



Estimasi Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang untuk Simpang Tak Bersinyal di Yogyakarta

*Ratnasari Ramlan¹, Ahmad Munawar², Muhammad Zudhy Irawan²

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako Palu

²Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

^{*)}ramlanratnasari@gmail.com

Received: 13 Desember 2020 Revised: 19 Januari 2023 Accepted: 20 Januari 2023

Abstract

Passenger Car Equivalent (PCE) is expected to be very accurate because it is very important in determining the capacity, degree of saturation, and handling of unsignalized intersections. Several methods have been used to estimate the PCE value, but based on the literature review, it is stated that the occupancy time method and the speed method are the most applicable for the unsignalized intersection conditions. This study aims to determine the most appropriate PCE value by comparing the occupancy time method and the speed method. To determine the most appropriate method in calculating the PCE of the unsignalized intersection, the calculation of the value of capacity and degree of saturation based on the method of speed and occupancy time is compared with the PCE value of MKJI. The result shows that the most suitable PCE value for unsigned intersections is the speed method. The recommended changes in the value of PCE are unmotorized vehicle PCE = 0.45, motorcycle PCE = 0.17, and large vehicle PCE = 2.2. Determining the correct PCE value is expected to provide accurate intersection performance results and determination of intersection problems.

Keywords: *PCE, speed, occupancy time, MKJI, unsignalized intersection*

Abstrak

Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) diharapkan sangat tepat karena sangat penting dalam menentukan kapasitas, derajat kejenuhan hingga penanganan simpang tak bersinyal. Banyak metode yang telah digunakan dalam estimasi nilai EMP, namun berdasarkan literatur review menyatakan bahwa metode occupancy time dan metode kecepatan yang paling sesuai dengan kondisi simpang tak bersinyal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai EMP yang paling tepat dengan membandingkan metode occupancy time dan metode speed. Untuk menentukan metode yang paling tepat dalam perhitungan EMP simpang tak bersinyal maka dilakukan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan berdasarkan metode speed dan occupancy time dan dibandingkan dengan nilai EMP MKJI. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai EMP yang paling sesuai bagi simpang tak bersinyal adalah metode speed. Perubahan nilai EMP yang dianjurkan adalah EMP kendaraan tak bermotor= 0,45, EMP sepeda motor= 0,17, dan EMP kendaraan besar= 2,2. Penentuan nilai EMP yang tepat diharapkan dapat memberikan hasil kinerja simpang dan penentuan masalah simpang yang akurat.

Kata kunci: *EMP, speed, occupancy time, MKJI, simpang tak bersinyal*

Pendahuluan

Telah lebih dari lima dasawarsa *Passenger Car Equivalent* (PCE) atau Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) sejak diperkenalkan pertama kali oleh *Highway Capacity Manual* (Highway Research Board, 1965) dan masih digunakan hingga saat ini. EMP diasumsikan sebagai suatu faktor konversi untuk menyetarakan berbagai tipe kendaraan yang beroperasi di suatu ruas jalan ke

dalam satu jenis kendaraan yakni mobil penumpang. Seiring dengan perkembangan karakteristik lalu lintas, estimasi nilai EMP terus mengalami perubahan. Awalnya di negara maju yang memiliki lalu lintas homogen, estimasi nilai EMP dapat dihitung berdasarkan pada beberapa metode di antaranya: *headway* (Ericksen, 1947), *density* (Huber, 1982), *speed* (Aerde & Yagar, 1984), karakteristik permukaan jalan (Aggarwal, 2011) dan *delay* (Craus *et al.*, 1980). Selanjutnya

beberapa peneliti di negara berkembang membuktikan bahwa metode EMP yang telah ada tersebut tidak sesuai jika diterapkan di negara berkembang (lalu lintas campuran) (Metkari, 2012). Akhirnya, terbentuklah beberapa metode EMP yang dapat digunakan pada lalu lintas campuran di antaranya *speed* (Chandra *et al.*, 1995; Tan *et al.*, 2018), *headway* (Mamun *et al.*, 2012), *influence area* (Paul & Sarkar, 2013), *density* (Tiwari *et al.*, 2000) dan model simulasi (Mehtar *et al.* 2014).

