

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan adalah kondisi di mana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan mendekati 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian (MKJI, 1997). Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan mencapai lebih dari 0,8. Jika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi. Kemacetan semakin meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain (Tamin, 2000).

Kemacetan lalu lintas terjadi apabila kapasitas jalan tetap sedangkan jumlah pemakai jalan terus meningkat, yang menyebabkan waktu tempuh perjalanan menjadi lebih lama (Wohl et al dalam Sugiyanto, 2011). Kemacetan lalu lintas sebagai gangguan kendaraan terhadap kendaraan lain, termasuk hubungan antara arus dan kecepatan, di dalam kondisi dimana pendekatan yang digunakan oleh pengguna transportasi adalah kapasitas jalan (Goodwin dalam Sugiyanto, 2011).

2.1.1 Tipe Kemacetan Lalu Lintas

Tipe kemacetan menjadi tiga yaitu *recurent congestion*, *non-recurrent congestion* dan *pre-congestion* atau *border line congestion*. *Recurrent congestion* adalah kemacetan yang terjadi secara berulang dan terus menerus, misalnya pada periode pagi pada saat pergi kerja dan sore pada pulang kerja. *Non-recurrent congestion* adalah kemacetan yang terjadi karena adanya suatu insiden misalnya kecelakaan lalu lintas. *Pre-congestion* atau *borderline congestion* adalah tipe kemacetan yang terjadi ketika kecepatan aktual kendaraan berada di bawah kecepatan arus bebas yang mengakibatkan kerugian bagi pengguna jalan berupa pemborosan konsumsi bahan bakar, waktu yang terbuang, pencemaran lingkungan (Sugiyanto, 2011)

2.1.2 Parameter Kemacetan Lalu Lintas

Kriteria ruas jalan mengalami kemacetan dapat dilihat dari tingkat pelayanan dan nilai VCR (IHCM dalam Sugiyanto, 2011). Jalan dikatakan macet jika tingkat pelayanan E dan F dengan nilai v/c rasio $> 0,85$. Tingkat pelayanan E dengan nilai VCR $0,8 - 1,00$ dan karakteristik volume lalu lintas mendekati atau berada pada kapasitas, arus tidak stabil terkadang kecepatan terhenti. Tingkat pelayanan F dengan nilai VCR $\geq 1,00$ dan karakteristik arus dipaksakan atau macet, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas jalan, antrian panjang, dan hambatan yang besar.

Dalam mengukur kemacetan lalu lintas terdapat dua pendekatan yaitu tundaan dan perbandingan antara arus dan kapasitas. Berdasarkan tundaan maka kemacetan dinyatakan sebagai selisih antara kecepatan aktual dengan kecepatan arus bebas. Pendekatan lain yang digunakan yaitu berdasarkan rata-rata waktu yang terbuang perkendaraan (Muller dan Laird dalam Sugiyanto, 2011). Parameter tolak ukur kemacetan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Parameter Tolak Ukur Kemacetan

No	Parameter Kemacetan	Deskripsi
1	Tingkat pelayan (level of service) jalan	Tingkat pelayanan jalan di ruas jalan atau di persimpangan yang dinyatakan dari tingkat A (arus lancar) sampai dengan tingkat F (macet).
2	Waktu tempuh perjalanan dasar	Perbandingan waktu tempuh perjalanan pada periode jam puncak dengan kondisi arus bebas (hanya mempertimbangkan tundaan normal).
3	Indeks waktu tempuh perjalanan	Perbandingan waktu tempuh perjalanan pada periode jam puncak dengan kondisi arus bebas (mempertimbangkan tundaan normal dan insiden lalu lintas).
4	Persentase waktu tempuh perjalanan dalam kondisi macet	Persentase waktu tempuh perjalanan yang terjadi dalam kondisi terjadi kemacetan lalu lintas.
5	Waktu tempuh perjalanan kondisi arus bebas dua kondisi	Evaluasi waktu tempuh perjalanan pada jam puncak dengan waktu pada kondisi arus bebas.

