelan pada simpang guna mengurangi konflik dan kemacetan yang mungkin terjadi pada persimpangan.

Pada simpang ada yang menggunakan APILL dan ada yang tidak. Menurut Mahmudah dan Tubagus (2015), fungsi utama alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) yang dikenal dengan lampu pengatur lalu lintas adalah untuk mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan dan pada saat bersamaan juga memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak. APILL digunakan untuk tujuan: 1) mempertahankan kapasitas simpang pada jam puncak, dan 2) mengurangi kejadian kecelakaan akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang berlawanan. Prinsip APILL adalah dengan cara meminimalkan konflik baik konflik primer maupun konflik sekunder. Konflik primer adalah konflik antara dua arus lalu lintas yang saling berpotongan, dan konflik sekunder adalah konflik yang terjadi dari arus lurus yang melawan atau arus membelok yang berpotongan dengan arus lurus atau pejalan kaki yang menyeberang (Kementerian Pekerjaan Umum, 2014). Konflik disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang APILL 4 Lengan
(Kementerian Pekerjaan Umum, 2014)

Untuk pengoperasian lampu APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) tentu saja memiliki beberapa pedoman yang harus diikuti. Beberapa definisi umum yang perlu diketahui yang berkaitan dengan permasalahan simpang bersinyal antara lain:

1. Tundaan (*delay*) adalah waktu tempuh tambahan untuk melewati simpang bila dibandingkan dengan situasi tanpa simpang. Tundaan terdiri dari:
 - a. Tundaan Lalu lintas (DT), yaitu waktu menunggu akibat interaksi lalu lintas dengan lalu lintas yang berkonflik.
 - b. Tundaan Geometrik (DG), yaitu akibat perlambatan dan percepatan kendaraan terganggu dan tak terganggu.
2. Panjang antrian (*queue length*) adalah panjang antrian kendaraan pada suatu pendekat (meter).
3. Antrian (*queue*) adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kendaraan;smp).
4. Fase (*phase stage*) adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas.
5. Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (detik).
6. Waktu hijau (*green time*) adalah waktu nyala lampu hijau dalam suatu pendekat (detik).
7. Rasio hijau (*green ratio*) adalah perbandingan waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat.
8. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu sinyal merah menyala secara bersamaan pada semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (detik).
9. Waktu antar hijau (*inter green time*) adalah jumlah antara periode kuning dengan waktu merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (detik).
10. Waktu hilang (*lost time*) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap atau beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan (detik).
11. Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat.
12. Arus jenuh (*saturation flow*) adalah besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau).
13. *Oversaturated* adalah suatu kondisi dimana volume kendaraan yang melewati suatu pendekat melebihi kapasitasnya.

2.2.2. Kemacetan dan keterlambatan

Kemacetan merupakan kondisi dimana arus lalu lintas yang ditinjau pada suatu simpang melebihi kapasitas jalan yang telah ditentukan yang mengakibatkan kecepatan arus bebas kendaraan mendekati 0 km/jam atau tepat pada kecepatan 0 km/jam sehingga mengakibatkan terjadinya tundaan pada ruas simpang.

Adapun beberapa penyebab kemacetan dan keterlambatan antara lain salah satunya yaitu adanya hambatan samping. Hambatan samping yang dipandang mempengaruhi kinerja arus lalu lintas antara lain:

1. Pejalan kaki
2. Angkutan umum dan kendaraan lain yang berhenti
3. Kendaraan lambat
4. Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan

2.2.3. *Software Vissim*

Kondisi arus lalu lintas di Indonesia yang terdiri dari beberapa moda transportasi seperti sepeda motor, bus, mobil, becak maupun andong/dokar pada suatu ruas jalan dengan arus lalu lintas yang bercampur (*mixed traffic*) menjadikan karakteristiknya berbeda dengan negara-negara maju yang mayoritas didominasi oleh kendaraan roda empat (Irawan dan Putri., 2013). *Vissim (Verkehr Städten – SIMulationsmodell)* berasal dari bahasa Jerman yang artinya Lalu lintas di Kota – Model Simulasi. Model simulasi dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu makroskopik, mesoskopik dan mikroskopik. Makroskopik adalah simulasi jaringan transportasi secara *section-by section*. Mikroskopik adalah simulasi pergerakan kendaraan individu dalam arus lalu lintas. Mesoskopik adalah model simulasi yang menggabungkan sifat makroskopik dan mikroskopik. *Vissim* mensimulasikan aliran lalu lintas dengan menggerakkan unit-kendaraan-pengemudi ke jaringan. Setiap pengemudi dengan karakteristik perilaku spesifik dibebankan dalam kendaraan yang spesifik pula, sebagai konsekuensi, perilaku pengemudi berhubungan dengan kemampuan teknik kendaraan (Pribadi, dkk., 2014). Meskipun *Vissim* mengacu pada *Highway Capacity Manual (HCM)* yang berlaku di Amerika Serikat, namun untuk karakteristik pengendara disesuaikan dengan keadaan yang ada di Indonesia. Simulasi sistem transportasi kini semakin diminati karena kemudahannya dalam proses pergantian berbagai skenario dengan tetap

