

Kajian Kinerja Bundaran pada Simpang Empat Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Empat Tak Bersinyal Tugu Alun-alun Purworejo)

Yipson Tiffany¹, Agung Nusantoro^{1,*}, Eko Riyanto¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹

Email: agungnusantoro@umpwr.ac.id

Abstrak. Simpang empat tak bersinyal tugu bagian barat alun-alun Purworejo yang terletak pada Jl. Mayjen Sutoyo tersebut, berada pada pusat kota dengan kondisi lingkungan sekitar simpang cukup ramai. Adanya bundaran dapat mengurangi tundaan (*delay*), karena kendaraan tidak harus berhenti total sebelum memasuki persimpangan. Tundaan pada bundaran bisa saja terjadi ketika arus lalu lintas pada setiap pendekatan tidak seimbang. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kinerja bundaran berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan menganalisis tingkat pelayanan bundaran pada simpang empat tak bersinyal tugu alun-alun Purworejo. Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode MKJI 1997. Pengumpulan data primer yaitu kondisi geometrik, kondisi lalu lintas sert kondisi lingkungan. Data sekunder diperoleh dari Dinas Pencatatan Sipil Kabupaten Purworejo berupa data jumlah penduduk Kabupaten Purworejo. Hasil analisis bundaran menunjukkan arus lalu lintas tertinggi yaitu terjadi pada hari Senin dengan jam puncak terjadi pada sore hari pukul 16.00 – 17.00 WIB dengan total kendaraan yang melintas yaitu sebesar 2.606,6 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada jalinan AB sebesar 0,52, jalinan BC sebesar 0,61, jalinan CD sebesar 0,07 dan pada jalinan AD sebesar 0,25. Tingkat pelayanan (Level of Service) pada bagian jalinan AB dan BC memperoleh nilai C dengan tingkat kejenuhan 0,45 – 0,74, bagian jalinan CD memperoleh nilai A dengan tingkat kejenuhan 0,00 – 0,20 dan pada bagian jalinan AD memperoleh nilai B dengan tingkat kejenuhan 0,21 – 0,44. Nilai tundaan rata-rata pada bundaran diperoleh sebesar 3,21 det/smp dan untuk peluang antian sebesar 9 sampai 20 persen pada bagian jalinan BC.

Kata Kunci : derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrian, MKJI 1997.

Abstrack. *The non-signalized intersection of Tugu, the western part of the Purworejo square, is located on Jl. Major General Sutoyo is located in the city center and the environment around the intersection is quite busy. The existence of a roundabout can reduce delays, because vehicles do not have to stop completely before entering the intersection. Delays at roundabouts can occur when the traffic flow at each approach is unbalanced. The aim of this research is to analyze the performance of roundabouts based on the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) and analyze the level of roundabout service at the unsignaled intersection of Tugu Alun-alun Purworejo. The data analysis method used in this research is the MKJI 1997 method. Primary data collection is geometric conditions, traffic conditions and environmental conditions. Secondary data was obtained from the Purworejo Regency Civil Registration Service in the form of data on the population of Purworejo Regency. The results of the roundabout analysis show that the highest traffic flow occurs on Mondays with peak hours occurring in the afternoon at 16.00 - 17.00 WIB with a total of 2,606.6 pcu/hour passing vehicles. The degree of saturation value for AB thread is 0.52, BC thread is 0.61, CD thread is 0.07 and AD thread is 0.25. The level of service (Level of Service) in the AB and BC link sections received a C value with a saturation level of 0.45 – 0.74, the CD link section received an A value with a saturation level of 0.00 – 0.20 and the AD link section received a score*

B with a saturation level of 0.21 – 0.44. The average delay value at the roundabout is 3.21 sec/pcu and for the anti-turn probability is 9 to 20 percent in the BC braid section.

