

Analisis Peningkatan Kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih

Muhammad Ichwan^{1*)}, Zainal Nur Arifin²⁾

^{1) 2)} Jurusan Teknik Sipil, Teknik Perencanaan Jalan dan Jembatan Konsentrasi Jalan Tol, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat, 16425; Email: muhammad.ichwan.ts18@mhs.wpnj.ac.id^{1*)}, zainal.nurarifin@sipil.pnj.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih, yang dimana pada saat ini penyelesaian dilakukan untuk meningkatkan kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih demi memperpendek antrean kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan observasi dan pengumpulan data primer dan sekunder. Maka didapatkan hasil penelitian ini dengan 4 jenis analisa yaitu banyak 1434 kendaraan/jam dengan kapasitas gardu tol maksimal sebesar 423 kendaraan/jam, waktu tundaan rata-rata kendaraan sebesar 112,31 detik, panjang antrean kendaraan yang terjadi yaitu sebesar 178,61 meter. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, panjang antrean kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih kondisi eksisting belum memenuhi standar pelayanan minimum jalan tol dengan intensitas lalu lintas berdasarkan perhitungan manual memiliki nilai lebih besar dari 1, dan kondisi panjang antrean rata-rata pada satu tahun yang akan datang berdasarkan hasil pendugaan lalu lintas dan analisis aplikasi perangkat lunak PTV VISSIM yaitu mengalami penurunan signifikan dengan kondisi eksisting, sehingga dapat diketahui bahwa dibutuhkan solusi penerapan sistem transaksi SLFF.

Kata kunci: Antrean Kendaraan, Gerbang Tol Cempaka Putih, Kapasitas Gerbang, Kuantitatif

Abstract

This research was conducted to determine the performance of the Cempaka Putih Toll Gate, which is currently being completed to improve the performance of the Cempaka Putih Toll Gate in order to shorten the queue of vehicles at the Cempaka Putih Toll Gate. This study uses quantitative methods by observing and collecting primary and secondary data. So the results of this study with 4 types of analysis, namely a lot of 1434 vehicles / hour with a maximum toll booth capacity of 423 vehicles / hour, the average vehicle delay time of 112.31 seconds, the length of the vehicle queue that occurs is 178.61 meters. Based on the results obtained, the queue length of vehicles at the Cempaka Putih Toll Gate, the existing condition does not meet the minimum service standards for toll roads with traffic intensity based on manual calculations having a value greater than 1, and the average queue length condition in the next years, based on the results of traffic estimation and analysis of the VISSIM PTV software application, experienced a significant decrease with existing conditions. So that it can be seen that a solution for implementing SLFF system needed.

Keywords: Cempaka Putih Toll Gate, Gate Capacity, Quantitative, Vehicle Queue



Copyright © 2022 The Author(s)
This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Jalan Tol bisa disebut juga prasarana transportasi yang sangat berperan penting pada sektor perhubungan transportasi darat dimana efisiensi distribusi barang dan jasa dapat memicu pertumbuhan ekonomi pada suatu daerah tertentu. Keselamatan, kelancaran, kecepatan, dan nyaman pengguna jalan tol merupakan indikator penting yang menjadi tolak ukur dalam standar pelayanan minimum jalan tol. Salah satu aspek yang perlu ditinjau dalam standar pelayanan minimum jalan tol

adalah kelancaran lalu lintas yang dialami pada jalan tol itu sendiri. Banyak permasalahan yang sering terjadi salah satunya pada pelayanan jalan tol ialah antrean transportasi kendaraan yang akan melakukan proses transaksi pada gerbang tol. Antrean kendaraan pada gerbang tol dapat menjulur dan memperlambat proses transaksi pada gerbang tol hingga jalan arteri seperti halnya yang terjadi di Gerbang Tol Cempaka Putih. Gerbang Tol Cempaka Putih yang terletak di wilayah Jakarta Pusat yang sangat padat ini dapat di akses oleh pengguna jalan dari Jalan Jend. Ahmad Yani dan Jalan

