

KAJIAN NILAI EKIVALENSI MOBIL PENUMPANG BERDASARKAN DATA WAKTU ANTARA PADA RUAS JALAN TOL (A STUDY OF PASSENGER CAR EQUIVALENCY BASED ON HEADWAY FOR TOLL ROADS)

Gary Raya Prima¹⁾, Hikmat Iskandar²⁾, Tri Basuki Joewono³⁾

^{1), 3)} Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan

Jl. Merdeka No. 30, Bandung

²⁾ Puslitbang Jalan dan Jembatan

Jl. AH. Nasution No. 264, Bandung

¹⁾ e-mail: vanprima@yahoo.com

²⁾ e-mail: iskandar_hikmat@yahoo.com

³⁾ e-mail: vftribas@unpar.ac.id

Diterima: 13 Mei 2014; direvisi: 14 Juli 2014; disetujui: 07 Agustus 2014

ABSTRAK

Nilai ekivalensi merupakan faktor konversi yang digunakan untuk mengubah arus lalu lintas campuran menjadi arus lalu lintas yang homogen. Nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) perlu dievaluasi karena perilaku dan karakteristik lalu lintas mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Tujuan dari kajian ini adalah menentukan nilai ekivalensi mobil penumpang pada ruas jalan tol, dimana kajian dilakukan pada ruas jalan tol Jakarta-Cikampek. Hasil analisis menghasilkan nilai emp yang cenderung lebih besar dari nilai emp MKJI 1997. Nilai emp untuk jenis kendaraan berat menengah berkisar antara 1,88-2,25, untuk truk besar berkisar antara 3,12-3,77, dan untuk bus besar berkisar antara 1,52-1,64. Peningkatan nilai emp tersebut diduga disebabkan oleh bertambahnya jumlah kendaraan, berubahnya kapasitas dan kinerja kendaraan, maupun kondisi geometrik jalan raya. Hasil perhitungan nilai emp selanjutnya diaplikasikan untuk menghitung kapasitas jalan dan ditemukan adanya variasi nilai kapasitas, berada pada rentang 1800 hingga 2500 smp/jam, bila dibandingkan dengan MKJI 1997.

Kata kunci: ekivalensi mobil penumpang, waktu antara, jalan bebas hambatan, volume, kapasitas

ABSTRACT

Equivalence value is a conversion factor used to convert mixed traffic flow becomes a homogeneous traffic flow. The value of passenger car equivalent (pce) values is needed to be evaluated as behavior and traffic characteristics changes over time. The purpose of this study is to determine the passenger car equivalence value at toll road, where the study was conducted on the Jakarta-Cikampek toll road. The analysis results the pce tends to be higher than the pce from MKJI 1997. The value of pce for medium heavy vehicle ranges from 1.88 up to 2.25, for large truck ranges from 3.12 up to 3.77, and for Large Bus ranges from 1.52 up to 1.64. The possible reasons for the increase of the value are the increasing number of vehicles, the changing of vehicle capacity and performance, as well as road geometric. The results are then applied to calculate road capacity, and it is found a variation of capacity value. i.e. ranges from 1800 up to 2500 pcu/hour, when it is compared with MKJI 1997.

Keywords: passenger car equivalence, headway, freeway, volume, capacity

PENDAHULUAN

Ruas jalan tol merupakan jalan bebas hambatan yang didalamnya terdiri atas arus lalu lintas campuran. Sesuai dengan ketentuan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Indonesia 1997) terdapat berbagai macam kendaraan yang melintas pada ruas jalan tol yang dibedakan menjadi kendaraan ringan (*Light Vehicle/LV*), kendaraan berat menengah (*Medium Heavy Vehicle/MHV*), truk besar (*Large Truck/LT*) dan bus besar (*Large Bus/LB*). Masing-masing jenis kendaraan tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dan tidak seragam, sehingga menyulitkan dalam proses analisis lalu lintas.

Untuk mengatasi kesulitan tersebut, maka dibuatlah satu satuan untuk kendaraan dengan cara membandingkan besarnya pengaruh suatu jenis kendaraan terhadap mobil penumpang pada arus lalu lintas. Berbagai jenis kendaraan tersebut dikonversikan menjadi satu satuan arus lalu lintas, yaitu satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menganggap bahwa satu kendaraan selain jenis kendaraan penumpang diganti oleh sejumlah unit kendaraan penumpang (Iskandar 2010). Oleh karena itu diperlukan sebuah nilai konversi untuk mengubah satuan arus lalu lintas dari kendaraan/jam menjadi smp/jam. Faktor konversi tersebut dikenal dengan ekivalensi mobil penumpang (emp).