Keyword : *degree of saturation, delays, queuing opportunities, MKJI 1997.*

1. Pendahuluan

Keberadaan bundaran pada persimpangan sangat berpengaruh terhadap pengaturan arus kendaraan. Adanya bundaran dapat mengurangi tundaan (delay), karena kendaraan tidak harus berhenti total sebelum memasuki persimpangan. Simpang empat tugu alun-alun Purworejo yang terletak pada Jl. Mayjen Sutoyo tersebut, berada pada pusat kota dengan kondisi lingkungan sekitar simpang cukup ramai. Simpang tersebut tidak dilengkapi dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) atau disebut juga simpang tak bersinyal, namun pada simpang ini telah dilengkapi dengan bundaran sebagai sitem pengatur arus lalu lintas. Tingginya volume lalu lintas yang melewati bundaran ini seringkali menyebabkan terjadinya kemacetan. Penumpukan kendaraan pada bagian jalinan bundaran tersebut sering terjadi pada pagi hari dan sore hari. Kajian untuk menilai kinerja suatu bundaran pada kondisi eksisting terhadap kondisi lingkungan sekitar saat ini perlu untuk dilakukan, sehingga dapat memberikan tindak lanjut penanganan apabila diperlukan.

Farida dan Rahman melakukan penelitian pada tahun 2021 dengan judul “Kinerja Simpang dan Upaya Penanganan pada Bundaran Simpang Lima di Kabupaten Garut”. Penelitian ini dilakukan pada Simpang Lima ruas Jl. Otto Iskandardinata, Jl. Terusan Pembangunan, Jl. Cimanuk, Jl. Pembangunan dan Jl. Patriot, Kabupaten Garut. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kinerja bundaran, mengetahui volume lalu lintas tertinggi serta memberikan solusi terhadap kemacetan yang terjadi pada Bundaran Simpang Lima Garut. Metode analisa data yang digunakan pada penelitian ini yaitu merujuk pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesi (PKJI) 2014. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Farida dan Rahman yaitu kinerja bundaran pada Bundaran Simpang Lima memiliki nilai kapasitas jalinan terbesar sebesar 124990 smp/jam yaitu pada jalinan CD (Jl. Cimanuk), dengan nilai tundaan rata-rata bundaran sebesar 5,5 det/smp, untuk volume tertinggi yaitu pada jalinan AB (Jl. Otista) sebesar 17687 smp/jam, sedangkan untuk derajat kejenuhan terbesar yaitu pada jalinan DE (Jl. Pembangunan) sebesar 0,77.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja bundaran pada simpang empat tak bersinyal tugu alun-alun Purworejo berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, selain itu menganalisis tingkat pelayanan bundaran pada simpang tak bersinyal tugu alun-alun Purworejo berdasarkan kondisi lalu lintas saat ini.