melihat potensi yang dapat diimplementasikan di lapangan. *Vissim* termasuk dalam perangkat lunak dengan kategori mikroskopik yang memiliki keunggulan yaitu dapat memodelkan berbagai jenis kendaraan termasuk sepeda motor dan kendaraan tidak bermotor. Parameter dan fungsi *Vissim 10* yang digunakan disajikan dalam Tabel 2.4, dan untuk parameter hasil analisis data disajikan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.1 Parameter dan Fungsi yang Digunakan dalam Pemodelan (PTV *Vissim*).

No	Parameter Yang Digunakan	Fungsi
1	<i>Scale</i>	Mengatur skala pada <i>Vissim</i> sesuai dengan kondisi di lapangan.
2	<i>Links and Connectors Input</i>	Digunakan untuk memasukkan data geometrikk jaringan jalan, seperti jumlah lajur dan lebar jalan.
3	<i>Vehicle Routes</i>	Mengatur rute perjalanan sesuai kondisi di lapangan.
4	<i>Vehicle Input</i>	Memasukkan jumlah volume arus lalu lintas (kend/jam) sesuai dengan hasil survei di lapangan.
5	<i>2D/3D Models / 2D/3D Model Segments</i>	Mengatur bentuk atau model 3 dimensi kendaraan yang akan melintas, misal mobil, bus, truk, dll.
6	<i>Vehicle Types</i>	Menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi teknis berkendara serupa di jenis kendaraan.
7	<i>Vehicle Classes</i>	Menggabungkan jenis kendaraan dalam satu kelas kendaraan, kecepatan, evaluasi, dan pemilihan rute digabung dalam satu kelas kendaraan.
8	<i>Vehicle Composition</i>	Mengatur besaran persentasi tiap jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas yang ada.
9	<i>Driving Behaviour</i>	Mengatur perilaku berkendara dan sesuai dengan jenis jaringan jalan, kategori kendaraan dan kelas kendaraan.
10	<i>Conflict Areas</i>	Mengatur konflik yang terjadi antar pengendara pada suatu jaringan jalan.
11	<i>Signal Control Tool</i>	Memodelkan suatu fase sinyal sesuai yang ada di lapangan.
12	<i>Signal Heads</i>	Menempatkan posisi sinyal atau APILL pada suatu simpang yang dimodelkan.
13	<i>Simulation Continious</i>	<i>Running</i> atau menjalankan hasil pemodelan (simulasi) yang telah dilakukan pada <i>Vissim</i> .

Tabel 2.2 Parameter Hasil Analisis Data (*node result*) (PTV Vissim)

Attribute	Nama Panjang	Deskripsi
<i>Count</i>		Nomor urut
<i>Simrun</i>	<i>Simulation run</i>	Jumlah simulasi yang dijalankan
<i>TimeInt</i>	<i>Time Interval</i>	Interval waktu data yang diolah
<i>Movement</i>	<i>Movement</i>	Pergerakan arus atau rute kendaraan dalam <i>link</i> yang meliputi asal perjalanan menuju tujuan perjalanan.
<i>Qlen</i>	<i>Queue Length</i>	Panjang antrian rata-rata/interval waktu
<i>QlenMax</i>	<i>Queue Length Max</i>	Panjang antrian maksimum/interval waktu
<i>Vehs(All)</i>	<i>Vehicles (All)</i>	Jumlah kendaraan yang terekam
<i>Pers(All)</i>	<i>Persons (All)</i>	Total jumlah pengguna kendaraan
<i>LOS(All)</i>	<i>Level of service (All)</i>	Tingkat kualitas pelayanan simpang yang dinilai dengan huruf A sampai F dinilai dari nilai tundaan perkendaraan (det/kend) seperti diatur dalam <i>Highway Capacity Manual (HCM) 2010</i> . Simpang APILL: A ≤ 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 Simpang: A ≤ 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>LOSVAL(All)</i>	<i>Level-of-service value (All)</i>	Tingkat kualitas pelayanan simpang yang yang dinilai dari angka 1 sampai 6 sesuai dengan skema LOS yang sudah ditetapkan. 1 sesuai dengan A, 6 sesuai dengan F.
<i>VehDelay(All)</i>	<i>Vehicle Delay (All)</i>	Rata-rata jumlah waktu tundaan semua kendaraan pada satu rute perjalanan.
<i>PersDelay(All)</i>	<i>Person delay (All)</i>	Rata-rata tundaan dari semua pengguna kendaraan