No	Parameter Kemacetan	Deskripsi
6	Analisis biaya manfaat (<i>Benefit Cost Ratio/BCR</i>)	Analisis biaya manfaat untuk menentukan prioritas investasi berdasarkan nilai CBR.
7	Tundaan rata-rata tahunan	Waktu tempuh perjalanan ekstra dibandingkan dengan kemacetan lalu lintas.
8	Tundaan tahunan per kapita	Waktu tempuh perjalanan ekstra dibagi dengan jumlah penduduk.
9	Tundaan tahunan per pengguna jalan	Waktu tempuh perjalanan ekstra dibagi dengan jumlah periode jam puncak pengguna jalan.
10	Rata-rata kecepatan lalu lintas	Rata-rata kecepatan perjalanan untuk suatu area dan waktu tertentu (misalnya pada jam puncak).
11	Rata-rata waktu tempuh perjalanan komuter	Rata-rata waktu tempuh perjalanan komuter.
12	Rata-rata waktu tempuh per kapita	Rata-rata total waktu tempuh per kapita yang disediakan untuk melakukan perjalanan.

Sumber: (Muller dan Laird dalam Sugiyanto, 2011)

2.2 Volume Lalu Lintas

Nilai volume lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan volume atau arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris (MKJI, 1997). Adapun tipe kendaraan, antara lain sebagai berikut.

- a. Kendaraan Ringan (LV) meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil.
- b. Kendaraan Berat (HV) meliputi: truk dan bus.
- c. Sepeda motor (MC) meliputi: kendaraan bermotor beroda 2 dan 3
- d. Kendaraan Tak Bermotor (UM) meliputi: kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan termasuk sepeda, becak, kereta kuda dan gerobak / kereta dorong.

Nilai ekivalensi mobil penumpang untuk jalan perkotaan tak terbagi dan jalan perkotaan terbagi dan satu arah dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3

Tabel 2.2 EMP Untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi

Tipe jalan: Jalan tak terbagi	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)			emp	
		HV	LV	MC	
				Lebar jalur lalu lintas Wc (m)	
				≤ 6	> 6
Dua-lajur tak - terbagi	0	1,3	1,0	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	1,0	0,35	0,25
Empat-lajur tak-terbagi	0	1,3	1,0	0,40	
	≥ 3700	1,2	1,0	0,25	

Sumber: (MKJI, 1997)

Tabel 2.3 EMP Untuk Jalan Perkotaan Terbagi dan Satu Arah

Tipe jalan: Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas per lajur (kend/jam)	emp		
		HV	LV	MC
Dua-lajur satu-arah (2/1) dan Empat-lajur terbagi (4/2 D)	0	1,3	1,0	0,40
	≥ 1.050	1,2	1,0	0,25
Tiga-lajur satu-arah (3/1) dan Enam-lajur terbagi (6/2)D	0	1,3	1,0	0,40
	≥ 1.100	1,2	1,0	0,25

Sumber: (MKJI, 1997)

2.3 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah arus lalu lintas maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (MKJI, 1997). Nilai kapasitas dihasilkan dari pengumpulan data arus lalu lintas dan data geometrik jalan. Untuk jalan dua lajur – dua arah penentuan kapasitas berdasarkan arus lalu lintas total, sedangkan untuk jalan dengan banyak lajur perhitungan dipisahkan secara per lajur.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan antara lain sebagai berikut ini.

- Faktor jalan, seperti lebar jalur, kebebasan lateral, bahu jalan, ada median atau tidak, kondisi permukaan jalan, alinyemen, kelandaian jalan, trotoar dan lain-lain.

- b. Faktor lalu lintas, seperti komposisi lalu lintas, volume, distribusi lajur, dan gangguan lalu lintas, adanya kendaraan tidak bermotor, hambatan samping dan lain-lain.
- c. Faktor lingkungan, seperti misalnya pejalan kaki, pengendara sepeda, binatang yang menyeberang, dan lain-lain.