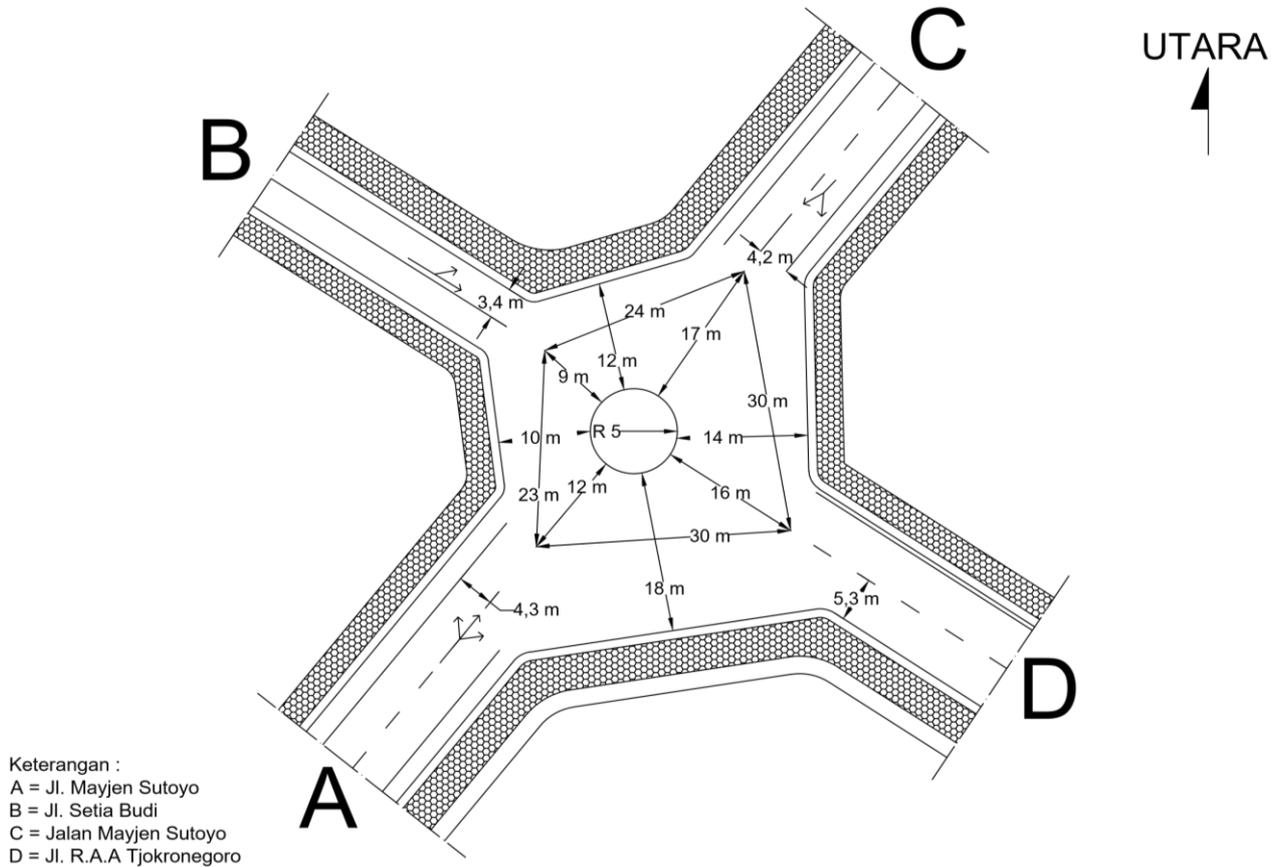
2. Metode Penelitian

Penulisan tugas akhir ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, sedangkan metode analisa data pada penelitian ini menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Data yang dibutuhkan untuk menganalisis kinerja bundaran berupa data kondisi geometrik bundaran, kondisi lalu lintas serta kondisi lingkungan sekitar bundaran. Berdasarkan data yang telah diperoleh, maka akan dilakukan analisis kinerja bundaran dengan tahap-tahap sebagai berikut.

2.1. Perhitungan Kapasitas

Melakukan perhitungan kapasitas dasar, dengan mengolah data masukan, menentukan faktor penyesuaian ukuran kota, menentukan faktor penyesuaian tipe lingkungan dan melakukan perhitungan kapasitas pada masing-masing jalinan. Tempat Penelitian ini akan dilakukan pada simpang empat tak bersinyal tugu bagian barat alun-alun Purworejo yang merupakan pertemuan ruas jalan dengan empat lengan diantaranya lengan Jl. Mayjen Sutoyo dari

arah selatan hingga utara tugu, lengan Jl. Dr. Setia Budi dari arah barat menuju tugu dan lengan Jl. RAA Tjokronegoro sebelah timur tugu, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian

Berikut langkah-langkah dalam melakukan perhitungan dan analisa data yang diperoleh dari hasil survei penelitian dilapangan sebagai berikut.

2.2. Perhitungan Prilaku Lalu Lintas

Melakukan perhitungan derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian pada jalinan bundaran setelah perhitungan kapasitas dilakukan.

2.3. Analisis Tingkat Pelayanan Bundaran

Melakukan analisa dan pembahasan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan merujuk pada metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

3. Hasil Penelitian

3.1. Data Kondisi Geometrik Bundaran

Data geometrik diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung yang dilakukan di lokasi penelitian. Data yang digunakan sebagai data masukan untuk analisis data yaitu Lebar pendekat (W), Lebar Jalinan (W_w), dan Panjang Jalinan (L_w). Hasil pengukuran dan perhitungan yang dilakukan dapat disampaikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Geometrik Bundaran