Di Indonesia besarnya nilai emp untuk ruas jalan tol tercantum dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Indonesia 1997). Nilai emp pada MKJI 1997 merupakan hasil penelitian berdasarkan kondisi jalan pada tahun 1991 hingga 1995. Mengingat penelitian tersebut dilakukan lebih dari 15 tahun yang lalu, maka nilai emp tersebut diperkirakan sudah tidak sesuai lagi dengan karakteristik lalu lintas saat ini.

Oleh karena itu untuk melihat perubahan dan perbedaan nilai emp ini, maka perlu dilakukan penelitian pada berbagai ruas jalan, termasuk pada ruas jalan tol. Dengan dasar tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan menentukan emp kendaraan yang melintas di ruas jalan tol Jakarta-Cikampek. Hasil penelitian ini diharapkan bisa dijadikan perbandingan dengan nilai emp yang telah ada. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga

diharapkan bisa dijadikan sebagai bahan masukan untuk instansi terkait dalam rangka penyusunan perbaikan nilai emp sesuai kondisi lalu lintas saat ini.

KAJIAN PUSTAKA

Volume lalu lintas

Salah satu parameter lalu lintas yang penting adalah volume lalu lintas. Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu dan dinyatakan dalam kend/jam, smp/jam atau AADT (Indonesia 1997). Nilai volume lalu lintas mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakannya dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp). Jika waktu pencatatan adalah kurang dari satu jam dan selanjutnya dinyatakan sebagai per jam, maka jumlah kendaraan yang tercatat dikenal sebagai arus lalu lintas.

Kendaraan yang melintas di suatu ruas jalan dapat beragam. Di Indonesia, jenis kendaraan yang lewat di ruas jalan tol dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

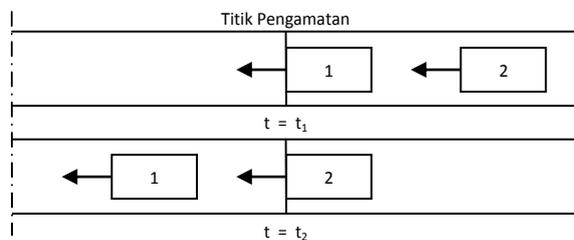
Tabel 1. Klasifikasi kendaraan pada ruas jalan tol

Klasifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan
Kendaraan Ringan	Kendaraan beroda empat dengan dua gandar berjarak 2 - 3 meter, seperti: oplet, mikro bis, pick-up dan truk kecil
Kendaraan Berat Menengah	Kendaraan bermotor dua gandar dengan jarak 3,5 - 5,0 meter, seperti: bis kecil, truk dua as dengan enam roda sesuai klasifikasi Bina Marga
Truk Besar	Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama dan kedua) lebih kecil 3,50 meter sesuai dengan klasifikasi Bina Marga
Bus Besar	Bis dua atau tiga gandar dengan jarak 5,0 - 6,0 meter

Sumber: Indonesia (1997)

Waktu antara

Salah satu parameter mikroskopik lalu lintas yang penting adalah waktu antara (*headway*). Waktu antara adalah selisih waktu kendaraan yang beriringan melewati suatu titik tertentu dalam satu lajur (Salter 1974). Waktu antara juga didefinisikan sebagai selang waktu kedatangan suatu kendaraan dengan kendaraan di belakangnya pada suatu potongan melintang jalan (Munawar 2004). Gambaran tentang waktu antara antar kendaraan dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: Waktu antara antara kendaraan 1 dan 2 = ($t_2 - t_1$) detik

Sumber: Munawar (2004)

Gambar 1. Gambaran waktu antara antar kendaraan

Ekivalensi mobil penumpang

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda karena dimensi, kecepatan, percepatan, maupun kemampuan manuver masing-masing tipe kendaraan. Oleh karena itu, untuk menyamakan satuan dari masing-masing tipe kendaraan digunakan satu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas. Satuan tersebut dikenal dengan ekivalensi mobil penumpang (*emp*). Konsep *emp* pertama kali dikenalkan dalam *Highway Capacity Manual (HCM)* versi 1965 (Ingle 2004). Nilai *emp* ini digunakan untuk menganalisis arus lalu lintas. Sejak saat itu banyak sekali tafsiran mengenai nilai *emp* yang dihasilkan para peneliti untuk membuat persamaan mengenai nilai tersebut.