2.4 Kecepatan Kendaraan

Menurut Hobbs (1979), kecepatan adalah laju perjalanan yang biasanya ditempuh dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan km/jam dan umumnya dibagi menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

1. Kecepatan setempat (*Spot Speed*)

Kecepatan setempat (*Spot Speed*) adalah kecepatan kendaraan diukur pada suatu saat dan pada suatu tempat yang ditentukan.

2. Kecepatan bergerak (*Running Speed*)

Kecepatan bergerak (*Running Speed*) adalah banyaknya waktu yang diperhitungkan dalam menempuh suatu perjalanan, dimana waktu yang di perhitungkan adalah pada saat kendaraan bergerak saja. Sedangkan waktu berhenti akibat adanya hambatan (kemacetan) tidak diperhitungkan.

3. Kecepatan perjalanan (*Journey Speed*)

Kecepatan perjalanan (*Journey Speed*) adalah kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat, dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu bagi kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut, dengan lama waktu mencakup setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan (penundaan) lalu lintas.

Metode yang umum digunakan dalam menentukan kecepatan lalu lintas, yaitu metode kendaraan contoh (*Floating Car Method*), di mana metode ini dilakukan dengan kendaraan contoh yang dikendarai pada arus lalu lintas, dengan mengikuti salah satu dari kondisi operasi sebagai berikut ini.

- a. Pengemudi berusaha membuat kendaraan contoh mengambang pada arus lalu lintas, dalam arti mengusahakan agar jumlah kendaraan yang menyiap dan disiap kendaraan contoh adalah sama,

- b. Pengemudi mengatur kecepatan kendaraan contoh disesuaikan dengan perkiraan kecepatan arus lalu lintas,
- c. Kendaraan contoh melaju sesuai dengan kecepatan batas kecuali terhambat oleh kondisi lalu lintas.

Sedangkan untuk kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalanan atau dapat dikatakan kecepatan pada saat kepadatan kosong, yaitu pada saat tidak ada kendaraan. Untuk jalan tak terbagi semua analisis (kecuali analisis kelandaian khusus) dilakukan pada kedua arah, sedangkan untuk jalan terbagi dilakukan pada masing-masing arah dan seolah-olah tiap arah adalah jalan satu arah yang terpisah.

2.5 Nilai Waktu Perjalanan

Nilai waktu perjalanan merupakan salah satu komponen yang penting dalam analisis transportasi, terutama dalam aspek ekonomi nilai waktu perjalanan berkaitan dengan adanya *opportunity cost* dari setiap waktu yang dihabiskan dalam menempuh perjalanan maupun dengan jumlah uang yang dikorbankan dalam perjalanan. Nilai waktu perjalanan adalah suatu faktor konvensi dalam melakukan penghematan waktu dalam bentuk uang (Caesariawan dkk, 2015). Nilai waktu atau nilai penghematan waktu didefinisikan sebagai jumlah uang yang rela dikeluarkan oleh seseorang untuk menghemat satu satuan waktu perjalanan (Hensher, et.al dalam Suryaningsih, 2010).

Menurut Tamin (2000) terdapat dua pendekatan untuk menghitung nilai waktu yaitu berdasarkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan berdasarkan tingkat kesejahteraan (*welfare maximization*). Perbedaannya adalah metode tingkat kesejahteraan mengikutsertakan nilai waktu santai dalam analisisnya, sedangkan metode PDRB tidak mengikutsertakan nilai waktu santai.

2.6 Nilai Okupansi Penumpang

Okupansi merupakan perbandingan persentase antara panjang perjalanan kendaraan isi berpenumpang dengan total panjang kendaraan berpenumpang (Tamin, 2000). Okupansi faktor muat penumpang (*passenger load factor*) adalah perhitungan nilai kegunaan dari kapasitas muatan yang tersedia dari moda transportasi. Ini berguna untuk mengetahui rata-rata okupansi penumpang pada berbagai macam rute perjalanan moda transportasi. Nilai okupansi penumpang kendaraan adalah perbandingan jumlah penumpang yang terangkut dengan kapasitas tempat duduk kendaraan yang dijabarkan dalam bentuk persentase.