Nama Jalan	Lebar masuk (m)		Lebar Jalinan (m)	Panjang Jalinan (m)	Lebar Masuk Rata-rata (W_E)	Rasio Lebar/Panjang Jalinan
	W_1	W_2	W_W	L_W	$((W_1+W_2)/2)$	(W_W/L_W)
Jl. Mayjen Sutoyo (Selatan)	4,3	12	10	23	0,8150	0,4348
Jl. Setia Budi (Barat)	3,4	9	12	24	0,5167	0,5000
Jl. Mayjen Sutoyo (Utara)	4,2	17	14	30	0,7571	0,4667
Jl. R.A.A Tjokronegoro (Timur)	5,3	16	18	30	0,5917	0,6000

Sumber: data geometrik bundaran, 2023

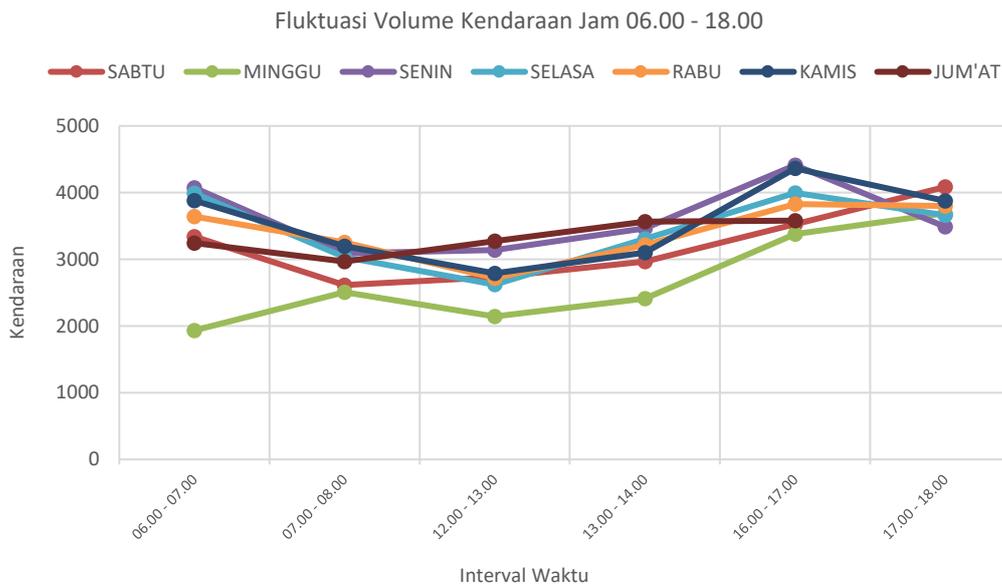
3.2. Data Kondisi Lalu Lintas

Berdasarkan hasil data survei volume lalu lintas yang dilakukan selama 7 hari, terhitung dari hari Sabtu 22 Juli 2023 hingga Jum'at 28 Juli 2023. Hasil survei volume kendaraan disajikan dalam bentuk grafik fluktuasi volume kendaraan pada Gambar 2. Dari hasil survei volume kendaraan diperoleh data komposisi lalu lintas yang digunakan untuk analisis kinerja bundaran. Volume kendaraan tertinggi terjadi pada hari Senin 24 Juli 2023 pada jam puncak sore hari pukul 16.00 – 17.00 WIB dengan jumlah kendaraan total mencapai 4.411 kend/jam, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Komposisi Lalu Lintas

Tipe Kendaraan	Senin, (16.00 – 17.00)							
	Volume Lalu Lintas (kend/jam)							
	A		B		C		TOTAL	
LT	ST	RT	LT	ST	LT	RT		
LV	24	335	236	32	40	9	11	687
HV	2	25	12	1	1	0	1	42
MC	267	1363	1360	273	142	69	160	3634
UM	1	3	23	11	0	2	8	48
TOTAL	294	1726	1631	317	183	80	180	4411