Indonesia sebagai negara berkembang dengan lalu lintas campuran dalam menilai EMP fasilitas jalan masih berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997). Manual ini terbentuk berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan pada beberapa fasilitas jalan di awal tahun 90-an. Hingga saat ini belum pernah dilakukan pembaruan terhadap parameter-parameter yang digunakan dalam menghitung kinerja fasilitas jalan termasuk perbaikan nilai EMP. Padahal selama kurun waktu dua dekade perkembangan karakteristik lalu lintas mengalami kemajuan yang pesat sehingga mengakibatkan terjadi perubahan signifikan pada pola mobilisasi dan karakteristik lalu lintas (Putranto & Setyarini, 2011) dan tentunya berpengaruh terhadap perubahan nilai EMP (Yulipriyono & Purwanto, 2011).

Sebagai contoh, nilai EMP untuk sepeda motor pada simpang tak bersinyal adalah 0,5 dengan asumsi bahwa dua sepeda motor dapat di setarakan dengan satu mobil. Peningkatan jumlah sepeda motor sekitar 91% dari tahun 1997 (BPS, 2019) tidak sebanding dengan peningkatan jumlah mobil, menyebabkan nilai EMP tersebut menjadi tidak relevan. Melihat permasalahan tersebut, maka diperlukan penelitian untuk mencari nilai EMP yang paling sesuai dengan kondisi simpang tak bersinyal saat ini.

Penelitian tentang estimasi nilai EMP untuk simpang tak bersinyal jarang dilakukan, karena tipe simpang ini dianggap memiliki volume lalu lintas yang rendah serta tidak berpengaruh terhadap kinerja jaringan jalan. Namun jika terjadi kesalahan dalam penentuan nilai EMP maka dapat mengakibatkan kesalahan perhitungan kapasitas simpang, sehingga penanganan kinerja simpang menjadi tidak tepat. Itulah sebabnya beberapa peneliti mencoba melakukan estimasi nilai EMP pada simpang tak bersinyal menggunakan beberapa metode. Di antaranya yaitu (Lee, 2015; Mohan & Chandra, 2018; Ahmad & Rostagi, 2017) melakukan estimasi nilai EMP menggunakan metode *headway*. Kelemahan metode ini adalah sulit untuk menghitung nilai *headway* pada kendaraan kecil yang bergerombol saat melintasi simpang tak bersinyal sehingga metode *headway*

sulit diterapkan di Indonesia.

Peneliti lain menggunakan metode *occupancy time* (Mohan & Chandra, 2017), mereka membuktikan bahwa metode *occupancy time* yang paling tepat diterapkan di simpang tak bersinyal di India dibandingkan metode *potential capacity* dan metode *queue clearance rate*. Demikian halnya dengan kondisi lalu lintas di Indonesia, tidak dapat menerapkan metode *potensial capacity* karena sulitnya menentukan *gap* kritis antar kendaraan (MKJI, 1997) akibat dari sikap pengemudi yang cenderung agresif. Metode *queue clearance*, juga memiliki keterbatasan yaitu tidak dapat diterapkan pada simpang yang memiliki volume lalu lintas rendah. Oleh karena itu penelitian ini sependapat dengan Mohan & Chandra (2017) yang telah menggunakan metode *occupancy time* untuk menghitung EMP pada simpang tak bersinyal.

Selain itu, metode *speed* dapat dijadikan metode tambahan dalam melakukan estimasi nilai EMP pada simpang tak bersinyal. Metode ini diukur berdasarkan perbedaan kecepatan rata-rata antara kendaraan di jalan mayor dan minor (Raj *et al.*, 2019). Dengan demikian penelitian ini menggunakan metode *occupancy time* dan metode *speed* dalam estimasi nilai EMP pada simpang tak bersinyal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi nilai EMP pada simpang tak bersinyal yang terjadi di Yogyakarta sebagai akibat perubahan kondisi lalu lintas dengan adanya penambahan secara signifikan jumlah kendaraan. Hasil akhir penelitian ini, diharapkan dapat memberikan masukan kepada penyelenggara jalan terhadap pembaruan nilai EMP yang terjadi pada simpang tak bersinyal. Sehingga penentuan kinerja simpang menjadi lebih akurat dan penanganan permasalahan yang sering terjadi pada simpang tak bersinyal dapat terukur dengan tepat.

