

## Evaluasi Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) Berdasarkan Okupansi dan Komposisi Kendaraan pada Bundaran Tirosa Kota Kupang

Amy Wadu<sup>1,\*</sup>, Mateus Sodanango<sup>1</sup>, Obed Nenobais<sup>1</sup>, Ludofikus Dumin<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang, Kupang<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [awd.ub15@gmail.com](mailto:awd.ub15@gmail.com)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	26 Juni 2023	<i>The necessity to assess Passenger Car Equivalent (PCE) values based on vehicle occupancy and composition has arisen due to increasingly complicated traffic conditions. This study responds to the key issues in traffic performance assessment. The objective of this study is to determine whether this approach more accurate than the MKJI 1997 approach. Traffic performance was calculated with heavy vehicle (HV) and motorcycle (MC) PCEs based on occupancy time and vehicle composition data at the Kupang City roundabout. Data collection methods involved field observations and traffic analysis software. The results showed that the traffic performance evaluation based on vehicle occupancy and composition data resulted in a level of service of C. Meanwhile based on MKJI 1997, the level of service was obtained at level F. Therefore, this study shows that the approach using vehicle occupancy and composition is more accurate in assessing traffic performance in Kupang City. To assure an optimal utilization of road resources, this method should be used in traffic planning and management.</i>
Diperbaiki	07 September 2023	
Disetujui	27 Februari 2024	

Keywords: roundabouts, occupancy, composition, traffic, MKJI, PKJI.

### Abstrak

Kondisi lalu lintas yang semakin kompleks menimbulkan kebutuhan untuk mengevaluasi nilai ekuivalen mobil penumpang (EMP) dengan berdasarkan okupansi dan komposisi kendaraan. Penelitian ini merespon masalah pokok dalam penilaian kinerja lalu lintas dan tujuannya adalah untuk menentukan pendekatan ini lebih akurat daripada pendekatan pada MKJI 1997. Kinerja lalu lintas dihitung dengan EMP kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC) yang mengacu pada data waktu okupansi dan komposisi kendaraan di bundaran Kota Kupang. Metode pengumpulan data melibatkan pengamatan lapangan dan penggunaan perangkat lunak analisis lalu lintas. Hasil penelitian menunjukkan Evaluasi kinerja lalu lintas berdasarkan data okupansi dan komposisi kendaraan menghasilkan tingkat pelayanan C, sementara berdasarkan MKJI 1997, tingkat pelayanan diperoleh pada tingkat F. Oleh karena itu, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan yang menggunakan okupansi dan komposisi kendaraan lebih akurat dalam menilai kinerja lalu lintas di Kota Kupang. Direkomendasikan penggunaan metode ini dalam perencanaan dan manajemen lalu lintas untuk memastikan pemanfaatan optimal fasilitas jalan.

Kata kunci: bundaran, okupansi, komposisi, lalu lintas, MKJI, PKJI

### 1. Pendahuluan

Bundaran merupakan daerah jalinan majemuk yang mampu mengalirkan arus lalu lintas dengan volume rendah hingga medium. Pada kondisi arus lalu lintas dengan volume medium, bundaran lebih efektif dalam mengurangi tundaan lalu lintas bila dibandingkan dengan simpang tanpa APILL [1]. Pada umumnya, diberbagai negara, bundaran diaplikasikan sebagai alternatif simpang tanpa APILL pada arus lalu lintas campuran maupun homogen. Pada lalu lintas rendah, bundaran memberikan kapasitas yang lebih baik bila dibandingkan dengan simpang tanpa APILL [2]. Salah parameter yang sangat penting dalam menganalisis kinerja bundaran adalah Ekuivalen Mobil Penumpang (emp).