Pulo Mas Utara sehingga pada jam sibuk dengan lalu lintas yang ramai, antrean transportasi kendaraan sewaktu-waktu terjadi menjelang masuknya pada Gerbang Tol Cempaka Putih bagi pengguna jalan tol lingkaran dalam maupun lingkaran luar Jakarta ke arah selatan. Dalam sistem meningkatkan pelayanan transaksi pada gerbang tol dan membantu Gerakan Nasional Non Tunai (GNNT), saat ini sedang dilakukannya uji coba sistem Single Lane Free Flow (SLFF) untuk sistem transaksi di gerbang tol. Sistem SLFF itu sendiri bisa disebut tahapan menuju Multi Lane Free Flow (MLFF) menargetkan untuk diterapkan secara keseluruhan pada semua gerbang jalan tol di tahun 2023. Jasa Marga adalah salah satu BUJT yang menerapkan SLFF berlandaskan RFID pada beberapa ruas jalan tol yang dioperasikannya. Saat ini proses pengoperasian sistem SLFF yang dilakukannya Jasa Marga ditargetkan pada wilayah Jabodetabek dimana yang sebelumnya telah dilakukan uji coba pada ruas tol Sedyatmo dan Bali Mandara.

Sebagai sistem transaksi tanpa henti, SLFF diharapkan dapat memperpendek waktu pengguna jalan tol pada transaksi di gerbang tol itu sendiri sehingga antrean transportasi kendaraan yang akan melakukan proses transaksi pada gerbang tol dapat menipis. Hal ini diharapkan dapat direalisasikan pada Gerbang Tol Cempaka Putih, sehingga pengoperasiannya dapat memperpendek antrean memanjang dari kendaraan yang akan melakukan transaksi di Gerbang Tol Cempaka Putih. Agar mengetahui koefisiensi SLFF pada Gerbang Tol Cempaka Putih perlu dilakukan pemodelan dan analisis kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih.

Maka tujuan dari penelitian ini adalah Mengevaluasi kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih pada kondisi eksisting ditinjau dari arus kendaraan, panjang antrean rata-rata dan tundaan rata-rata, kemudian Menganalisis kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih jika dilakukan penambahan kapasitas gardu tol serta perubahan layout ditinjau dari arus kendaraan, panjang antrean rata-rata dan tundaan rata-rata. Dan Menganalisis penerapan sistem transaksi Single Lane Free Flow (SLFF) jika diimplementasikan pada Gerbang Tol Cempaka Putih ditinjau dari arus kendaraan, panjang antrean rata-rata dan tundaan rata-rata.

2. METODE

Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih, yang dimana pada saat ini penyelesaian dilakukan untuk meningkatkan kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih demi memperpendek antrean kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dimana awal penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi awalan agar mengetahui kondisi yang aktual dan sebenarnya. Sesudah itu dilakukannya studi literatur untuk mencari sumber tertulis yang relevan dan signifikan dengan permasalahan yang diteliti. Selanjutnya peneliti mengenali permasalahan, membatasi permasalahan, merumuskan permasalahan, dan menentukan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder, dimana data primer yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data volume lalu lintas, waktu pelayanan gardu tol, kecepatan kendaraan yang menuju gerbang tol Cempaka Putih dan untuk data sekunder meliputi berupa layout gerbang tol Cempaka Putih, volume kendaraan yang melintas masuk ke arah gerbang tol Cempaka Putih. Selanjutnya peneliti menganalisis data-data yang telah didapatkan sehingga memperoleh suatu kesimpulan berupa kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih pada kondisi eksisting dan kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih bilamana diimplementasikan Single Lane Free Flow System serta penyelesaian untuk memecahkan antrean yang memanjang pada gerbang tol Cempaka Putih tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Sekunder yang ditetapkan pada penelitian ini diperoleh dari Human Resources Division PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk dan Google Earth Pro. Data sekunder yang diperlukan pada penelitian ini melingkupi data berupa foto dan layout tampak atas Gerbang Tol Cempaka Putih, volume LHR Gerbang Tol Cempaka Putih Tahun 2017 – 2021, volume lalu lintas kendaraan per jam Gerbang Tol Cempaka Putih. Volume LHR Tahun 2017 – 2021 Gerbang Tol Cempaka Putih

Volume LHR Gerbang Tol Cempaka Putih ditetapkan untuk pendugaan lalu lintas, (Divisi Humas PT. CMNP, 2022) Berikut volume harian rata-rata.