Metode

Lokasi penelitian

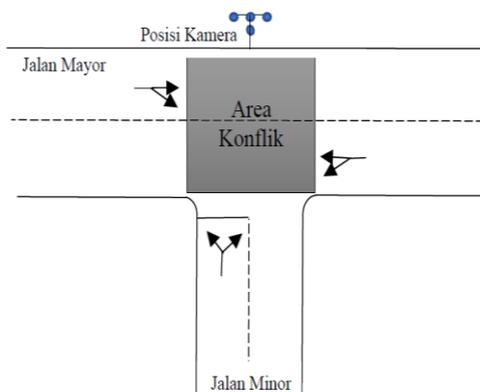
Lokasi penelitian terpilih 12 simpang tak bersinyal yang ada di Yogyakarta ditunjukkan pada Tabel 1. Simpang tersebut memiliki arus lalu lintas yang tinggi dan kurangnya hambatan samping yang terjadi. Tipe simpang yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe 322 (3 lengan, 2 lajur jalan minor dan 2 lajur jalan mayor). Dengan pertimbangan bahwa tipe simpang tak bersinyal lainnya (seperti 422, 424) saat ini telah jarang dijumpai pada kota-kota di Indonesia. Umumnya tipe 422 dan 424 telah dilengkapi dengan lampu lalu lintas atau diterapkan sistem satu arah.

Tabel 1. Lokasi penelitian

Lokasi persimpangan		Lebar jalan (m)		Karakteristik tata guna lahan
Jalan mayor	Jalan minor	Jalan mayor	Jalan minor	
Talun	Pepe	6	5	Komersial dan perumahan
K. Raden Santri	Ahmad Dahlan	4,2	3,8	Komersial dan perumahan
Magelang	Wonosari	12	6	Komersial
Monjali	Tirta Marta	7,7	4,5	Komersial dan perumahan
Godean	Nusa Indah	16	7,3	Komersial dan perumahan
Magelang KM 22	Radjiman	9,6	4,9	Komersial
Pleret	Situmulyo	5,2	5	Komersial dan perumahan
	Segoroyoso			
Pleret	Jejeran Pleret	6	4,9	Komersial dan perumahan
Bantul	Karangnongko	12	5	Komersial
Kusumanegara	Soepomo	12	5,7	Komersial
Katamso	M. Lor	15,7	7	Komersial
A.M Sangadji	Pakuningratan	9	5,7	Komersial

Pengumpulan dan ekstraksi data

Pengumpulan data lalu lintas dilakukan pada lokasi penelitian dengan merekam pergerakan kendaraan yang keluar dan masuk daerah konflik simpang (Gambar 1). Perekaman menggunakan 4 unit kamera CCTV jenis *Bullet IR* yang dihubungkan pada *receiver* kapasitas memori 4 TB.



Gambar 1. Layout daerah area konflik dan posisi kamera pada lokasi penelitian

Posisi kamera ditunjukkan pada Gambar 1 diletakkan pada daerah luar area konflik simpang. Kamera diletakkan pada tiang yang memiliki ketinggian $\pm 6 - 8$ m tergantung pada kondisi geometrik lokasi simpang. Keempat kamera memiliki sudut pandang yang berbeda yaitu kamera 1 merekam lalu lintas sisi kiri simpang, kamera 2 merekam lalu lintas sisi kanan simpang, kamera 3 merekam daerah area konflik simpang dan kamera 4 merekam lalu lintas di jalan minor.

Perekaman dilakukan selama 12 jam dimulai dari pukul 06.00 WIB berakhir pada pukul 18.00 WIB. Agar kamera dapat merekam selama jangka waktu tersebut maka kamera dihubungkan dengan aki

kering 12 V - 45 Ah. Setelah pengambilan data lalu lintas pada lokasi penelitian, selanjutnya dilakukan ekstraksi data yaitu merangkai 4 hasil rekaman video menjadi satu gambar, sehingga seluruh pergerakan kendaraan di simpang dapat terlihat dengan utuh.

Tampilan penggabungan hasil dari 4 kamera dapat dilihat pada Gambar 2 pada salah satu lokasi penelitian. Tahapan berikutnya adalah menghitung jam puncak kendaraan di lokasi penelitian. Jam puncak yang digunakan adalah jam puncak di pagi hari (06.30 WIB - 07.30 WIB) serta jam puncak sore hari (15.00 WIB - 16.00 WIB). Data jam puncak kendaraan inilah yang akan digunakan dalam estimasi nilai EMP pada simpang tak bersinyal.



Gambar 2. Tampilan layar gabungan 4 kamera (lokasi simpang A.M Sangadji-Pakuningratan)

Analisis data

Metode estimasi nilai EMP yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kecepatan (*speed*) dan metode *occupancy time*. Metode *speed* pada lalu lintas campuran dikembangkan oleh (Chandra *et al.*, 1995). Perkembangannya metode ini cocok diterapkan pada simpang tak bersinyal, karena

kecepatan kendaraan yang berasal dari jalan mayor berbeda dengan kendaraan dari jalan minor. Variasi kecepatan kendaraan pada jalan mayor dan minor dapat mempengaruhi lamanya kendaraan melintasi daerah konflik simpang, selain itu dimensi kendaraan juga berpengaruh terhadap kehandalan bermanuver. Dengan demikian pengaruh kecepatan dan dimensi kendaraan yang melewati daerah konflik simpang dapat mempengaruhi nilai EMP, pengaruhnya ditunjukkan pada Persamaan 1 berikut ini:

$$EMP_i = \frac{V_c/V_i}{A_c/A_i} \quad (1)$$

dimana V_c = kecepatan rata-rata kendaraan ringan (m/det), V_i = kecepatan rata-rata kendaraan tipe i (m/det), A_c = dimensi kendaraan ringan (m^2), dan A_i = dimensi kendaraan ringan tipe i (m^2).