2.7 Waktu Antrian

Antrian adalah ilmu pengetahuan tentang bentuk antrian dan merupakan orang-orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani atau meliputi bagaimana perusahaan dapat menentukan waktu dan fasilitas yang baik agar dapat melayani pelanggan dengan efisien (Heizer dan Render dalam Rachman, 2013). Kemacetan di ruas jalan dapat dikatakan mengalami fenomena antrian karena memenuhi karakteristik yang dijabarkan menurut (Robert dalam Susanto dkk, 2012), yaitu sebagai berikut ini.

- a. ada *item* (pelanggan, kedatangan, dll) yang membutuhkan layanan,
- b. ada ketidakpastian tentang tingkat permintaan untuk pelayanan dan waktu permintaan,
- c. ada layanan fasilitas yang melakukan layanan operasi,
- d. ada ketidakpastian mengenai durasi waktu layanan operasi,
- e. ada ketidakpastian tentang perilaku *item* (pelanggan, kedatangan, dll) saat mereka tiba untuk layanan atau menunggu dalam antrian.

Berdasarkan karakteristik yang telah dijabarkan maka dapat diketahui bahwa kemacetan yang terjadi di ruas jalan mengalami fenomena antrian karena memenuhi karakteristik tersebut.

2.7.1 Komponen Antrian

Menurut Heizer dan Render dalam Rachman (2013), bahwa dalam sistem antrian terdapat tiga komponen antrian yaitu sebagai berikut.

- a. tingkat kedatangan (λ),
- b. tingkat pelayanan (μ), dan
- c. disiplin antrian.

2.7.1.1 Tingkat Kedatangan (λ)

Tingkat kedatangan yang dinyatakan dengan notasi λ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau beberapa tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit. Karakteristik kedatangan memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- a. Ukuran populasi, merupakan sumber konsumen yang dilihat sebagai populasi tidak terbatas dan terbatas. Populasi tidak terbatas adalah jika jumlah kedatangan atau pelanggan pada sebuah waktu tertentu hanyalah sebagian kecil dari semua kedatangan yang potensial. Sedangkan populasi terbatas adalah sebuah antrian ketika hanya ada pengguna pelayanan yang potensial dengan jumlah terbatas.
- b. Perilaku kedatangan, perilaku setiap konsumen berbeda-beda dalam memperoleh pelayanan, ada tiga karakteristik perilaku kedatangan yaitu: pelanggan yang sabar, pelanggan yang menolak bergabung dalam antrian dan pelanggan yang membelot.
- c. Pola kedatangan, menggambarkan bagaimana distribusi pelanggan memasuki sistem. Distribusi kedatangan terdiri dari: *Constant arrival distribution* dan *Arrival pattern random*. *Constant arrival distribution* adalah pelanggan yang datang setiap periode tertentu sedangkan *Arrival pattern random* adalah pelanggan yang datang secara acak.

2.7.1.2 Tingkat Pelayanan (μ)

Tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan notasi μ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu

satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal waktu pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasanya dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang. Sehingga bisa disimpulkan bahwa:

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.1)$$

Selain itu, dikenal juga notasi (ρ) yang didefinisikan sebagai nisbah antara tingkat kedatangan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (2.2)$$

Jika nilai $\rho > 1$, hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah panjang.

Karakteristik pelayanan terdapat dua hal penting yaitu, sistem pelayanan dan distribusi waktu pelayanan.

- a. Desain sistem pelayanan, pada umumnya digolongkan menurut jumlah saluran yang ada dan jumlah tahapan, antara lain:
 1. Menurut jumlah saluran yang ada adalah sistem antrian jalur tunggal dan sistem antrian jalur berganda.
 2. Menurut jumlah tahapan adalah sistem satu tahap dan sistem tahapan berganda.
- b. Distribusi waktu pelayanan, pola pelayanan serupa dengan pola kedatangan dimana pola ini bisa konstan ataupun acak. Jika waktu pelayanan konstan, maka waktu yang diperlukan untuk melayani setiap pelanggan sama. Sedangkan waktu pelayanan acak merupakan waktu untuk melayani setiap pelanggan adalah acak atau tidak sama.