Tabel 1. Rekapitulasi Volume Harian

Tahun	Total Volume Lalu Lintas Tahunan Kendaraan	Lalu Lintas Harian Rata-Rata Kendaraan
2017	5950427	16303
2018	5672308	15541
2019	6342165	17376
2020	6286079	17222
2021	4916008	13469

Volume Lalu Lintas Kendaraan Per Jam Gerbang Tol Cempaka Putih

Volume lalu lintas kendaraan perjam Gerbang Tol Cempaka Putih dipakai untuk menetapkan waktu pada survei langsung yang akan dikerjakan pada penelitian ini. Volume lalu lintas kendaraan per jam ditetapkan pada penelitian ini jatuh pada bulan April 2022, dimana penentuan waktu survei tersebut dilandasi oleh volume waktu puncak pada hari sibuk atau hari kerja selama bulan April 2022. (Divisi Humas PT. CMNP, 2022) Volume lalu lintas kendaraan perjam Gerbang Tol Cempaka Putih pada bulan April 2022.

Tabel 2. Rekapitulasi Volume Perjam

Tanggal	Jam	Volume	Tanggal	Jam	Volume
01/04/2022	18.00 – 19.00	1214	16/04/2022	17.00 – 18.00	1142
02/04/2022	17.00 - 18.00	1168	17/04/2022	17.00 - 18.00	1276
03/04/2022	17.00 - 18.00	1244	18/04/2022	17.00 - 18.00	1289
04/04/2022	16.00 - 17.00	1217	19/04/2022	17.00 - 18.00	1323
05/04/2022	18.00 - 19.00	1304	20/04/2022	14.00 - 15.00	1315
06/04/2022	11.00 - 12.00	1333	21/04/2022	16.00 - 17.00	1356
07/04/2022	16.00 - 17.00	1271	22/04/2022	17.00 - 18.00	1229
08/04/2022	17.00 - 18.00	1005	23/04/2022	18.00 - 19.00	1221
09/04/2022	18.00 - 19.00	1110	24/04/2022	17.00 - 18.00	1236
10/04/2022	17.00 - 18.00	1295	25/04/2022	17.00 - 18.00	728
11/04/2022	16.00 - 17.00	1344	26/04/2022	16.00 - 17.00	1015
12/04/2022	17.00 - 18.00	1308	27/04/2022	16.00 - 17.00	1260
13/04/2022	16.00 - 17.00	1297	28/04/2022	15.00 - 16.00	1198
14/04/2022	13.00 - 14.00	1311	29/04/2022	17.00 - 18.00	1251
15/04/2022	17.00 - 18.00	1335			

Data primer, Peneliti melakukan pengumpulan data survei langsung di lapangan untuk mendapatkan data primer, adapun data yang didapatkan berupa data lebar lajur pada gerbang tol, volume kendaraan, kecepatan kendaraan menuju Gerbang Tol Cempaka Putih, dan waktu pelayanan gardu pada gerbang tol tersebut. Volume Kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih, Pengumpulan volume lalu lintas kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih dikerjakan pada hari Kamis, 9 Juni 2022 pukul 16.00 – 19.00. Survei penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data volume dan komposisi golongan kendaraan yang melewati Gerbang Tol Cempaka Putih.

Waktu Tempuh Kendaraan yang Menuju Gerbang Tol Cempaka Putih

Survei pengumpulan data waktu tempuh kendaraan yang menuju Gerbang Tol Cempaka Putih dikerjakan pada hari Kamis, 9 Juni 2022, dimana kecepatan kendaraan didapatkan dari pengumpulan terhadap titik tolak ukur yang sudah ditetapkan sebelumnya yaitu 80 m atau sejauh jarak 3 (tiga) lampu PJU.

Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dibutuhkan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan sudah terkumpul secara menyeluruh. Data yang diuji ialah data waktu tempuh kendaraan dan data waktu pelayanan pada Gerbang Tol Cempaka Putih. Uji kecukupan data ini dihitung berlandaskan persamaan 2.8, dimana pada penelitian ini

ditetapkan tingkat keyakinan sebesar 99% dan tingkat ketelitian sebesar 10% untuk survei waktu tempuh kendaraan, adapun untuk survei waktu pelayanan gardu ditetapkan tingkat keyakinan 95% dan tingkat ketelitian 10%. Data dapat dikatakan cukup secara menyeluruh apabila jumlah data pengamatan lebih besar atau sama dengan jumlah teoritis hasil pengujian.

Analisis Data

Analisis dilakukan pada data volume dan komposisi kendaraan, waktu tempuh kendaraan, dan waktu pelayanan gardu pada Gerbang Tol Cempaka Putih. Analisis Volume dan komposisi kendaraan dilakukan berlandaskan data hasil survei volume kendaraan di Gerbang Tol Cempaka Putih yang terlampir pada lampiran 1 analisis volume dan

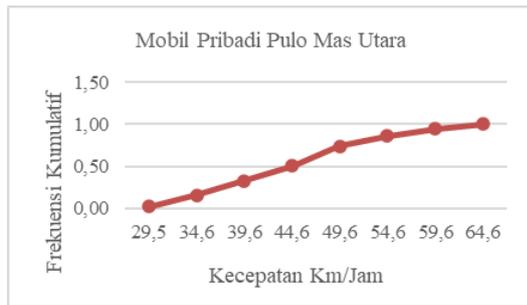
komposisi kendaraan dilakukan per satu jam untuk mendapatkan volume lalu lintas tertinggi. Dari hasil analisis didapat bahwasannya volume puncak kendaraan terjadi pada pukul 16.00 - 17.00 dengan proporsi mobil pribadi memiliki presentase komposisi lalu lintas tertinggi dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa jenis kendaraan mobil pribadi memiliki kecepatan rata-rata tertinggi dari kedua arah, yaitu Jalan Pulo Mas Utara dan Jalan Jend. Ahmad Yani yang menuju Gerbang Tol Cempaka Putih. Analisis distribusi kecepatan kendaraan dilakukan berdasarkan data kecepatan kendaraan, Analisis ini digunakan sebagai Input Desire Speed Distribution kendaraan pada perangkat lunak PTV VISSIM. Hasil analisis distribusi kecepatan kendaraan sebagai berikut.

Tabel 3. Kecepatan Mobil Pribadi (PMU)

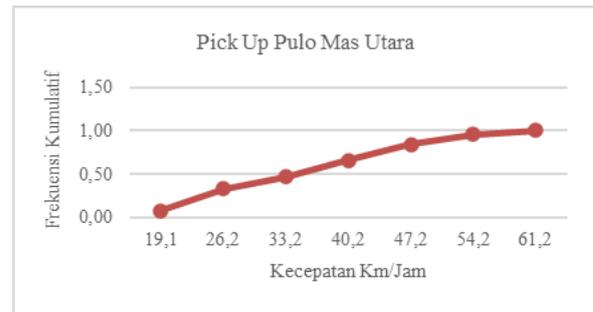
Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	27,0 - 32,0	29.5	3	0.03	0.03
2	32,1 - 37,0	34.6	15	0.14	0.16
3	37,1 - 42,0	39.6	19	0.17	0.33
4	41,1 - 47,0	44.6	19	0.17	0.50
5	47,1 - 52,0	49.6	26	0.23	0.74
6	52,1 - 57,0	54.6	14	0.13	0.86
7	57,1 - 62,0	59.6	9	0.08	0.95
8	62,1 - 67,0	64.6	6	0.05	1
Total			111	1	