Occupancy time diasumsikan sebagai waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk dapat melewati daerah konflik simpang, dihitung saat bagian depan kendaraan bertemu garis tepi dan berakhir saat bagian belakang kendaraan keluar dari daerah konflik simpang. Penelitian yang menggunakan *occupancy time* di antaranya (Mohan & Chandra, 2018; Sonu *et al.*, 2016; Sonu, 2017, dan Gorwadkar *et al.*, 2016). Persamaan pada metode ini ditunjukkan oleh persamaan 2 berikut ini.

$$EMP_i = \frac{OT_i}{OT_{cs}} \times \frac{W_i}{W_{cs}} \quad (2)$$

dimana, OT_i = rata-rata *occupancy time* untuk kendaraan tipe i (det), OT_{cs} = rata-rata *occupancy time* untuk kendaraan ringan (det), W_i = lebar kendaraan tipe i (m), dan W_{cs} = lebar kendaraan ringan (m)

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan lalu lintas menunjukkan bahwa terdapat enam jenis kendaraan yang ada di lokasi penelitian. Jenis dan dimensi kendaraan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Jenis dan dimensi kendaraan

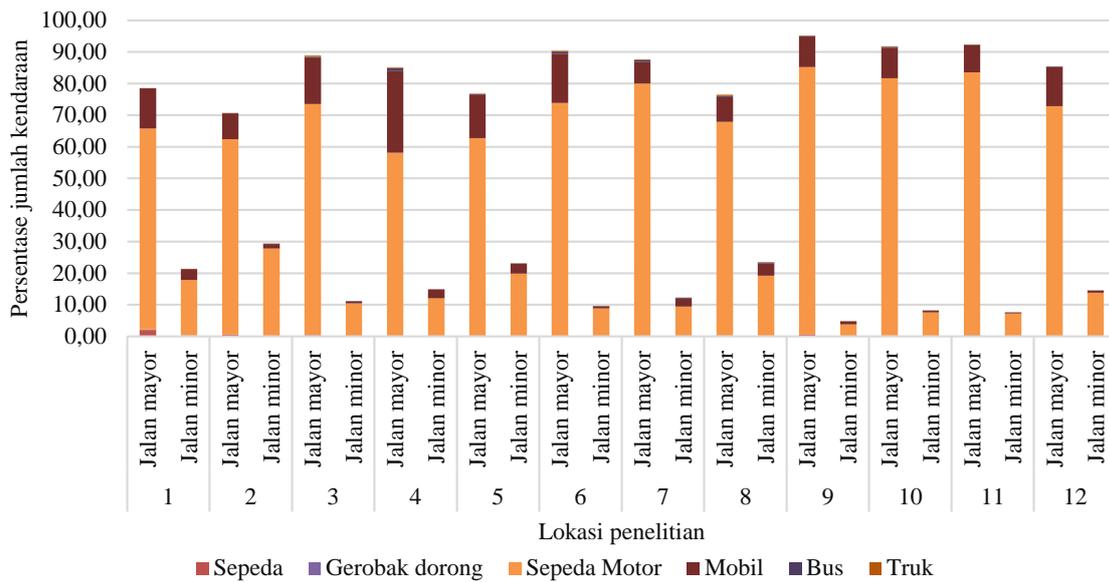
Jenis kendaraan	Panjang (m)	Lebar (m)	Dimensi kendaraan (m^2)
Sepeda	1,75	0,60	1,050
Gerobak dorong	2,10	0,80	1,680
Sepeda motor	1,60	0,80	1,280
Mobil penumpang	4,05	1,60	6,480
Bis	5,40	1,90	10,260
Truk	7,50	2,35	17,625