Emp digunakan untuk mengubah satuan kendaraan campuran menjadi satuan mobil penumpang yang setara dan untuk menganalisis kapasitas dan tingkat pelayanan jalan dan

persimpangan [3]. Kebanyakan pedoman bundaran menggunakan nilai konstan untuk emp tetapi nilai emp tunggal dapat mengakibatkan ketidaksesuaian dalam kondisi lalu lintas yang heterogen di lapangan. EMP harus bervariasi disesuaikan dengan kondisi lalu lintas dan jalan sehingga emp dapat diterapkan pada kondisi lalu lintas yang tidak jenuh. Dibandingkan dengan persimpangan sebidang lainnya, interaksi antara kinerja operasional lalu lintas campuran dan fitur geometrik di bundaran dapat menghasilkan dampak yang signifikan pada jalur kendaraan berat dan operasi lalu lintas karena sifat desain bundaran yang melengkung [4]. Bukti empiris menunjukkan bahwa struktur pola lalu lintas membuat kondisi operasional di jalan raya, jalan raya dan persimpangan jauh dari kondisi ideal seperti yang dijelaskan oleh Manual Kapasitas Jalan Raya [5][6]. Heterogenitas pengemudi, penggunaan, dan kendaraan yang berinteraksi satu sama lain dalam

lalu lintas berdampak pada tingkat kualitas operasional dan kondisi keselamatan entitas jalan [7][8]. Interaksi antar kendaraan yang memiliki berbagai ukuran, dan fitur statis dan dinamis juga dapat memengaruhi keakuratan penilaian dan aplikasi manajemen lalu lintas apa pun [9]. Pada dasarnya, interaksi antara pola lalu lintas, desain bundaran yang melengkung, heterogenitas pengemudi, kendaraan, dan fitur jalan dapat signifikan memengaruhi operasi lalu lintas dan keselamatan jalan. Inilah yang menjadi latar belakang penelitian tentang ini dilakukan di berbagai penjuru dunia

Pada penelitian yang dilakukan di Bundaran lambaro, Kabupaten Aceh besar, Nilai EMP yang diperoleh dari menggunakan metode waktu okupansi adalah 0,16 untuk sepeda motor (MC), 0,59 untuk becak motor (RS), 1,07 untuk mobil pick-up, 1,91 untuk kendaraan sedang (MV), dan 3,76 untuk kendaraan berat (HV) sedangkan untuk metode regresi linier adalah 0,20 untuk MC dan 2,18 untuk HV [10]. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan di Bundaran Joglo, Kota Solo, nilai emp dengan menggunakan metode Rasio Headway untuk sepeda motor adalah sebesar 0,44, sedangkan untuk HV sebesar 1,58. Nilai emp untuk MC dengan menggunakan metode analisis regresi linier adalah sebesar 0,17, dengan nilai koefisien korelasi diantara -0,6781 s/d -0,8216. Nilai EMP untuk HV sebesar 1,47, dengan nilai koefisien korelasi diantara -0,1146 s/d -0,5168 [11]. Pada penelitian yang dilakukan pada Bundaran Chomu House Circle Dan Chakka di India, faktor penyesuaian multiplikasi disarankan untuk digunakan pada persamaan HCM 2010 langsung di lapangan untuk memperkirakan arus masuk pada kondisi lalu lintas yang heterogen Selanjutnya, nilai rata-rata dari semua faktor penyesuaian, diamati sebagai 1,1, direkomendasikan sebagai faktor perkalian umum untuk estimasi kapasitas masuk di bawah skenario lalu lintas heterogen [2]. Secara keseluruhan, penelitian ini menghasilkan nilai EMP untuk tiap jenis kendaraan dengan menggunakan berbagai metode analisis di lokasi yang berbeda, yang akan menjadi acuan penting dalam pemahaman dan perencanaan lalu lintas

Hasil penelitian ini akan menghasilkan nilai emp yang cocok untuk merevisi kode pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 tentang Jalinan Majemuk, dan berguna untuk upaya tingkat nasional yang sedang berlangsung dalam mengembangkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia [12]. Dengan demikian, pembaruan MKJI penting untuk menjaga infrastruktur jalan yang efisien, aman, dan sesuai dengan perkembangan terkini dalam transportasi dan teknologi.