Menurut Ditjen Bina Marga (Indonesia 1997), *emp* adalah faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan yang dibandingkan dengan kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruhnya terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas.

Menurut *Transportation Research Board* (2000), *emp* adalah angka berbagai jenis kendaraan yang dikonversikan pada satu jenis

kendaraan (kendaraan mobil penumpang). Nilai ekivalen mobil penumpang bergantung pada keadaan lalu lintas, sistem antrian dan jalan raya yang dipilih. Iskandar (2010) menjelaskan bahwa *emp* merupakan unit untuk mengkonversikan satuan arus lalu lintas dari kendaraan/jam menjadi *smp/jam*.

Ditjen Bina Marga (Indonesia 1997) dalam Manual kapasitas Jalan Indonesia menyarankan nilai *emp* yang berbeda-beda berdasarkan jenis kendaraan, jalan, dan volume jam perencanaan (kendaraan/jam). Nilai *emp* untuk ruas jalan bebas hambatan dua arah enam lajur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Emp* jalan bebas hambatan dua arah enam lajur

Tipe Alinyemen	Arus (kend/jam) terbagi per arah kend/jam	<i>emp</i>		
		<i>MHV</i>	<i>LB</i>	<i>LT</i>
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1900	1,4	1,4	2,0
	3400	1,6	1,7	2,5
	≥ 4150	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	1450	2,0	2,0	4,6
	2600	2,2	2,3	4,3
	≥ 3300	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	1150	2,9	2,6	5,1
	2150	2,6	2,9	4,8
	≥ 3000	2,0	2,4	3,8

Sumber: Ditjen Bina Marga (Indonesia 1997)

Penentuan nilai *emp*

Metode waktu antara merupakan salah satu cara yang banyak digunakan untuk menentukan nilai *emp*, yaitu dengan cara mencatat waktu antara kendaraan yang berurutan pada saat kendaraan tersebut melewati titik yang telah ditentukan (Salter 1980). Metode waktu antara ini cocok digunakan untuk persimpangan atau jalan-jalan antar kota yang arus lalu lintasnya mengikuti disiplin tinggi, yaitu berjalan pada satu lajur beriringan sehingga waktu antara kendaraan menjadi jelas (Iskandar 2010).

Werner dan Morral (1976) menyatakan bahwa untuk menentukan nilai *emp* kendaraan berat (*Heavy Vehicle*) dapat menggunakan metode waktu antara. Metode ini cocok digunakan untuk menentukan nilai *emp* jenis kendaraan berat (*Heavy Vehicle*) pada suatu ruas jalan dengan kecepatan rendah. Persamaan

untuk menentukan nilai emp dengan metode waktu antara seperti yang dikembangkan oleh Werner dan Morral (1976) dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$E_T = \left(\frac{H_M}{H_B} - P_C \right) / P_T \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- H_M = rata-rata waktu antara untuk semua jenis kendaraan.
- H_B = rata-rata waktu antara untuk kendaraan mobil penumpang.
- P_C = proporsi kendaraan jenis mobil penumpang.
- P_T = proporsi kendaraan berat untuk jenis truk.

Adapun Seguin, Crowley, dan Zweig (1982) menjelaskan bahwa metode waktu antara merupakan rasio rata-rata waktu antara kendaraan jenis tertentu dibagi dengan rata-rata waktu antara mobil penumpang. Pencatatan waktu antara dengan metode ini dihitung dari bumper belakang kendaraan di depan dengan bumper belakang kendaraan yang mengikutinya. Persamaan dengan metode ini dirumuskan pada Persamaan 2.

$$E_T = \frac{H_{ij}}{H_B} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- H_{ij} = rata-rata waktu antara kendaraan tipe i pada kondisi j .
- H_B = rata-rata waktu antara mobil penumpang.