Gambar 3. Jenis kendaraan di lokasi penelitian

Keenam jenis kendaraan tersebut merupakan gambaran terhadap tipe kendaraan yaitu kendaraan tak bermotor (sepeda dan gerobak dorong), sepeda motor, kendaraan ringan (mobil penumpang) dan kendaraan berat (bis dan truk). Pada Tabel 2 dan Gambar 3 menunjukkan jenis kendaraan yang umumnya terdapat pada simpang tak bersinyal di lokasi penelitian. Selanjutnya untuk menghitung nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan tersebut dilakukan perhitungan persentase jumlah kendaraan berdasarkan jam puncak. Pada penelitian ini menggunakan 2 periode jam puncak yaitu jam puncak pagi hari dan sore hari. Jam puncak yang terpilih adalah jam puncak yang memberikan jumlah terbanyak saat rekapitulasi data lalu lintas. Dengan demikian tahapan selanjutnya menghitung persentase jumlah kendaraan pada tiap lokasi penelitian berdasarkan jam puncak terpilih. Persentasenya ditunjukkan pada Gambar 4 yang menunjukkan persentase jumlah kendaraan di lokasi penelitian.

Angka 1-12 merujuk pada lokasi penelitian yang penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 1. Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa jenis kendaraan terbanyak melewati simpang tak bersinyal adalah sepeda motor sebanyak >80% atau 7862 kend/jam untuk pergerakan jalan terus di jalan mayor, artinya setiap detik terdapat setidaknya 2 sepeda motor yang melalui simpang dengan kecepatan rata-rata yaitu 5,28 m/det. Hal ini memungkinkan terjadi, karena kemampuan sepeda motor untuk bergerombol terutama untuk jalan terus tanpa gerakan berbelok.

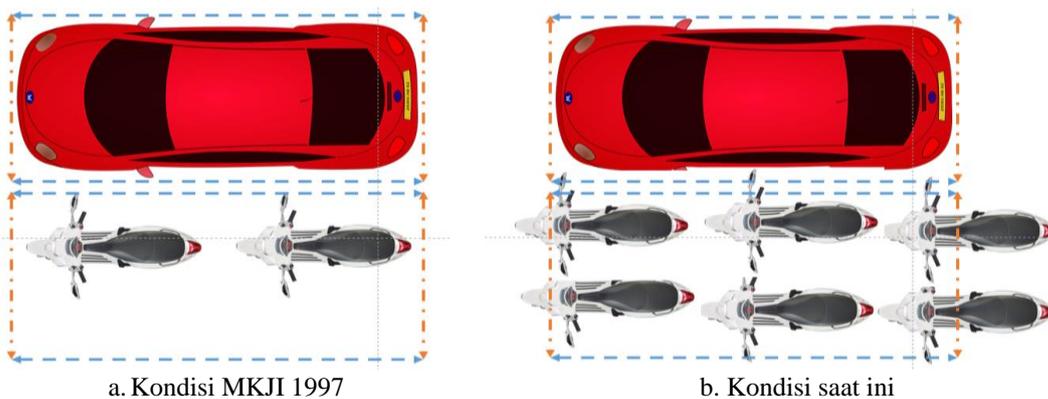


Gambar 4. Persentase jumlah kendaraan di lokasi penelitian

Persentase kendaraan besar pada simpang tak bersinyal sangat rendah, namun ada dua simpang yang memiliki persentase kendaraan besar (bis dan truk) yang tinggi yaitu simpang Magelang-Wonosari dan A.M-Sangadji. Kedua simpang ini terletak pada daerah strategis komersial sehingga wajar jika persentase kendaraan besarnya lebih tinggi dibandingkan simpang lainnya. Kecepatan rata-rata untuk kedua jenis kendaraan besar (bis dan truk) relatif sama yaitu maksimum 3,3 m/det untuk jalan terus dari jalan mayor. Kendaraan tak bermotor (sepeda dan kereta dorong) memiliki persentase yang kecil dibandingkan tipe kendaraan lainnya. Meskipun persentase kendaraan tak bermotor lebih sedikit dibandingkan jenis kendaraan lainnya, namun akibat kecepatan yang lambat (maks= 1,67 m/detik) dan ukuran kendaraan yang besar menyebabkan jenis kendaraan ini patut untuk diperhitungkan pengaruhnya terhadap nilai EMP. Peningkatan jumlah sepeda motor ini menunjukkan telah terjadi perubahan asumsi dari

nilai EMP, sebelumnya MKJI menyebutkan bahwa satu sepeda motor setara dengan setengah dari kendaraan ringan. Namun, dengan penambahan jumlah sepeda motor maka asumsi tersebut menjadi tidak tepat. Ilustrasi dari perbandingan nilai EMP sepeda motor dengan kendaraan ringan ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan informasi di atas selanjutnya dilakukan perhitungan nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan berdasarkan metode *speed* dan *occupancy time*. Semua jenis kendaraan dihitung nilai EMP dan rata-rata nilainya yang ditampilkan pada Tabel 3. Nilai minimum berarti angka terkecil dari hasil perhitungan EMP, demikian pula nilai maksimum merupakan angka terbesar dari hasil hitungan nilai EMP. Selain itu, nilai standar deviasi yang rendah berarti data hasil hitungan EMP tersebut mendekati nilai rata-rata, sedangkan nilai standar deviasi yang tinggi berarti hasil hitungan EMP tersebut menjauhi nilai rata-rata.