## 2. Metode

Pengambilan data pergerakan lalu lintas dilakukan dengan menggunakan rekaman video menggunakan drone DJI Mavic Air 2 di Bundaran Tiroso yang beralamat di Jl. Bund. PU No.1, Tuak Daun Merah, Kec. Oebobo, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur dengan asumsi hari Senin mewakili hari kerja, hari Sabtu mewakili *weekend*, dan hari Minggu mewakili hari dimana mayoritas masyarakat kota kupang melakukan aktivitas beribadah. Rincian pengambilan video sebagai berikut :

- Video 1 : Senin, 20 Februari 2023 Pukul 08.00 WITA
- Video 2 : Senin, 20 Februari 2023 Pukul 16.30 WITA
- Video 3 : Sabtu, 25 Februari 2023 Pukul 08.00 WITA
- Video 4 : Sabtu 25 Februari 2023 Pukul 16.30 WITA
- Video 5 : Minggu, 26 Februari 2023 Pukul 08.00 WITA
- Video 6 : Minggu 26 Februari 2023 Pukul 16.30 WITA

Data arus lalu lintas diperoleh dengan cara mengekstrak rekaman video untuk mendapatkan waktu okupansi dan komposisi kendaraan, yang kemudian akan digunakan untuk menganalisa kinerja bundaran.

Data okupansi bundaran diperoleh dari hasil pengamatan rekaman video di lapangan, di mana yang diamati waktu mulai dari ujung depan kendaraan memasuki wilayah bundaran sampai dengan ujung belakang kendaraan yang sama keluar dari daerah bundaran tersebut, dihitung dengan bantuan Stopwatch

Analisis waktu okupansi dilakukan untuk menentukan ekivalensi mobil penumpang, yaitu untuk mengukur nilai satuan mobil penumpang atau *Passenger Car Unit* (PCU), seperti pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [13] pada Bundaran berkaki empat di Aceh Besar berdasarkan data waktu hunian pada operasi lalu lintas kompleks. [2] [14] mendefinisikan pada metode ini, kendaraan tidak hanya diklasifikasikan sesuai tipenya, tetapi juga dikelompokkan berdasarkan jenis pergerakannya, dalam hal ini belok kiri, lurus, dan belok kanan. Nilai ekivalensi mobil penumpang menggunakan metode waktu okupansi kendaraan dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$PCU_i = \frac{T_i}{T_c} \times \frac{A_i}{A_c} \quad (1)$$

PCU<sub>i</sub> adalah nilai emp kendaraan i, T<sub>i</sub> adalah rata-rata waktu okupansi kendaraan i (s), T<sub>c</sub> adalah rata-rata waktu okupansi mobil penumpang standar (s), A<sub>i</sub> adalah proyeksi luasan kendaraan i (m<sup>2</sup>), A<sub>c</sub> proyeksi luasan mobil penumpang standar (m<sup>2</sup>).

Analisis komposisi kendaraan untuk mendapatkan nilai emp yaitu dengan menggunakan regresi linear ganda. Dalam regresi linear ganda ini, yang dijadikan sebagai variabel dependen (Y) adalah mobil penumpang dan sebagai variabel independen (X) adalah jenis kendaraan yang lain [15].

Setiap jenis kendaraan memiliki pengaruh masing-masing terhadap jenis kendaraan lainnya, oleh karena itu maka perhitungan menggunakan analisis regresi linier sederhana. Dengan bentuk umumnya pada persamaan 2 dan persamaan 3 [16] :

$$Y = b_0 + b_1 * x_1 \quad (2)$$

$$Y = b_0 + b_2 * x_2 \quad (3)$$

Y adalah jumlah kendaraan ringan (LV) pada periode m,  $b_0$  adalah Konstanta regresi,  $b_1$  adalah jumlah kendaraan berat (HV) pada periode m,  $b_2$  adalah jumlah sepeda motor (MC) pada periode m, dan  $x_1$  merupakan EMP kendaraan berat (HV) atau koefisien regresi, sedangkan  $x_2$  adalah Ekuivalensi

Mobil Penumpang sepeda (EMP) motor (MC) atau koefisien regresi

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### A. Kondisi Geometrik Bundaran

Data geometrik bundaran diperoleh langsung melalui pengukuran langsung di Bundaran Tiroso. Data yang diukur meliputi lebar lengan simpang, lebar jalinan, panjang jalinan, dan jari-jari bundaran. Sesuai arahan MKJI 1997, jika terdapat parkir di jalan, lebar lengan dikurangi 2 m. Hasil pengukuran kondisi geometrik Bundaran Tiroso dapat dilihat pada **Tabel 1** dan pada **Tabel 2** adalah dimensi kendaraan berdasarkan jenisnya di Indonesia.