Krammas dan Crowley (1986) membandingkan metode kapasitas, metode kerapatan, dan metode waktu antara untuk mencari nilai emp. Krammas dan Crowley menyimpulkan bahwa metode waktu antara merupakan metode yang paling tepat digunakan untuk mencari nilai emp pada jalan bebas hambatan. Metode waktu antara yang digunakan untuk mencari nilai emp pada jalan bebas hambatan dirumuskan pada Persamaan 3.

$$E_H = \frac{(1-P_H)(ha_{PH}+ha_{HP}+ha_{PP})+P_Hha_{HH}}{ha_{PP}} \quad \dots\dots (3)$$

Keterangan:

- P_H = proporsi kendaraan berat pada arus lalu lintas.
- ha_{HH} = rata-rata waktu antara kendaraan berat mengikuti kendaraan berat.
- ha_{HP} = rata-rata waktu antara kendaraan berat mengikuti mobil penumpang.
- ha_{PH} = rata-rata waktu antara mobil penumpang mengikuti kendaraan berat.
- ha_{PP} = rata-rata waktu antara mobil penumpang mengikuti mobil penumpang.

HIPOTESIS

Dalam studi ini diyakini bahwa nilai emp mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Diyakini pula bahwa nilai emp dapat dicari dengan beberapa pendekatan dan diantaranya menggunakan metode waktu antara.

Metode waktu antara dianggap cocok digunakan pada ruas jalan tol karena ruas jalan tol dianggap memiliki disiplin lalu lintas yang tinggi. Pada ruas jalan tol kendaraan berjalan pada satu garis lurus mengikuti lajur yang telah ditentukan, sehingga perhitungan waktu antara kendaraan yang satu dengan lainnya dapat ditentukan dengan jelas.

Dengan keyakinan tersebut, maka studi ini menggunakan hipotesis bahwa nilai emp kendaraan di ruas jalan Jakarta-Cikampek adalah berbeda dibandingkan dengan nilai emp seperti yang tercantum dalam MKJI 1997.

METODOLOGI

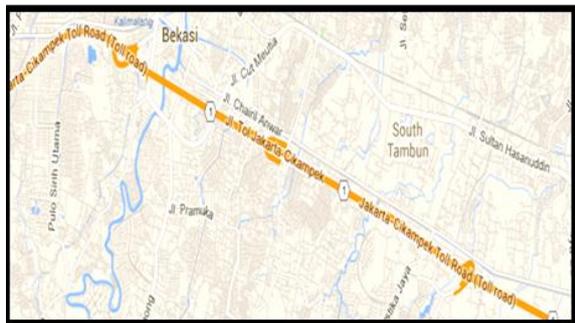
Pengumpulan data

Studi ini menganalisis data waktu antara kendaraan yang melintas di jalan tol pada ruas Jakarta – Cikampek. Data lapangan dikumpulkan oleh tim dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum. Data tersebut direkam menggunakan kamera video dengan durasi waktu selama delapan jam.

Berdasar data rekaman video tersebut, maka dilakukan pencatatan data, yaitu jumlah setiap jenis kendaraan yang melintas dan waktu

antara kendaraan. Selain itu dicatat pula data karakteristik ruas jalan tersebut, misalnya berupa peta lokasi, data geometrik jalan, kelas jalan, atau fungsi jalan.

Ruas jalan tol ini terdiri atas enam lajur dua arah. Kedua arah pada ruas jalan tol ini dipisahkan oleh median dengan pembatas berupa pagar beton (kerb). Perkerasan pada ruas jalan tol ini merupakan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Peta lokasi ruas jalan tol Jakarta-Cikampek dapat dilihat pada Gambar 2.