Sumber: Ramlan et al. (2021)

Gambar 5. Ilustrasi perbandingan nilai EMP sepeda motor menurut MKJI dengan kondisi saat ini

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai EMP berdasarkan metode *speed* dan *occupancy time*

Jenis kendaraan	Nilai EMP berdasarkan metode <i>speed</i>				Nilai EMP berdasarkan metode <i>Occupancy Time</i>			
	minimum	maksimum	mean	standar deviasi	minimum	maksimum	mean	standar deviasi
Sepeda	0,15	0,66	0,27	0,13	0,30	1,41	0,57	0,28
Gerobak dorong	0,40	1,26	0,62	0,27	0,47	2,23	0,90	0,44
Sepeda motor	0,11	0,20	0,17	0,02	0,40	1,88	0,76	0,37
Bis	1,13	2,44	1,59	0,36	0,95	4,46	1,79	0,88
Truk	1,95	3,95	2,74	0,55	1,17	5,52	2,22	1,09

Tabel 3 memberikan informasi mengenai hasil hitungan nilai EMP berdasarkan metode *speed* dan *occupancy time*. Setiap nilai EMP dimasukkan nilai minimum, maksimum dan nilai rata-rata (mean) untuk tiap jenis kendaraan. Untuk melihat kedekatan rata-rata nilai EMP dapat dilihat dari hasil hitungan standar deviasi yang dihasilkan.

Perhitungan selanjutnya yang dilakukan adalah mengambil rata-rata nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan. Untuk kendaraan sepeda dan gerobak dorong digabung kedalam kelompok kendaraan tak bermotor, demikian halnya bus dan truk digabung menjadi satu kelompok yaitu kendaraan berat. Hasil akhir dari perhitungan EMP dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini serta ditunjukkan pula nilai EMP MKJI 1997 sebagai pembanding

Tabel 4. Perbandingan nilai EMP

Jenis Kendaraan	Nilai EMP		
	Metode <i>speed</i>	Metode <i>occupancy time</i>	Metode MKJI 1997
Kendaraan tak bermotor	0,45	0,73	-
Sepeda motor	0,17	0,76	0,50
Kendaraan ringan	1	1	1
Kendaraan berat	2,17	2,01	1,3

Tabel 4 di atas menunjukkan perbedaan hasil perhitungan nilai EMP, di mana nilai EMP yang dihasilkan oleh metode *occupancy time* lebih tinggi dibandingkan dengan metode kecepatan. Perbedaan yang mencolok dari hasil estimasi nilai EMP adalah nilai EMP untuk sepeda motor. MKJI 1997 memberikan nilai 0,5 dengan asumsi bahwa pada saat penelitian yang dilakukan tahun 90-an dampak keberadaan sepeda motor dianggap setengah dari mobil. Namun dengan meningkatnya jumlah sepeda motor dan kemampuan menyalip di kendaraan lainnya sehingga wajarlah jika nilai EMP sepeda motor mengalami perubahan.

Tahapan terakhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan nilai EMP yang paling sesuai

diterapkan pada simpang tak bersinyal. Penentuan ini dilakukan dengan melihat perbandingan hasil hitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan (DS) dari tiap nilai EMP berdasarkan metode *speed*, *occupancy time* dan MKJI. Rumus yang digunakan menghitung kapasitas dan derajat kejenuhan simpang tak bersinyal mengacu pada MKJI 1997.

Hasil perbandingannya ditunjukkan pada Tabel 5 di bawah ini. Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Occupancy time* dan MKJI 1997 dapat memberikan sekitar 75% nilai derajat kejenuhan (DS) yang tinggi pada hampir semua lokasi simpang. Sedangkan menggunakan metode *speed* dapat memberikan nilai DS yang tinggi (>1) hanya berkisar 33%. Artinya menggunakan nilai EMP berdasarkan metode *speed* dapat memberikan nilai kinerja simpang yang lebih baik daripada metode *occupancy time* maupun menggunakan EMP MKJI.