Tabel 2.5 (Lanjutan)

<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 (volatile organic compounds) (gram)
<i>FuelConsumption</i>	<i>Fuel Consumption</i>	Jumlah bahan bakar yang terbang (US Liquid gallon) (1US gal lqd = 3,785 liter)

2.2.4. Penilaian kinerja simpang APILL

Kinerja simpang merupakan hal yang penting bagi pengguna jalan, karena apabila kinerja simpang tidak sesuai dengan perencanaan maka akan menghambat kegiatan lalu lintas. Penilaian pada kinerja lalu lintas simpang APILL yaitu tingkat pelayanan *Level of Service* (LOS). LOS dipengaruhi oleh tundaan yang terjadi pada ruas jalan maupun simpang. Antrian dan tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat, demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2014). Tundaan terbagi atas tundaan geometrik dan tundaan lalu lintas.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2014), Tundaan merupakan tambahan waktu tempuh yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Adanya tundaan akan mengakibatkan adanya pertambahan waktu tempuh kendaraan yang disebabkan oleh pertambahan volume kendaraan pada suatu simpang yang mendekati atau melebihi kapasitas simpang tersebut.

Tingkat pelayanan jalan atau *Level of Service* (LOS) merupakan ukuran dari kinerja ruas jalan atau simpang yang dihitung berdasarkan tingkat pengguna jalan, kepadatan, kecepatan dan hambatan yang terjadi pada simpang. Pengolahan data

menggunakan *Vissim 10* mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010. Sementara itu di Indonesia sendiri untuk tingkat pelayanan jalan mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No.96 tahun 2015. Tingkat pelayanan (*Level of Service*) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 3 *Level of Service* Simpang APILL (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2015 dan *Transportation Research Board, 2010*)

Level of Service	Tundaan rata-rata berdasarkan PM No. 96 Tahun 2015 (det/skr)	Tundaan rata-rata berdasarkan HCM 2010 (det/kend)
A	$\leq 5,0$	≤ 10
B	5,1 - 15,0	> 10 - 20
C	15,1 - 25,0	> 20 - 35
D	25,1 - 40,0	> 35 - 55
E	40,0 - 60,0	> 55 - 80
F	> 60	> 80

2.2.5. Nilai waktu perjalanan (*Value of Time*)

Nilai waktu didefinisikan sebagai jumlah uang yang bersedia dikeluarkan oleh seseorang untuk menghemat waktu perjalanan. Nilai waktu ini sesuai dengan seberapa banyak pengeluaran konsumen.

Sugiyanto dkk. (2011) mengatakan bahwa perhitungan nilai waktu menggunakan studi *Indonesia Highway Capacity Manual 1995* dengan pendekatan *Gross Regional Domestic Product (GRDP)*. *Gross Regional Domestic Product (GRDP)* dihitung atas dasar harga berlaku per kapita per bulan. Berikut merupakan nilai waktu pada setiap jenis kendaraan berdasarkan hasil studi IHCM dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 4 Nilai Waktu per Jenis Kendaraan (Bina Marga, 1995)

Jenis Kendaraan	Nilai waktu per kendaraan/jam (Rp)	
	<i>Welfare Maximation</i>	GRDP
Sepeda Motor	736	315
Mobil	3.281	1.925
Bus Kecil	12.572	7.385
Bus Besar	18.212	9.800
Truk Kecil	5.605	4.970
Truk sedang	5.605	4.970
Truk Besar	736	4.970

2.2.6. Kecepatan kendaraan

Kecepatan merupakan jarak tempuh kendaraan per satuan waktu yang ditentukan. Kecepatan pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu kecepatan eksisting dan kecepatan ideal. Kecepatan eksisting merupakan kecepatan yang didapat langsung di lapangan pada saat survei *spot speed* dengan penggolongan jenis kendaraan seperti pada Peraturan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2014. Sedangkan kecepatan ideal ialah kecepatan yang telah ditentukan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknik Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, sebagai pedoman dalam perencanaan kecepatan kendaraan. Berikut klasifikasi kecepatan kendaraan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknik Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan yang disajikan pada Tabel 2.8:

Tabel 2. 5 Kecepatan Rencana Sesuai dengan Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2011)