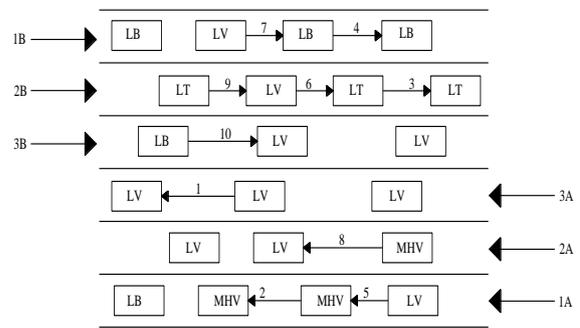


Sumber: Google Map

Gambar 2. Peta lokasi ruas jalan tol Jakarta-Cikampek

Penentuan waktu antara

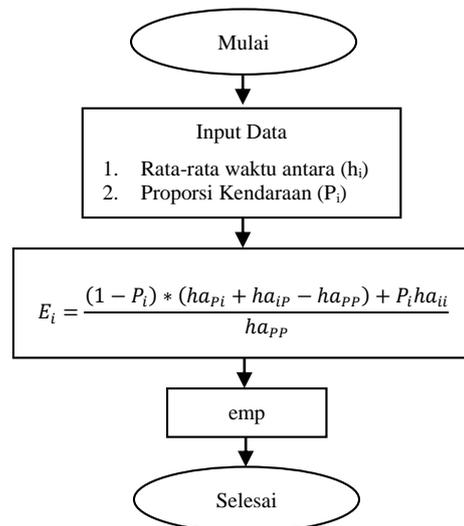
Waktu antara diperoleh dengan cara menghitung selisih waktu kedatangan antara kendaraan di depan dengan kendaraan lain yang mengikutinya pada satu lajur melewati titik pengamatan yang telah ditentukan. Waktu antara yang diperoleh pada penelitian ini adalah waktu antara pasangan menurut jenis kendaraan yang sudah dikombinasikan sesuai dengan kendaraan yang ada pada ruas jalan tol Jakarta-Cikampek. Waktu antara pasangan menurut jenis kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3. Informasi lebih detail mengenai proses penentuan waktu antara dapat ditemukan dalam Prima (2014a). Adapun diskusi mengenai distribusi peluang besaran *headway* pada ruas jalan ini dibahas dalam Prima (2014b).



Gambar 3. Ilustrasi kombinasi waktu antara

Penentuan nilai emp

Studi ini mengadopsi metode perhitungan nilai emp berdasar waktu antara dari model yang dikembangkan oleh Krammas dan Crowley (1988). Adapun tahapan detail proses perhitungan emp dengan metode ini dijelaskan dalam Prima (2014a). Secara diagramatis, tahapan penelitian disajikan dalam Gambar 4.



Keterangan:

- I = Kendaraan jenis *i* (LV, MHV, LT, LB)
- E_i = emp kendaraan jenis *i*
- h_i = Rata-rata waktu antara jenis kendaraan *i*
- P_i = Proporsi kendaraan jenis *i*
- ha_{pi} = Rata-rata waktu antara kendaraan ringan mengikuti kendaraan jenis *i*
- ha_{ip} = Rata-rata waktu antara kendaraan jenis *i* mengikuti kendaraan ringan
- ha_{pp} = Rata-rata waktu antara kendaraan ringan mengikuti kendaraan ringan
- ha_{ii} = Rata-rata waktu antara kendaraan jenis *i* mengikuti kendaraan jenis *i*

Gambar 4. Proses perhitungan nilai emp

HASIL DAN ANALISIS

Komposisi kendaraan

Untuk keperluan studi ini diperlukan informasi mengenai komposisi kendaraan yang dihitung berdasarkan beberapa waktu pengamatan, lajur, interval waktu (jam sibuk pagi dan jam sibuk siang), dan arah (arah Jakarta-Cikampek dan arah Cikampek-Jakarta). Komposisi kendaraan yang diperoleh selama delapan jam pengamatan disajikan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3. Komposisi kendaraan seluruh lajur

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Proporsi (%)
<i>LV</i>	32181	61,55
<i>MHV</i>	11854	22,67
<i>LT</i>	5819	11,13
<i>LB</i>	2429	4,65
Total	52283	100,00

Tabel 4. Komposisi kendaraan berdasarkan arah

Jenis Kendaraan	Arah A (Cikampek-Jakarta)		Arah B (Jakarta-Cikampek)	
	Jumlah	Proporsi (%)	Jumlah	Proporsi (%)
<i>LV</i>	18322	64,97	13859	57,55
<i>MHV</i>	6129	21,73	5725	23,77
<i>LT</i>	2574	9,13	3245	13,48
<i>LB</i>	1177	4,17	1252	5,20
Total	28202	100,00	24081	100,00

Tabel 5. komposisi kendaraan pada saat jam sibuk

Jenis Kendaraan	Sibuk Pagi (07.00-09.00)		Sibuk Siang (12.00-14.00)	
	Jumlah	Proporsi (%)	Jumlah	Proporsi (%)
<i>LV</i>	4015	58,02	3957	58,13
<i>MHV</i>	1632	23,58	1802	26,47
<i>LT</i>	903	13,05	823	12,09
<i>LB</i>	370	5,35	225	3,31
Total	6920	100,00	6807	100,00

Rata-rata waktu antara

Besarnya rata-rata waktu antara dihitung untuk keseluruhan lajur, interval waktu (jam sibuk pagi dan jam sibuk siang), dan arah (arah Jakarta-Cikampek dan arah Cikampek-Jakarta).