Penyebab nilai DS menjadi tinggi (lebih dari 1) antara lain; metode *occupancy time* hanya memperhitungkan lebar kendaraan sementara kecepatan kendaraan sangat berpengaruh terhadap kinerja simpang, tingginya volume kendaraan di simpang tak bersinyal, dan persentase kendaraan belok kanan dan kiri tidak seimbang (contohnya simpang Magelang km 22-Radjiman) yang menyebabkan hasil hitungan kapasitas menjadi tidak tepat.

Dengan demikian, perbandingan antara ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa metode *speed* yang dapat memberikan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan (kinerja simpang) yang paling akurat. Sehingga disarankan menggunakan metode *speed* dalam menghitung EMP simpang tak bersinyal di Yogyakarta.

Hasil akhir pada penelitian ini adalah menyarankan perubahan nilai EMP pada simpang tak bersinyal yaitu EMP kendaraan tak bermotor= 0,45, EMP sepeda motor = 0,17, dan EMP kendaraan besar = 2,17. Nilai EMP untuk kendaraan ringan tetap 1. Nilai EMP ini merupakan hasil perhitungan berdasarkan metode *speed*.

Tabel 5. Perbandingan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan

Lokasi penelitian	Kapasitas			Derajat Kejenuhan (DS)		
	Metode	Metode	Metode	Metode	Metode	Metode
	<i>Occupancy time</i>	<i>speed</i>	MKJI 1997	<i>Occupancy time</i>	<i>speed</i>	MKJI 1997
Talun-Pepe	3280	3605	3281	0,51	0,16	0,34
Kyai Raden Santri-Ahmad Dahlan	2328	2432	2328	3,06*	0,89	2,02*
Magelang-Wonosari	1672	1936	1673	5,27*	1,81*	3,47*
Monjali-Tirta Marta	2033	2466	2035	2,40*	0,86	1,58*
Godean-Nusa Indah	5053	4486	5054	0,89	0,36	0,59
Magelang Km.22-Radjiman	629	573	482	13,50*	5,41*	11,63*
Pleret-Situmulyo Segoroyoso	3526	3041	3527	0,83	0,31	0,54
Pleret-Jejeran Pleret	2373	2654	2441	2,17*	0,67	1,36*
Bantul-Karangnongko	2578	2587	2578	2,54*	0,79	1,68*
Kusumanegara-Soepomo	2676	2769	2677	2,42*	0,74	1,59*
Katamso-Mantrigawen Lor	1511	1641	2835	5,55*	1,51*	1,95*
A.M Sangadji-Pakuningratan	815	921	816	11,82*	4,02*	7,77*

Keterangan: *= nilai DS>1

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian estimasi nilai EMP pada simpang tak bersinyal yang dilakukan di dua belas lokasi penelitian menggunakan metode *occupancy time* dan metode *speed*, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut: nilai EMP pada MKJI 1997 tidak sesuai lagi dengan kondisi lalu lintas di Indonesia, hingga perlu dilakukan perhitungan kembali. Nilai EMP untuk kendaraan tak bermotor tetap dihitung, karena kendaraan ini memiliki kecepatan yang rendah dan dimensi yang agak besar sehingga dapat mempengaruhi kinerja simpang. Perbandingan antara metode *occupancy time* dan metode *speed*, menunjukkan bahwa metode *speed* yang memberikan nilai terbaik sehingga kami menyarankan menggunakan metode ini untuk penentuan nilai EMP pada simpang tak bersinyal di Yogyakarta. Kami menyarankan perubahan nilai EMP pada simpang tak bersinyal yaitu EMP kendaraan tak bermotor= 0,45, EMP sepeda motor= 0,17, dan EMP kendaraan besar= 2,2. Penelitian ini hanya dibatasi pada simpang tak bersinyal tipe 322 karena sulitnya mencari tipe lainnya yang memenuhi kriteria sebagai lokasi penelitian. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan perhitungan EMP pada fasilitas jalan lainnya (seperti simpang bersinyal, ruas jalan dan bundaran) karena fasilitas jalan yang berbeda memiliki karakteristik lalu lintas yang berbeda pula sehingga kemungkinan nilai EMP yang berbeda dari simpang tak bersinyal.

Daftar Pustaka

Aerde, V. M., & Yagar, S. (1984). Capacity, speed, and platooning vehicle equivalents for two-lane rural highways. *Transportation Research Record*, 971, pp. 58–67.

Aggarwal, P. (2011). Passenger car unit value for trucks using fuzzy model. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 2, pp. 6-8).