2.7.1.3 Disiplin Antrian

Disiplin antrian, yaitu merupakan aturan antrian yang mengacu pada peraturan pelanggan yang ada dalam barisan untuk menerima pelayanan yang terdiri dari:

- a. *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO)
yaitu pelanggan yang pertama datang, pertama dilayani. Misalnya: sistem antrian pada bioskop, supermarket, pintu tol, dan lain-lain.
- b. *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO)
yaitu sistem antrian pelanggan yang datang terakhir, pertama dilayani. Misalnya: sistem antrian pada elevator lift untuk lantai yang sama.
- c. *Service in Random Order* (SIRO)
yaitu panggilan berdasarkan pada peluang acak, tidak peduli siapa yang datang terlebih dahulu.
- d. *Shortest Operation Times* (SOT)
yaitu sistem pelayanan yang membutuhkan waktu pelayanan tersingkat mendapat pelayanan pertama.

2.7.2 Model Antrian

Empat model dalam antrian adalah sebagai berikut.

- a. Model M/M/I (*Single Channel Query System* atau model antrian jalur tunggal).
Dalam situasi ini, kedatangan membentuk satu jalur tunggal untuk dilayani oleh stasiun tunggal.
- b. Model M/M/S (*Multiple Channel Query System* atau model antrian jalur berganda).
Sistem antrian jalur berganda terdapat dua atau lebih jalur atau stasiun pelayanan yang tersedia untuk menangani pelanggan yang datang. Asumsi bahwa pelanggan yang menunggu pelayanan membentuk satu jalur yang akan dilayani pada stasiun pelayanan yang tersedia pertama kali pada saat itu. Pelayanan dilakukan secara *first-come, first-served*, dan semua stasiun pelayanan yang sama.
- c. Model M/D/1 (*constant service* atau waktu pelayanan konstan).

Beberapa sistem memiliki waktu pelayanan yang tetap, dan bukan berdistribusi eksponensial seperti biasanya.

d. Model (*limited population* atau populasi terbatas).

Model ini berbeda dengan ketiga model yang lain, karena saat ini terdapat hubungan *saling ketergantungan* antara panjang antrian dan tingkat kedatangan.

2.8 Biaya Operasional Kendaraan

Biaya operasional kendaraan adalah total biaya yang dikeluarkan oleh pemakai jalan menggunakan moda tertentu dari zona asal ke zona tujuan. Biaya operasi kendaraan terdiri dari dua komponen yaitu biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya tetap (*fixed cost*) adalah biaya yang tidak berubah (tetap walaupun terjadi perubahan pada volume produksi jasa sampai ke tingkat tertentu) sedangkan biaya tidak tetap (*variable cost*) adalah biaya yang berubah apabila terjadi perubahan pada volume produksi jasa (Sugiyanto, 2011).

Biaya operasional kendaraan (BOK) adalah biaya ekonomis yang terjadi dengan dioperasikannya suatu kendaraan pada kondisi normal untuk suatu tujuan tertentu. Pengertian biaya ekonomi yang dimaksud disini adalah biaya yang sebenarnya terjadi (Nurhayati, 2013). Umumnya biaya operasi kendaraan (BOK) terdiri atas beberapa komponen sebagai berikut.

1. Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*) adalah biaya yang besarnya berubah tergantung pada pengoperasian alat-alat pengangkutan, meliputi:
 - a. bahan bakar minyak,
 - b. minyak pelumas,
 - c. ban,
 - d. pemeliharaan.
2. Biaya Tetap (*Fixed Cost*) adalah biaya tetap yang dikeluarkan setiap bulan, meliputi:
 - a. asuransi,
 - b. bunga modal,
 - c. depresiasi.