Hasil rata-rata waktu antara untuk masing-masing keadaan dan juga menurut komposisi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 6. Dalam tabel nampak besarnya waktu antara ditentukan menurut kombinasi kendaraan, dimana dalam studi ini digunakan 10 kombinasi.

Tabel 6. Rata-rata waktu antara

Kombinasi Waktu Antara	Seluruh Lajur	Arah A (Cikampek-Jakarta)	Arah B (Jakarta-Cikampek)	Jam Sibuk Pagi	Jam Sibuk Siang
	h (det)	h (det)	h (det)	h (det)	h (det)
LV-LV	2,28	2,22	2,36	1,96	2,26
MHV-MHV	4,09	4,05	4,14	3,65	3,73
LT-LT	6,21	5,88	6,44	5,37	6,18
LB-LB	3,20	3,40	2,99	2,49	2,92
LB-LV	2,83	2,81	2,85	2,59	2,68
LV-LB	3,10	3,07	3,12	2,51	3,04
MHV-LV	3,36	3,14	3,67	2,69	3,21
LV-MHV	3,79	3,41	4,36	2,95	3,53
LV-LT	5,97	5,14	6,76	5,33	5,47
LT-LV	4,51	4,13	4,88	3,91	3,93

Perhitungan nilai emp

Pada penelitian ini nilai emp juga dihitung berdasarkan beberapa keadaan, yaitu untuk keseluruhan lajur, waktu pengamatan (jam sibuk pagi dan jam sibuk siang), dan arah (Cikampek-Jakarta dan Jakarta-Cikampek). Hasil perhitungan nilai emp pada ruas jalan tol Jakarta-Cikampek ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan nilai emp

Kendaraan	Nilai emp Penelitian					
	Seluruh Lajur	Jam Sibuk Pagi	Jam Sibuk Siang	Arah Cikampek-Jakarta	Arah Jakarta-Cikampek	emp MKJI
LV	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0
MHV	2,06	1,88	1,90	1,92	2,25	1,3
LT	3,50	3,60	3,12	3,13	3,77	2,0
LB	1,59	1,59	1,53	1,64	1,52	1,5

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa nilai emp untuk *MHV*, *LT*, dan *LB* bervariasi pada setiap waktu pengamatan. Perbedaan nilai emp yang terjadi diduga karena adanya perbedaan volume lalu lintas dan komposisi kendaraan pada setiap waktu pengamatan. Nilai emp terbesar untuk *MHV* dan *LT* terjadi ketika nilai emp dihitung dengan menggunakan data waktu antara pada arah Jakarta-Cikampek. Nilai emp yang terbesar untuk *LB* adalah nilai yang dihitung dengan menggunakan data waktu antara pada arah Cikampek-Jakarta.

PEMBAHASAN

Secara keseluruhan, nilai emp yang diperoleh dari hasil penelitian ini lebih besar dari nilai emp yang tercantum dalam MKJI 1997. Peningkatan nilai tersebut diperkirakan karena keadaan kondisi arus lalu lintas pada tahun 1997 sudah jauh berbeda dengan keadaan arus lalu lintas saat ini. Perbedaan tersebut dapat meliputi keadaan geometrik jalan, jumlah kendaraan, karakteristik jalan, dimensi kendaraan dan lingkungan disekitar ruas jalan. Perbedaan karakteristik lalu lintas dan jalan saat MKJI 1997 disusun dan saat studi ini dilaksanakan diduga mempengaruhi nilai emp yang diperoleh.