Tabel 4. Kecepatan Pick Up (PMU)

Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	15,6 - 22,6	19.1	5	0.08	0.08
2	22,7 - 29,6	26.2	16	0.25	0.33
3	29,7 - 36,6	33.2	9	0.14	0.47
4	36,7 - 43,6	40.2	12	0.19	0.66
5	43,7 - 50,6	47.2	12	0.19	0.84
6	50,7 - 57,6	54.2	7	0.11	0.95
7	57,7 - 64,6	61.2	3	0.05	1
Total			64	1	



Gambar 1. Grafik Kecepatan Mobil Pribadi (PMU)



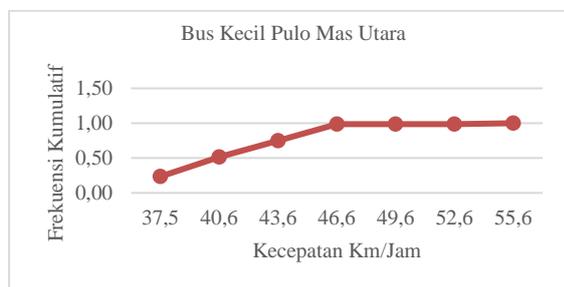
Gambar 2. Grafik Kecepatan Pick Up (PMU)

Tabel 5. Kecepatan Bus Kecil (PMU)

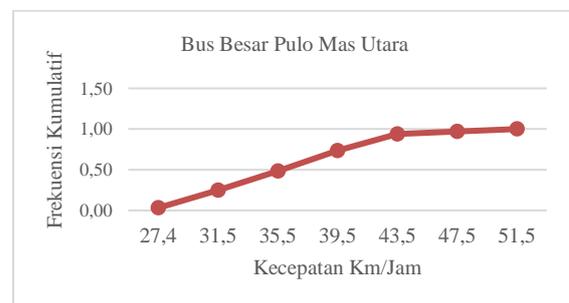
Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	36,0 - 39,0	37.5	15	0.23	0.23
2	39,1 - 42,0	40.6	18	0.28	0.52
3	42,1 - 45,0	43.6	15	0.23	0.75
4	45,1 - 48,0	46.6	15	0.23	0.98
5	48,1 - 51,0	49.6	0	0.00	0.98
6	51,1 - 54,0	52.6	0	0.00	0.98
7	54,1 - 57,0	55.6	1	0.02	1
Total			64	1	

Tabel 6. Kecepatan Bus Besar (PMU)

Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	25,4 - 29,4	27.4	2	0.03	0.03
2	29,5 - 33,4	31.5	14	0.22	0.25
3	33,5 - 37,4	35.5	15	0.23	0.48
4	37,5 - 41,4	39.5	16	0.25	0.73
5	41,5 - 45,4	43.5	13	0.20	0.94
6	45,5 - 49,4	47.5	2	0.03	0.97
7	49,5 - 53,4	51.5	2	0.03	1
Total			64	1	



Gambar 3. Grafik Kecepatan Bus Kecil (PMU)



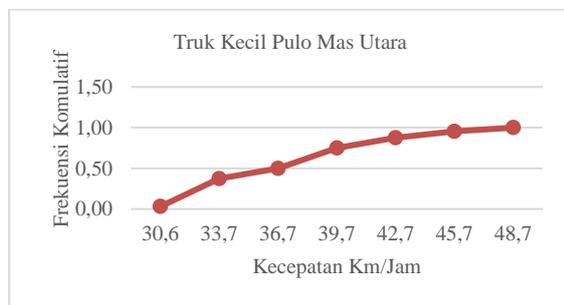
Gambar 4. Grafik Kecepatan Bus Besar (PMU)

Tabel 7. Kecepatan Truk Kecil (PMU)