**Tabel 1.** Geometrik Bundaran Tiroso

Lengan	A (Jalan Bund. PU)	B (Jalan Frans Seda)	C (Jalan Pulau Indah)	D (Jalan Piet A. Tallo)
Tipe	2/2UD	4/2D	2/2UD	4/2D
Lebar approach	7,30	6,00	6,60	6,00
Lebar Exit	8,20	8,20	9,20	8,20
Lebar Jalinan	14,17	17,30	17,30	12,00
Panjang Jalinan	25,40	28,40	17,00	46,00

**Tabel 2.** Dimensi Kendaraan Berdasarkan Jenisnya

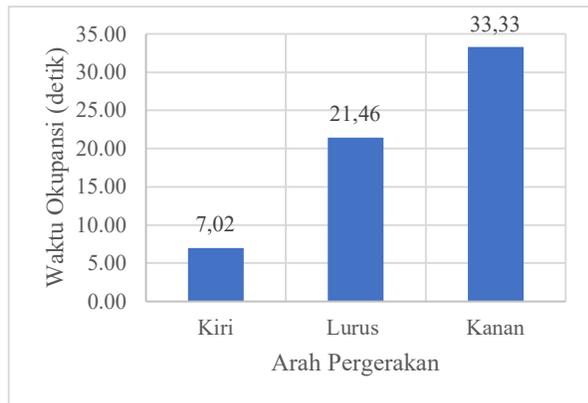
Jenis Kendaraan	Dimensi (m)		
	Lebar	Panjang	Luas
MC	0,68	1,92	1,31
LV	1,66	4,19	6,96
HV	2,43	8,52	20,70

#### B. Ekuivalensi Mobil Penumpang Berdasarkan Okupansi

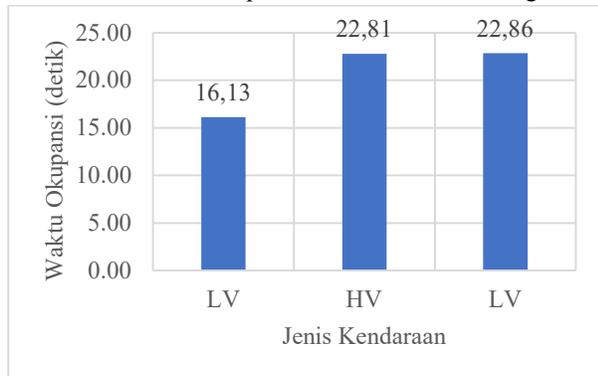
Waktu okupansi dihitung berdasarkan waktu kendaraan melintasi bundaran. Berdasarkan tipe pergerakannya waktu okupansi paling rendah adalah kendaraan dengan pergerakan belok kiri dengan 7,02 detik kemudian diikuti dengan pergerakan lurus 21,46 detik, dan paling lambat dengan waktu 33,33 detik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Berdasarkan jenis kendaraan, waktu okupansi paling rendah adalah jenis kendaraan sepeda motor (MC) dengan 16,13 detik, kemudian diikuti dengan kendaraan berat (HV) 22,81 detik dan jenis kendaraan ringan (LV) dengan 22,86 detik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Perhitungan emp jenis kendaraan dengan metode waktu okupansi dihitung berdasarkan Persamaan (1). Hasil perhitungan ditunjukkan pada **Gambar 3**.

**Gambar 3** menunjukkan bahwa nilai EMP untuk jenis kendaraan HV adalah 2,97 yang artinya 1 unit kendaraan HV bisa disetarakan dengan 2,97 unit kendaraan LV, sedangkan nilai EMP MC adalah 0,13 yang artinya 1 unit kendaraan MC bisa disetarakan dengan 0,13 unit kendaraan LV. Nilai EMP ini juga jika mengacu pada nilai EMP pada MKJI 1997, maka terdapat selisih 1,67 untuk nilai EMP HV dan terdapat selisih 0,37 untuk EMP MC. Hal ini didukung dengan penelitian [2] yang dilakukan perhitungan dengan metode okupansi dimana didapatkan hasil emp kendaraan berat pada bundaran Jaipur dan Thiruvananthapuram dengan nilai 4,02 dan 4,06, yang artinya nilai emp yang disajikan oleh MKJI jauh dibawah angka emp tersebut.