Nilai ekivalensi mobil penumpang untuk jenis *MHV*, *LT* dan *LB* cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan nilai MKJI 1997. Semakin besar nilai ekivalensi mobil penumpang suatu jenis kendaraan dapat diartikan bahwa semakin besarnya pengaruh kendaraan tersebut pada aliran arus lalu lintas. Hal itu dapat menyebabkan menurunnya kecepatan dan kelincihan kendaraan tersebut untuk bergerak.

Nilai emp mempengaruhi besar kecilnya kapasitas suatu ruas jalan. Nilai emp yang semakin besar akan menurunkan kemampuan suatu ruas jalan untuk mengalirkan jumlah kendaraan per satuan waktu. Untuk mengetahui dampak dari peningkatan nilai emp terhadap kapasitas ruas jalan, maka nilai emp yang dihitung dalam studi ini diaplikasikan untuk menghitung nilai volume lalu lintas setiap lajur pada ruas jalan tol Jakarta-Cikampek. Hasil perhitungan selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai kapasitas berdasarkan MKJI 1997. Dalam studi ini diasumsikan bahwa volume lalu lintas pada ruas jalan bebas hambatan lebih bervariasi pada setiap jam-nya, maka volume yang diambil untuk mewakili setiap lajur adalah volume maksimum per jam pada setiap lajur tersebut. Volume maksimum per jam terpilih disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Volume per jam maksimum per lajur

Lajur	Volume Lalu lintas Maksimum (kend/jam)				Jumlah
	<i>LV</i>	<i>MHV</i>	<i>LT</i>	<i>LB</i>	
	kend/jam				
Lajur 1A	193	441	197	8	839
Lajur 2A	668	515	197	55	1435
Lajur 3A	1882	11	1	67	1961
Lajur 3B	1542	153	15	144	1854
Lajur 2B	234	469	284	83	1070
Lajur 1B	175	187	249	7	618

Setelah diperoleh volume maksimum yang mewakili setiap lajur, maka volume tersebut dikonversi menjadi smp/jam. Proses konversi dilakukan dengan cara mengalikan jumlah kendaraan dengan nilai emp setiap jenis kendaraan. Nilai emp yang digunakan adalah nilai emp hasil perhitungan dalam studi ini, yaitu $emp_{LV} = 1,00$, $emp_{MHV} = 2,06$, $emp_{LT} = 3,50$ dan $emp_{LB} = 1,59$. Hasil konversi arus lalu lintas dari kend/jam menjadi smp/jam dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Volume per jam maksimum per lajur

Lajur	Volume Lalu lintas Maksimum (smp/jam)				Jumlah
	<i>LV</i>	<i>MHV</i>	<i>LT</i>	<i>LB</i>	
	smp/jam				
Lajur 1A	193,00	907,07	688,75	12,72	1801,55
Lajur 2A	668,00	1059,28	688,75	87,45	2503,49
Lajur 3A	1882,00	22,63	3,50	106,53	2014,65
Lajur 3B	1542,00	314,70	52,44	228,96	2138,10
Lajur 2B	234,00	964,67	992,93	131,97	2323,56
Lajur 1B	175,00	384,63	870,56	11,13	1441,32

Dari hasil perhitungan volume lalu lintas dapat diketahui bahwa volume lalu lintas berbeda untuk setiap lajur. Volume lalu lintas tersebut menggambarkan kapasitas per lajur sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini. Volume per lajur ini selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas yang disarankan oleh MKJI 1997 untuk ruas jalan tol. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara volume lalu lintas saat ini dengan kapasitas per lajur pada jalan tol berdasarkan MKJI 1997. Perbandingan antara volume lalu lintas hasil penelitian dengan kapasitas per lajur pada jalan tol menurut MKJI 1997 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan kapasitas penelitian dengan kapasitas MKJI 1997

Lajur	Volume Lalu Lintas	Kapasitas (MKJI 1997)
	(smp/jam)	(smp/jam)
Lajur 1A	1801,55	2300,00
Lajur 2A	2503,49	2300,00
Lajur 3A	2014,65	2300,00
Lajur 3B	2138,10	2300,00
Lajur 2B	2323,56	2300,00
Lajur 1B	1441,32	2300,00