Ahmad, A., & Rastogi, R. (2017). Regression model for entry capacity of a roundabout under mixed traffic condition-an Indian case study. *Transportation Letters*. 9 (5), pp. 243–257.

Arkatkar, S. S., & Arasan, V. T. (2010). Effect of gradient and its length on performance of vehicles under heterogeneous traffic conditions. *Journal of Transportation Engineering*, 136(12), 1120-1136.

BPS. (2019). accessed by: <http://www.bps.go.id/>. Jakarta, Republik Indonesia.

Chandra, S., Kumar, V., & Sikdar. P. K. (1995). Dynamic PCU and estimation of capacity of urban roads. *Indian Highways*, 23(4), 17–28.

Craus, J., Polus, A., & Grinberg, I. (1980). A revised method for the determination of passenger car equivalencies. *Transportation Research Part A: General*, 14(4), 241–246.

Gorwadkar, S., Gurav, P., Shah, C., Ranka, V., & Khan, A. (2016). Estimation of PCU values for midblock section and roundabout. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 4(4), 197–203.

Ericksen, E. L. (1947). Traffic performance at urban intersections. *Traffic Quarterly*, 1(3).

Highway Research Board (1965). *Highway capacity manual*. Washington, DC: Highway Research Board.

- Huber, M. J. (1982). Estimation of passenger-car equivalents of trucks in traffic stream. *Transportation Research Record*, 869, 60–70.
- Lee, C. (2015). Developing passenger-car equivalents for heavy vehicles in entry flow at roundabouts. *Journal of Transportation Engineering*, 141(8), 04015013.
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997, Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta. Indonesia
- Mamun, A. A., Mahmud, H. M. I., Afroz, M., Hossain, Q. S., & Kaiser, S. M. S. U. (2012). Estimation of Passenger Car Equivalent (EMP) of right-turning vehicles at signalized intersection in Dhaka Metropolitan City, Bangladesh. *Advances in Transportation Studies, an International Journal*, XXVI-April, 47-56.
- Mehar, A., Chandra, S., & Velmurugan, S. (2014). Passenger car units at different levels-of-service for capacity analysis of multilane divided highways. *Journal of Transportation Engineering*, 140(1), 81–88.
- Metkari, M., Budhkar, A.K., & Maurya, A.K. (2012). Review of passenger car equivalence studies in Indian context. *International Journal of Computer Applications*, 5, 19–23.
- Mohan, M., & Chandra, S. (2017). Queue clearance rate method for estimating passenger car equivalents at signalized intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 4(5), 487-495.
- Mohan, M., & Chandra, S. (2018). Three methods of PCU estimation at un-signalized intersections. *Transportation Letters*. 10 (2), 68–74.
- Paul, P. K., & Sarkar, P. K. (2013). Determination of dynamic PCUs of different types of passenger vehicles on urban roads: A case study, Delhi urban area. *Indian Highways New Delhi, India: Indian Roads Congress.*, 41(4), 37–47.
- Putranto, L. S., & Setyarini, N. L. P. S. E. (2011). Vehicle composition and lane distribution in multilane highways in Indonesian cities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 16, 374-381.
- Raj, P., Sivagnanasundaram, K., Asaithambi, G., & Ravi, S. A. U. (2019). Review of methods for estimation of passenger car unit values of vehicles. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 145(6), 04019019.
- Ramlan, R., Munawar, A., Irawan, M, Z., & Bastarianto, F, F. (2021). Updating Unsignalized Intersection Performance: A Case Study in Indonesian Cities. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 4524-4536.
- Sonu, M., Dhamaniya, A., Arkatkar, S., & Joshi, G. (2016). Time occupancy as measure of PCU at four legged roundabouts. *Transportation Letters*, 1–12.
- Sonu, M., Dhamaniya, A., Arkatkar, S. S., & Joshi, G. (2017). Roundabout capacity in heterogeneous traffic condition: Modification of HCM equation and calibration. *Transportation Research Procedia*, 27, 985–992.
- Tan, D. T., Tu, T. V., & Sano, K. (2018). Estimation of Motorcycle Equivalent Unit on Urban Street. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5(2), 243-255.
- Tiwari, G. E. E. T. A. M., Fazio, J. O. S. E. P. H., & Pavitravas, S. (2000). Passenger car units for heterogeneous traffic using a modified density method. In *Proceedings of fourth international symposium on highway capacity* (pp. 246-257).
- Yulipriyono, E. E., & Purwanto, D. (2011). Perubahan Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Akibat Perubahan Karakteristik Operasional Kendaraan di Jalan Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(1), 69-76.