2.8.1 BOK Sepeda Motor

Sepeda motor adalah jenis kendaraan yang sangat banyak digunakan di Kota Yogyakarta dan berpengaruh signifikan terhadap karakteristik transportasi. Metode menghitung biaya operasional kendaraan sepeda motor digunakan hasil studi yang dilakukan oleh Cairul Mubin (Mubin, 2011).

Perhitungan BOK sepeda motor dengan menggunakan metode ini meliputi:

- a. biaya bahan bakar,
- b. biaya konsumsi minyak pelumas,
- c. biaya suku cadang,
- d. biaya konsumsi ban,
- e. biaya depresiasi kendaraan,
- f. biaya pajak kendaraan.

2.8.2 BOK Mobil

Perhitungan biaya operasional kendaraan mobil menggunakan metode LAPI-ITB tahun 1997, sedangkan komponen bunga modal menggunakan metode Bina Marga melalui proyek Road User Cost Model tahun 1991 (Tamin, 2000).

Metode ini didasarkan pada kecepatan tempuh kendaraan serta menggunakan persamaan-persamaan yang bergantung pada besarnya kecepatan. Persamaan BOK ini meliputi:

- a. konsumsi bahan bakar,
- b. konsumsi minyak pelumas,
- c. konsumsi pemakaian ban,
- d. biaya pemeliharaan,
- e. biaya mekanik,
- f. biaya suku bunga,
- g. asuransi.

2.9 Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan adalah biaya yang selama ini tak terlihat dan ditanggung oleh penggunaan kendaraan pribadi ketika terjadi kemacetan. Biaya kemacetan baik

berupa pemborosan nilai waktu pengguna kendaraan pribadi maupun naiknya biaya operasional kendaraan akibat waktu tempuh perjalanan yang lama.

2.9.1 Konsep Dasar Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan timbul dari hubungan antara kecepatan dengan arus lalu lintas, jika arus lalu lintas yang ada dilampaui maka rata-rata kecepatan lalu lintas akan turun. Pada saat kecepatan mulai turun maka nilai BOK akan meningkat dalam kisaran 0-45 mil/jam (setara dengan 0-72 km/jam) dan waktu untuk melakukan perjalanan meningkat (Stubs dkk dalam Sugiyanto, 2011). Biaya kemacetan adalah biaya perjalanan akibat tundaan lalu lintas maupun tambahan volume kendaraan yang mendekati atau melebihi kapasitas pelayanan jalan (Basuki, 2008).

Biaya akibat kemacetan lalu lintas sebenarnya merupakan tambahan biaya perjalanan yang harus ditanggung oleh pengguna jalan akibat bertambahnya volume lalu lintas dan waktu perjalanan. Komponen biaya perjalanan adalah volume lalu lintas, waktu perjalanan, biaya operasional kendaraan dan nilai waktu perjalanan. Untuk ruas jalan yang sama maka biaya perjalanan akan meningkat jika volume lalu lintas dan waktu perjalananpun ikut bertambah.

2.9.2 Model Penghitungan Biaya Kemacetan

Kawuryan (1991), memodelkan biaya kemacetan melalui tesisnya dengan judul Metode Perhitungan Biaya Kemacetan Lalu lintas pada Pusat Perbelanjaan Plaza Bandung Indah, yaitu selisih antara hasil kali volume kendaraan, rata-rata waktu perjalanan, biaya operasional kendaraan ditambah nilai waktu kendaraan setelah adanya pusat perbelanjaan dan sebelum adanya pusat perbelanjaan. Basuki (2008), dalam jurnalnya dengan judul Biaya kemacetan ruas jalan Kota Yogyakarta menggunakan metode penghitungan Tzedakis dalam menghitung biaya kemacetan, di mana penghitungan biaya kemacetan dengan kecepatan, dengan mengasumsikan perbedaan tingkat kecepatan kendaraan di mana biaya kemacetan cenderung nol jika kecepatan sama, kecepatan kendaraan tidak dibuat berdasarkan tingkat (keadaan) lalu lintas, kemacetan lalu lintas yang terjadi bersifat acak.