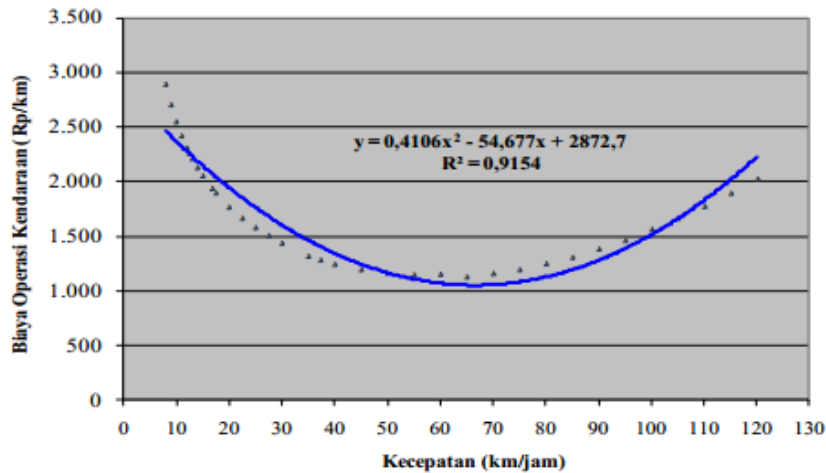
Spesifikasi	Fungsi	Kecepatan Rencana, V_r (Km/jam)		
		Datar	Bukit	Gunung
Jalan Raya	Arteri, Kolektor, Lokal.	60 - 120	50-100	40-80

2.2.7. Biaya operasional kendaraan

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) merupakan biaya yang dikeluarkan oleh pengguna kendaraan karena pengoperasian kendaraan seperti bahan bakar minyak, ban, oli dan sebagainya. BOK dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, geometrik jalan, kekasaran jalan, jenis kendaraan dan karakteristik pengemudi itu sendiri. Perhitungan BOK mengacu pada penelitian Gito Sugiyanto yang menggunakan pendekatan metode LAPI ITB 1996 berupa hubungan antara kecepatan kendaraan kilometer/jam dan Biaya Operasional Kendaraan Rupiah/kilometer. BOK yang dihitung dalam penelitian ini dibedakan berdasarkan jenis kendaraan yang melewati simpang yaitu sepeda motor (*MC*), kendaraan ringan (*LV*) dan kendaraan berat (*HV*).

Sugiyanto (2012) mengatakan, jenis kendaraan ringan Toyota Avanza 1.3 S M/T yang digunakan untuk menjadi acuan dalam perhitungan BOK kendaraan ringan dan kendaraan berat, dengan menggunakan harga acuan ekonomi pada akhir

September 2009. Untuk jenis kendaraan berat diasumsikan sama dengan kendaraan ringan dan hasil analisisnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Hubungan antara Kecepatan dan BOK Kendaraan Pribadi dengan Metode LAPI ITB (Sugiyanto, 2012)

Berdasarkan grafik hubungan antara kecepatan dan BOK kendaraan pribadi di atas maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{BOK} = 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \dots\dots\dots(2-1)$$

dimana V = Kecepatan kendaraan (Km/jam)

2.2.8. Biaya kemacetan

Kemacetan lalu lintas yang semakin meningkat menimbulkan biaya yang sangat tinggi diberbagai negara termasuk di Indonesia (Sugiyanto, 2012). Kemacetan terjadi ketika volume lalu lintas melebihi kapasitas jalan atau simpang. Bertambahnya kendaraan menyebabkan tundaan, waktu perjalanan menjadi lebih lama, dan mengakibatkan kenaikan biaya transportasi. Kondisi ini menyebabkan adanya eksternalitas dan digunakan sebagai dasar argumentasi rencana penerapan biaya kemacetan. Pengurangan kemacetan lalu lintas merupakan salah satu target utama dalam kebijakan transportasi. Hal ini diperlukan mengingat kerugian ekonomi yang disebabkan akibat adanya kemacetan lalu lintas yang sangat besar. Tundaan perjalanan mengurangi produktifitas ekonomi dan kualitas kehidupan. Sugiyanto (2012) mengatakan biaya kemacetan merupakan selisih antara biaya gabungan transportasi pada kondisi kecepatan arus bebas dengan biaya gabungan dari biaya transportasi pada kondisi kecepatan aktual.

Berdasarkan penelitian Basuki dan Siswandi (2008), model kaitan antara kecepatan dan biaya kemacetan dilakukan dengan menggunakan pendekatan Tzedakis (1980) dengan asumsi:

- a. Perbedaan kecepatan kendaraan cepat atau lambat
- b. Kecepatan kendaraan tidak dibuat berdasarkan keadaan lalu lintas
- c. Tidak menggunakan satuan masa penumpang
- d. Biaya kemacetan cenderung nol jika kecepatannya sama
- e. Mempertimbangkan kendaraan yang bersifat stokastik
- f. Kendaraan tidak dapat saling mendahului

Rumusan model :

$$C = N * [G A + (1 - \frac{A}{B}) V'] T \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana :

C = Biaya Kemacetan (Rupiah/jam)

N = Jumlah Kendaraan (skr/jam)

G = Biaya Operasional Kendaraan (Rp/Kend.Km)

A = Kendaraan dengan Kecepatan Eksisting (Km/Jam)

B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (Km/Jam)

V' = Nilai Waktu Perjalanan Kendaraan (Rp/Kend.Jam)

T = Waktu Antrian (Jam/kendaraan)