3.3. Kapasitas Dasar



Gambar 2. Fluktuasi Volume Kendaraan

Nilai kapasitas dasar (C_0) dipengaruhi oleh kondisi geometri dari bundaran. Adapun variabel-variabel masukan yang digunakan untuk menghitung kapasitas dasar adalah lebar jalinan (W_w), rasio lebar masuk rata-rata / lebar jalinan (W_E/W_w), rasio menjalin (P_w) dan rasio lebar / panjang jalinan (W_w/L_w). Berdasarkan Persamaan 1 nilai kapasitas dasar dapat diketahui sebagai berikut.

$$C_0 = 135 \times W_w^{1,3} \times \left(1 + \frac{W_E}{W_w}\right)^{1,5} \times \left(1 - \frac{P_w}{3}\right)^{0,5} \times \left(1 + \frac{W_w}{L_w}\right)^{-1,8} \quad (1)$$

$$C_0 = 2.693,6 \times 2,46 \times 0,84 \times 0,5221$$

$$= 2.906,04 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan di atas adalah nilai kapasitas pada bagian jalinan AB, untuk bagian jalinan berikutnya menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Faktor Lebar Jalinan (W_w), Lebar Masuk Rata-Rata/Lebar Jalinan (W_E/L_w), Rasio Lebar/Panjang (W_E/L_w) dan Faktor Rasio Menjalin (P_w)

Bagian Jalinan	Faktor W_w	Faktor W_E/W_w	Faktor P_w	Faktor W_w/L_w	Kapasitas Dasar (smp/jam) (C_0)
	$135 \times W_w^{1,3}$	$(1 + W_E/W_w)^{1,5}$	$(1 - P_w/3)^{0,5}$	$(1 + W_w/L_w)^{-1,8}$	
AB	2693,60	2,46	0,84	0,5221	2906,04
BC	3414,05	1,87	0,84	0,4820	2584,86
CD	4171,58	2,33	0,85	0,5019	4146,60
AD	5783,46	2,00	0,98	0,4300	4864,10

Sumber: hasil perhitungan

3.4. Kapasitas Bundaran

Kapasitas bundaran diperoleh dari perkalian antara kapasitas dasar dengan faktor penyesuaian. Kapasitas bagian jalinan masing-masing dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$C = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} \quad (2)$$

$$C = 2906,04 \times 0,94 \times 0,928$$

$$= 2.534,997 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan di atas adalah nilai kapasitas pada bagian jalinan AB, untuk bagian jalinan berikutnya menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kapasitas Bundaran

Bagian Jalinan	Kapasitas Dasar (smp/jam) (C_0)	Faktor Penyesuaian		Kapasitas Bundaran (C) (smp/jam)
		Ukuran kota (F_{CS})	Lingkungan jalan (F_{RSU})	
AB	2906,04	0,94	0,928	2534,997
BC	2584,86	0,94	0,908	2206,230
CD	4146,60	0,94	0,890	3469,046
AD	4864,10	0,94	0,916	4188,185

Sumber: hasil perhitungan

3.5. Derajat Kejenuhan

Nilai derajat kejenuhan (DS) adalah perbandingan antara arus masuk (Q) dengan kapasitas (C). Besarnya derajat kejenuhan dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.

$$DS = Q/C \quad (3)$$

$$= 1313,4/2534,997 = 0,52$$

Perhitungan di atas adalah nilai derajat kejenuhan pada bagian jalinan AB, untuk bagian jalinan berikutnya menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Derajat Kejenuhan

Bagian Jalinan	Arus Bagian Jalinan (Q) (smp/jam)	Kapasitas Bundaran (C) (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (DS)
AB	1313,4	2534,997	0,52
BC	1345,1	2206,230	0,61
CD	258,1	3469,046	0,07
AD	1054,9	4188,185	0,25

Sumber: hasil perhitungan

3.6. Tundaan

Tundaan lalu lintas pada bundaran terhadap kondisi lalu lintas saat ini dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Tundaan lalu lintas bagian jalinan (DT)

Dari hasil analisis diperoleh nilai derajat kejenuhan yang berbeda pada tiap bagian jalinan. Sesuai dengan rumus persamaan yang digunakan, karena nilai $DS \leq 0,6$ maka digunakan Persamaan 4.