Kapasitas untuk jalan tol yang disarankan oleh MKJI 1997 adalah 2300 smp/jam per lajur. Dari Tabel 10 dapat diketahui kesesuaian antara volume per lajur hasil penelitian dengan kapasitas yang disarankan oleh MKJI 1997. Studi ini menunjukkan bahwa setiap lajur jalan tol ini memiliki besaran kapasitas yang berbeda. Secara umum dapat dinyatakan bahwa rentang kapasitas adalah antara 1800 hingga 2500 smp/jam. Variasi ini menunjukkan bahwa nilai kapasitas per lajur jalan tol sebesar 2300 smp/jam telah mengalami perubahan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan pada penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan. Nilai emp dalam studi ini dihasilkan dengan menggunakan data waktu antara pada ruas jalan tol Jakarta-Cikampek. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai emp cenderung berubah menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan nilai emp MKJI 1997. Hasil perhitungan menemukan bahwa nilai emp untuk jenis kendaraan berat menengah berkisar antara 1,88 - 2,25 untuk jenis kendaraan truk besar berkisar antara 3,12 - 3,77, dan untuk jenis kendaraan bus besar berkisar antara 1,52 - 1,64. Hasil perhitungan ini mendukung hipotesis yang ingin diuji dalam studi ini.

Nilai emp hasil penelitian selanjutnya diaplikasikan untuk menghitung volume lalu lintas pada setiap lajur di ruas jalan tol Jakarta-Cikampek. Hasil perhitungan ini akan digunakan untuk menjelaskan besaran kapasitas masing-

masing ruas jalan. Perhitungan menunjukkan bahwa ada variasi nilai volume pada lajur-lajur ruas jalan tol ini. Rentang nilai kapasitas adalah antara 1800 hingga 2500 smp/jam. Variasi kapasitas pada masing-masing ruas jalan tersebut menunjukkan bahwa kapasitas sebesar 2300 smp/jam/lajur telah mengalami perubahan.

Saran

Berdasarkan analisis, maka dapat disampaikan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut. Saran pertama yang dapat diberikan adalah diperlukannya penelitian nilai emp lebih lanjut dengan menggunakan metode yang berbeda. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa studi ini terbatas pada data waktu antara di jalan tol saja.

Saran lainnya adalah diperlukannya penelitian nilai emp pada berbagai ruas jalan tol dengan karakteristik arus lalu lintas yang berbeda dan karakteristik geometrik jalan yang beragam. Hal tersebut berguna agar menghasilkan nilai emp yang lebih lengkap untuk mewakili beragam keadaan di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Teknik Lalu lintas dan Lingkungan Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum yang telah menyediakan data untuk studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia, Departemen PU, Ditjen Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*, Jakarta: Ditjen Bina Marga.
- Ingle, Anthony. 2004. *Development of Passenger Car Equivalent for Basic Freeway Segments*. Thesis Master of Science. Virginia Polytechnic Institute.
- Iskandar, Hikmat. 2010. *Cara pemutakhiran Nilai ekuivalensi Mobil penumpang dan Kapasitas dasar ruas jalan luar kota (Updating of Car Equivalent and Basic Capacity for Inter urban Road)*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Krammas, R., dan Crowley, K., (1988). "Passenger Car Equivalents for Trucks on Level Freeway

- Segment". *Transportation Research Record* 1194, pp. 10-17
- Munawar, Ahmad. 2004. *Program Komputer Untuk analisis Lalu Lintas*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Prima, Gary Raya. 2014a. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Pada Ruas Jalan Tol Berdasarkan Data Waktu Antara, Tesis Magister Teknik Sipil. Universitas Katolik Parahyangan.
- Prima, Gary Raya. 2014b. "Model Distribusi Waktu Antara Pada Ruas Jalan Tol". *Jurnal Kokoh*, Universitas Pendidikan Indonesia, Vol. 12, No. 1, pp. 50-57.
- Salter, Richard J. 1974. *Highway Traffic Analysis and Design*. London: The Macmillan Press Ltd.
- _____. 1980. *Highway Traffic Analysis and Design*. London. The Macmillan Press Ltd.
- Seguin, E., Crowley, K., dan Zweig, W. 1982. *Passenger Car Equivalents on Urban Freeway*. Report DTFH61-80-C-00106. Washington, D.C.: FHWA.
- Werner, A., and Morrall, J. (1976). "Passenger Car Equivalencies of Trucks, Buses, and Recreational Vehicle for Two Lane Rural Highway", *Transportation Research Record Journal of Transportation Research Board* 615, 10-17.