Pertiwi (2011), memodelkan biaya kemacetan berupa selisih biaya perjalanan tanpa gangguan kegiatan komersial dan dengan kegiatan komersial. Selisih biaya ini berdasarkan jenis moda, ruas jalan, arah pergerakan dan waktu puncak kegiatan. Sugiyanto (2011), memodelkan biaya kemacetan di dasarkan pada perbedaan antara biaya *marginal social cost* dan *marginal private cost* dari zona asal i ke zona tujuan j. *Marginal social cost* adalah biaya yang dikeluarkan masyarakat dari zona asal perjalanan i ke zona tujuan j dengan menggunakan moda m, Sedangkan *marginal private cost* adalah biaya yang dikeluarkan pengguna kendaraan pribadi dari zona asal perjalanan i ke zona zona tujuan j dengan menggunakan moda m.

Yana, dkk (2011) memodelkan penghitungan biaya kemacetan tiap jenis kendaraan per segmen per jam, dimana jumlah volume lalu lintas puncak dikalikan dengan hasil selisih dari nilai waktu tempuh setelah penambahan volume lalu lintas dan hambatan samping di tambah BOK setelah penambahan volume lalu lintas dan hambatan samping dan nilai waktu tempuh setelah sebelum volume lalu lintas dan hambatan samping di tambah BOK sebelum penambahan volume lalu lintas dan hambatan samping.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait dengan kerugian akibat kemacetan lalu lintas (biaya kemacetan) yang dipakai pada tesis ini. Beberapa penelitian terdahulu ini dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Penelitian yang Berhubungan dengan Tesis

No	Judul	Subtopik	Metode
1	Biaya kemacetan ruas jalan kota Yogyakarta. Basuki, I (2008)	BOK	
		1.BOK mobil	Metode LAPI-ITB 1997
		2.BOK sepeda motor	Metode LAPI-ITB 1997
		Nilai waktu perjalanan	Metode PDRB
		Nilai waktu antrian	Metode stokastik
		Komponen generalized cost	BOK,NWP dan nilai waktu antrian
2	Pengembangan Model dan Estimasi Biaya Kemacetan Bagi Pengguna Mobil dan Sepeda Motor Pribadi di Kawasan Pusat Perkotaan. Sugiyanto,G (2011)	BOK	
		1.BOK mobil	Metode LAPI ITB 1997
		2.BOK sepeda Motor	Metode SITRAMP 2004
		Nilai waktu perjalanan	Metode PDRB dan Willingnes to Pay
		Biaya polusi	Kombinasi metode Marginal-health cost dan Sitorus (1996)
		Komponen generalized cost	BOK,NWP dan biaya Polusi

No	Judul	Subtopik	Metode
3	Pengaruh keberadaan parkir dan pedagang kaki lima terhadap biaya kemacetan dan polusi udara di Jalan Kolonel Sugioyono Malang. Pertiwi, AA (2011)	BOK	
		1.BOK mobil	Metode PCI
		2.BOK sepeda motor	Metode PCI
		Nilai waktu perjalanan	Metode PDRB
	Biaya polusi	Metode Parson (2008)	
	Komponen generalized cost	BOK,NWP dan biaya Polusi cost	
4	Analisis biaya kemacetan akibat tundaan lalu lintas. studi kasus persimpangan Jl.Melati-Jl.Hayam Wuruk sampai dengan Jl.Nusa Indah-Jl.Hayam Wuruk Denpasar. Yana.dkk (2011)	BOK	
		1.BOK mobil	Metode PCI
		2.BOK sepeda motor	Metode PTS-BUIP 1999
		Nilai waktu perjalanan	Metode PDRB
	Waktu tempuh	Metode MKJI 1997	
	Komponen generalized cost	BOK,NWP dan Waktu tempuh	