$$\begin{aligned}
 DT &= 2 + 2,68982DS - (1 - DS) \times 2 && (4) \\
 &= 2 + 2,68982 \times 0,52 - (1 - 0,52) \times 2 \\
 &= 2,44 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas adalah nilai tundaan lalu lintas pada bagian jalinan AB, untuk bagian jalinan berikutnya menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Tundaan Lalu Lintas

Bagian Jalinan	Derajat Kejenuhan (DS)	Tundaan Lalu Lintas (DT)
AB	0,52	2,44
BC	0,61	2,86
CD	0,07	0,33
AD	0,25	1,17

Sumber: hasil perhitungan

b. Tundaan lalu lintas bundaran (DT)

Tundaan lalu lintas bundaran adalah tundaan rata-rata per kendaraan yang masuk kedalam bundaran, atau perbandingan antara tundaan lalu lintas bagian jalinan total dengan arus masuk kendaraan. Untuk perhitungan tundaan lalu lintas total (DT_{tot}) dapat dihitung menggunakan rumus Persamaan (5).

$$\begin{aligned}
 DT_{tot} &= \Sigma(QTOT \times DT) && (5) \\
 QTOT \times DT &= 1313,4 \times 2,44 \\
 &= 3204,70 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas adalah nilai $Q_{tot} \times DT$ pada bagian jalinan AB, untuk bagian jalinan berikutnya menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Tundaan Lalu Lintas Total

Bagian Jalinan	Arus Bagian Jalinan (<i>Q</i>) (smp/jam)	Tundaan Lalu Lintas (<i>DT</i>)	<i>QTOT x DT</i>
AB	1313,4	2,44	3204,696
BC	1345,1	2,86	3846,986
CD	258,1	0,33	85,173
AD	1054,9	1,17	1234,233
TOTAL			8371,09

Sumber: hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan pada Tabel 7 maka dapat dihitung Tundaan lalu lintas bundaran menggunakan Persamaan 6.

$$\begin{aligned}
 DT_{tot} &= \Sigma(Q_{TOT} \times DT) & (5) \\
 &= 3204,696 + 3846,986 + 85,173 + 1234,233 \\
 &= 8371,09 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$Q_{masuk} = 2606,60 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DT_R &= \frac{DT_{tot}}{Q_{masuk}} & (6) \\
 &= \frac{8371,09}{2606,60} \\
 &= 3,21 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

c. Tundaan bundaran (DR)

Tundaan bundaran adalah tundaan lalu lintas rata-rata perkendaraan masuk bundaran dengan menambahkan tundaan geometrik rata-rata (4 det/smp) pada tundaan lalu lintas. Perhitungan tundaan bundaran menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_R &= DT_R + \text{Tundaan Geometri rata-rata (4 det/smp)} & (7) \\
 D_R &= 3,21 + 4 \\
 &= 7,21 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

3.7. Peluang Antrian

Peluang antrian dihitung dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan kedua persamaan yaitu Persamaan 8 dan Persamaan 9.

$$\begin{aligned}
 QP \% &= 26,65DS - 55,55DS^2 + 108,57DS^3 & (8) \\
 &= 26,65 \times 0,52 - 55,55 \times 0,52^2 + 108,57 \times 0,52^3 \\
 &= 14 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 QP \% &= 9,42DS + 29,967DS^{4,619} & (9) \\
 &= 9,42 \times 0,52 + 29,967 \times 0,52^{4,619} \\
 &= 6 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas adalah nilai peluang antrian pada bagian jalinan AB, untuk bagian jalinan berikutnya menggunakan rumus yang sama dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Peluang Antrian

Bagian Jalinan	Derajat Kejenuhan (<i>DS</i>)	Peluang Antrian (<i>QP</i>) %
AB	0,52	6 - 14
BC	0,61	9 - 20

Bagian Jalinan	Derajat Kejenuhan (DS)	Peluang Antrian (QP) %
CD	0,07	1 - 2
AD	0,25	2 - 5

Sumber: hasil perhitungan

Peluang antrian bundaran merupakan nilai persen yang ditentukan dari nilai rata-rata tertinggi pada keempat bagian jalinan. Dari perhitungan peluang antrian jalinan didapat peluang antrian bundaran adalah 9 sampai 20 persen.