**Gambar 1.** Waktu Okupansi Berdasarkan Arah Pergerakan



**Gambar 2.** Waktu Okupansi Berdasarkan Jenis Kendaraan

### C. Komposisi Kendaraan

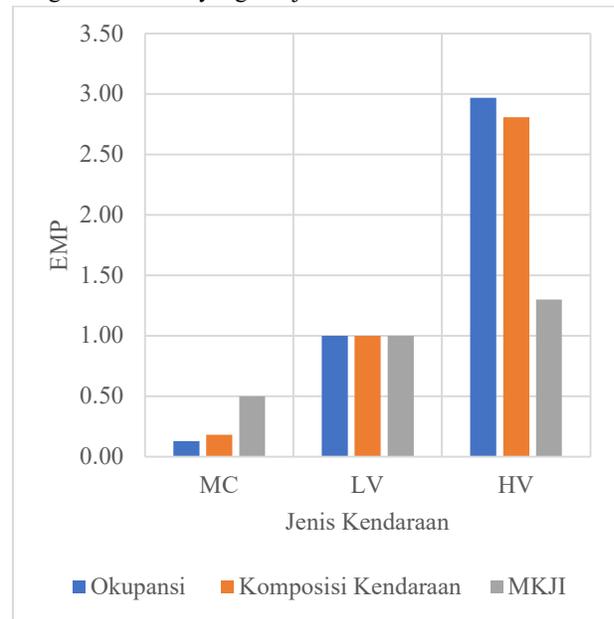
Pada **Tabel 3** menunjukkan persamaan regresi linear hubungan antara komposisi arus lalu lintas jenis kendaraan HV terhadap jenis kendaraan LV dan jenis kendaraan MC terhadap jenis kendaraan LV dari setiap sampel video.

**Tabel 3.** Persamaan Linier HV dan MC terhadap LV

Data	HV	MC
Video 1	$y = -3,2727x + 281,8$	$y = -0,2039x + 388,15$
Video 2	$y = -3,2672x + 307,63$	$y = -0,2553x + 408,28$
Video 3	$y = -2,5185x + 329,93$	$y = -0,2212x + 437,29$
Video 4	$y = -2,2273x + 281,55$	$y = -0,1591x + 317,82$
Video 5	$y = -3,2093x + 262,4$	$y = -0,1261x + 287,14$
Video 6	$y = -2,3684x + 272$	$y = -0,1326x + 319,71$

Nilai EMP untuk jenis kendaraan HV adalah 2,81, yang artinya jumlah 1 unit jenis kendaraan HV bisa disetarakan dengan 2,81 unit jenis kendaraan LV. Sedangkan EMP untuk jenis kendaraan MC adalah 0,18, yang artinya 1 unit jenis kendaraan MC bisa disetarakan dengan 0,18 unit jenis kendaraan LV. Nilai EMP ini juga jika mengacu pada nilai

EMP pada MKJI 1997, maka terdapat selisih 1,51 untuk nilai EMP HV dan terdapat selisih 0,32 untuk EMP MC. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**, nilai EMP berdasarkan metode komposisi kendaraan dan waktu okupansi tidak terdapat perbedaan besar, hal ini berbeda jika dibandingkan dengan nilai EMP yang disajikan oleh MKJI yang memiliki selisih yang lebih besar. Hal ini didukung dengan penelitian [17] di Kolkata yang didapatkan emp untuk MC 0,28 sedangkan EMP untuk LV didapatkan 2,7 yang berbeda dengan nilai EMP yang disajikan oleh MKJI 1997.



**Gambar 3.** Ekuivalen Mobil Penumpang Setiap Metode

### D. Kinerja Lalu Lintas Bundaran

Penilaian perilaku lalu lintas berdasarkan tingkat pelayanan menurut derajat kejenuhan hasil perhitungan EMP waktu okupansi, EMP komposisi kendaraan dan EMP MKJI 1997. Berdasarkan **Tabel 4**, derajat kejenuhan (DS) berdasarkan waktu okupansi mendapatkan nilai 0,74 dengan tundaan sebesar 11,1 detik per kendaraan yang berada pada tingkat pelayanan C. sedangkan derajat kejenuhan berdasarkan komposisi kendaraan mendapatkan nilai 0,79 dengan tundaan sebesar 12,6 detik per kendaraan dan berada pada tingkat pelayanan C. Tingkat pelayanan C disini berarti kondisi arus lalulintas masih dalam batas stabil, kecepatan operasi mulai dibatasi dan hambatan dari kendaraan lain semakin besar [18] [19]. Sedangkan derajat kejenuhan (DS) berdasarkan MKJI 1997 mendapatkan nilai 1,10 dengan tundaan sebesar 61,73 detik per kendaraan dan berada pada tingkat pelayanan F dengan arus lalulintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relatif rendah, arus lalu lintas