3.8. Tingkat Pelayanan

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja bundaran, diperoleh nilai derajat kejenuhan (DS) sebagai indikator untuk menentukan tingkat pelayanan. Hasil tingkat pelayanan pada setiap bagian jalinan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Tingkat Pelayanan

Bagian Jalinan	Derajat Kejenuhan (DS)	Peluang Antrian (QP) %
AB	0,52	6 - 14
BC	0,61	9 - 20
CD	0,07	1 - 2
AD	0,25	2 - 5

Sumber: hasil perhitungan

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Setelah dilakukannya analisis dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu pada bundaran simpang empat tak bersinyal tugu bagian barat alun-alun Kabupaten Purworejo adalah sebagai berikut.

- Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kinerja pada bundaran simpang empat tak bersinyal tugu bagian barat alun-alun Kabupaten Purworejo masih dalam kategori baik. Hal ini dilihat dari nilai derajat kejenuhan pada masing masing bagian jalinan masih memenuhi ketentuan ($< 0,85$).
- Tingkat pelayanan (*level of service*) pada bagian jalinan AB dan BC memperoleh nilai C, untuk bagian jalinan CD memperoleh nilai A, dan pada bagian jalinan AD memperoleh nilai B.

4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut.

- Pengukuran geometrik bundaran seharusnya diukur pada kondisi lebar efektif, agar diperoleh nilai kapasitas sesuai dengan kondisi terburuk di lapangan.
- Dapat menambahkan data nilai pertumbuhan kendaraan guna menganalisis kinerja bundaran untuk beberapa tahun mendatang.
- Dapat menganalisis dengan membandingkan dua metode yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dengan metode atau pedoman yang lain, seperti Pedoman Kinerja Jalan Indonesia (PKJI) 2014.

Daftar Pustaka

Arisandi, Y. (2016). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Di Kota Malang (Studi Kasus: Simpang Pada Ruas Jl. Basuki Rahmat Kota Malang). Jurnal Penelitian Transportasi Darat, Sekretariat Jurnal Penelitian Transportasi Darat, Jakarta.

- Disdukcapil.purworejokab.go.id.(2023). Jumlah penduduk kabupaten purworejo tahun 2022 mengalami pertumbuhan 0,26 persen menjadi 804.335 jiwa. Disdukcapil.purworejokab.go.id. Purworejo, Diakses 29 Juli 2023 dari <https://disdukcapil.purworejokab.go.id/2023/05/09/jumlah-penduduk-kabupaten-purworejo-tahun-2022-mengalami-pertumbuhan-062-persen-menjadi-804-335-jiwa/>
- Ekiciputra, M. S., Kadir, Y., & Desi, F. L. (2022). Analisis Kinerja Bundaran (Roundabout) Menggunakan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (Studi Kasus: Bundaran Saronde Kota Gorontalo). Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Farida, I., & Rahman, N. (2021). Kinerja Simpang dan Upaya Penanganan Pada Bundaran Simpang Lima di Kabupaten Garut. Jurnal Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Garut, Garut
- Hsb, M. Z., & Dahlan, E. (2022). Analisa Bundaran Tugu Keris Siginjau Kota Baru Jambi. Jurnal Talenta Sipil, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari. Jambi
- MKJI. (1997). *MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA*. Dirjen Bina Marga. Jakarta
- Musfirah, M., Idayani, I., & Mahdi, M. (2023). Evaluasi Simpang Empat Tak Bersinyal Berdasarkan Metode Pkji 2014 (Studi Kasus: Simpang Empat Geudong – Geudong Kec. Kota Juang Kab. Bireuen). Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas AL Muslim Bireuen Aceh. Aceh.
- Rimadhani, R., Rintawati, D., & Sari, C. (2021). Analisis Kinerja Bundaran Tak Ber-Apili (Studi Kasus: Bundaran Tugu Bambu Runcing Kota Bekasi) *Performance Analysis of Non-Apili Roundabout (Case Study: Tugu Bambu Runcing Roundabout, Bekasi City)*. Prosiding Seminar Intelektual Muda #7. ISBN 978-623-91368-5-7. Jakarta.