sering terhenti sehingga menimbulkan antrian kendaraan yang Panjang [18] [20]. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku lalu lintas berdasarkan perhitungan EMP waktu okupansi dan komposisi kendaraan dianggap lebih akurat dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan EMP MKJI 1997, karna berdasarkan **Gambar 5** menunjukkan arus lalu lintas masih stabil dan volume lalu lintas belum melebihi kapasitas bundaran. Sedangkan berdasarkan emp MKJI 1997 memiliki tingkat pelayanan F dengan karakteristik arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama [21][22]. Hal ini semakin dikuatkan dengan penelitiannya [23] [24] bahwa pendekatan mikroskopis terbukti sebagai alat yang berguna untuk mengevaluasi variasi kualitas lalu lintas dengan adanya komposisi kendaraan yang heterogen.

**Tabel 4.** Perilaku Lalu Lintas Bundaran

EMP	Derajat kejenuhan	Tundaan (detik/kendaraan)	Peluang antrian (%)
Waktu Okupansi	0,73	11,10	15-34
Komposisi Kendaraan	0,78	12,60	18-40
MKJI 1997	1,08	61,73	57-107



**Gambar 5.** Aerial View Kondisi Jam Puncak Bundaran Tiroso

#### 4. Simpulan

Berdasarkan Waktu Okupansi nilai Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP) untuk jenis kendaraan HV dan MC adalah 2,97 dan 0,13. Berdasarkan komposisi kendaraan nilai Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP) untuk jenis kendaraan HV dan MC adalah 2,81 dan 0,32. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai emp kendaraan berat (HV) berdasarkan waktu okupansi hanya selisih 0,16 sedangkan nilai emp untuk sepeda motor (MC) hanya selisih 0,19. Ini merupakan selisih paling kecil jika dibandingkan dengan emp berdasarkan

MKJI 1997. Kinerja lalu lintas berdasarkan okupansi dan komposisi kendaraan masuk dalam tingkat pelayanan C, sedangkan berdasarkan MKJI 1997 masuk dalam tingkat pelayanan F. Disesuaikan dengan kondisi lapangan maka, kinerja lalu lintas berdasarkan okupansi dan komposisi kendaraan lebih akurat bila dibandingkan dengan emp berdasarkan MKJI 1997. Oleh karena itu penggunaan MKJI 1997 sebagai panduan perhitungan kinerja lalu lintas di bundaran perlu di tinjau ulang.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. K. Patnaik, L. A. Agarwal, M. Panda, and P. K. Bhuyan, "Entry capacity modelling of signalized roundabouts under heterogeneous traffic conditions," *Transp. Lett.*, vol. 12, no. 2, 2020, doi: 10.1080/19427867.2018.1533160.
- [2] M. Sonu, A. Dhamaniya, S. Arkatkar, and G. Joshi, "Time occupancy as measure of PCU at four legged roundabouts," *Transp. Lett.*, 2016, doi: 10.1080/19427867.2016.1154685.
- [3] M. Sharma and S. Biswas, "Estimation of Passenger Car Unit on urban roads: A literature review," *International Journal of Transportation Science and Technology*, vol. 10, no. 3. 2021, doi: 10.1016/j.ijst.-2020.07.002.
- [4] O. Giuffrè, A. Granà, T. Giuffrè, M. L. Tumminello, and F. Acuto, "Passenger car equivalents for heavy vehicles at roundabouts. A synthesis review," *Frontiers in Built Environment*, vol. 5. 2019, doi: 10.3389/fbuil.2019.00080.
- [5] D. C. Washington, "HCM 2016 : Highway Capacity Manual," *Transp. Res. Board*, 2016.
- [6] P. Ryus, M. Vandehey, L. Eleftheriadou, R. Dowling G, and B. Ostrom K, "New TRB Publication: Highway Capacity Manual 2010," *TR News*, no. 273, 2011.
- [7] S. K. M. and A. Verma, "Review of Studies on Mixed Traffic Flow: Perspective of Developing Economies," *Transp. Dev. Econ.*, vol. 2, no. 1, 2016, doi: 10.1007/s40890-016-0010-0.
- [8] G. Asaithambi, H. S. Mourie, and R. Sivanandan, "Passenger car unit estimation at signalized intersection for non-lane based mixed traffic using microscopic simulation model," *Period. Polytech. Transp. Eng.*, vol. 45, no. 1, 2017, doi: 10.3311/PPtr.8986.
- [9] P. Raj, K. Sivagnanasundaram, G. Asaithambi, and A. U. Ravi Shankar, "Review of Methods for Estimation of Passenger Car Unit Values of Vehicles," *J. Transp. Eng. Part A Syst.*, vol. 145, no. 6, 2019, doi:

- 10.1061/jtepbs.0000234.
- [10] T. D. Rosadi, "Pergunakan Okupansi dan Komposisi Kendaraan untuk Menentukan Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) Pada Lalu Lintas Campuran Di Bundaran Empat Lengan," *TERAS J.*, vol. 9, no. 2, 2019, doi: 10.29103/tj.v9i2.191.
- [11] P. K. Utami, "Penentuan Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (Emp) Pada Bundaran ( Studi Kasus Bundaran Joglo )," Universitas Sebelas Maret, 2010.
- [12] PKJI, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia," *Pandu. Kapasitas Jalan Indones.*, 2014.
- [13] S. Sugiarto, F. Apriandy, R. Faisal, and S. M. Saleh, "Measuring Passenger Car Unit (PCU) at Four Legged Roundabout using Time Occupancy Data Collected from Drone," *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, 2018, doi: 10.13170/aijst.7.2.8587.
- [14] A. Ahmad and R. Rastogi, "An Approach to Deal with Heterogeneity on Roundabouts," *Int. J. Civ. Eng.*, vol. 15, no. 4, 2017, doi: 10.1007/s40999-017-0189-4.
- [15] Risdiyanto, *Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas : Teori dan Aplikasi*, no. January. 2014.
- [16] K. Tyagi, C. Rane, Harshvardhan, and M. Manry, "Regression analysis," in *Artificial Intelligence and Machine Learning for EDGE Computing*, 2022.
- [17] S. Mondal, S. Chakraborty, S. K. Roy, and A. Gupta, "Estimation of passenger car unit for heterogeneous traffic stream of urban arterials: case study of Kolkata," *Transp. Lett.*, 2017, doi: 10.1080/19427867.2017.1293313.
- [18] O. Z. Tamin, "Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi," in *ITB Press*, 2019.
- [19] A. Pandey and S. Biswas, "Assessment of Level of Service on urban roads: a revisit to past studies," *Adv. Transp. Stud.*, vol. 57, 2022, doi: 10.53136/97912218000674.
- [20] M. Manoj Kumar, S. Hari Prasanna Rao, B. Lalithya, P. Sai Bhargavi, and A. Pavan Kumar, "Level of service of roads in Vijayawada," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2, 2019, doi: 10.35940/ijrte.B2027.078219.
- [21] J. Raj and P. Vedagiri, "Modeling Level of Service of Urban Roads Based on Travelers' Perceptions," *Eur. Transp. - Trasp. Eur.*, no. 89, 2022, doi: 10.48295/ET.2022.89.1.
- [22] A. M. Ekasari, O. Odah, and V. Damayanti, "The impact of online transportation growth on the level of road services," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1469, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1469/1/012033.
- [23] O. Giuffrè, A. Granà, M. L. Tumminello, and A. Sferlazza, "Estimation of Passenger Car Equivalents for single-lane roundabouts using a microsimulation-based procedure," *Expert Syst. Appl.*, vol. 79, 2017, doi: 10.1016/j.eswa.2017.03.003.
- [24] A. Khan, A. Dhamaniya, and S. Arkatkar, "Effect of two-wheeler proportion on passenger car units at roundabout in Indian urban scenario," *Transp. Lett.*, 2021, doi: 10.1080/19427867.2021.1919455.