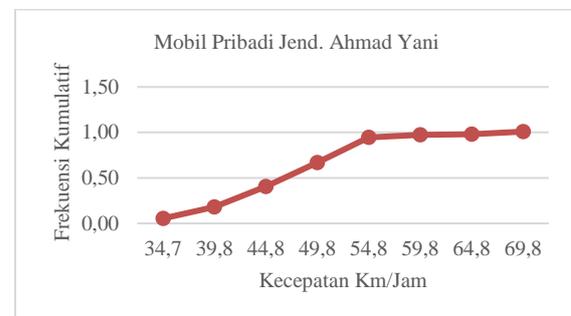
Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	29,1 - 32,1	30.6	2	0.03	0.03
2	32,2 - 35,1	33.7	22	0.34	0.38
3	35,2 - 38,1	36.7	8	0.13	0.50
4	38,2 - 41,1	39.7	16	0.25	0.75
5	41,2 - 44,1	42.7	8	0.13	0.88
6	44,2 - 47,1	45.7	5	0.08	0.95
7	47,2 - 50,1	48.7	3	0.05	1
Total			64	1	

Tabel 8. Kecepatan Mobil Pribadi (JAY)

Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	32,2 - 37,2	34.7	6	0.05	0.05
2	37,3 - 42,2	39.8	14	0.13	0.18
3	42,3 - 47,2	44.8	25	0.23	0.41
4	47,3 - 52,2	49.8	29	0.26	0.67
5	52,3 - 57,2	54.8	31	0.28	0.95
6	57,3 - 62,2	59.8	3	0.03	0.97
7	62,3 - 67,2	64.8	1	0.01	0.98
8	67,3 - 72,2	69.8	3	0.03	1
Total			112	1	



Gambar 5. Grafik Kecepatan Truk Kecil (PMU)



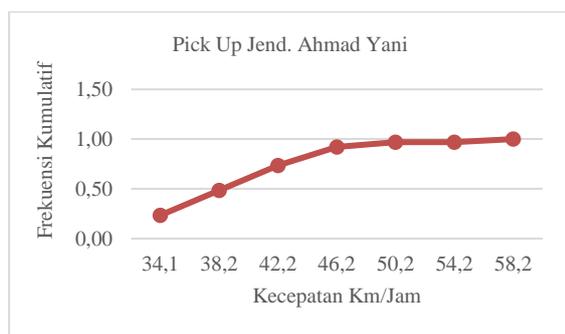
Gambar 6. Grafik Kecepatan Mobil Pribadi (JAY)

Tabel 9. Kecepatan Pick Up (JAY)

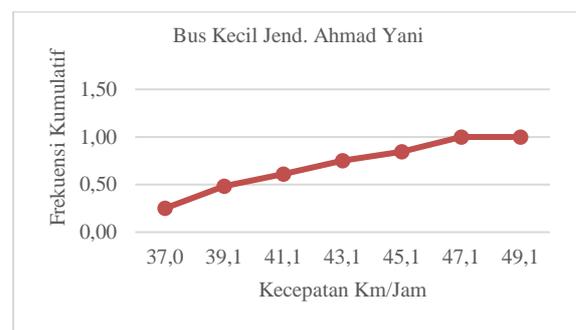
Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	32,1 - 36,1	34.1	15	0.23	0.23
2	36,2 - 40,1	38.2	16	0.25	0.48
3	40,2 - 44,1	42.2	16	0.25	0.73
4	44,2 - 48,1	46.2	12	0.19	0.92
5	48,2 - 52,1	50.2	3	0.05	0.97
6	52,2 - 56,1	54.2	0	0.00	0.97
7	56,2 - 60,1	58.2	2	0.03	1
Total			64	1	

Tabel 10. Kecepatan Bus Kecil (JAY)

Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	36,0 - 38,0	37.0	16	0.25	0.25
2	38,1 - 40,0	39.1	15	0.23	0.48
3	40,1 - 42,0	41.1	8	0.13	0.61
4	42,1 - 44,0	43.1	9	0.14	0.75
5	44,1 - 46,0	45.1	6	0.09	0.84
6	46,1 - 48,0	47.1	10	0.16	1
7	48,1 - 50,0	49.1	0	0.00	1
Total			64	1	



Gambar 7. Grafik Kecepatan Pick Up (JAY)



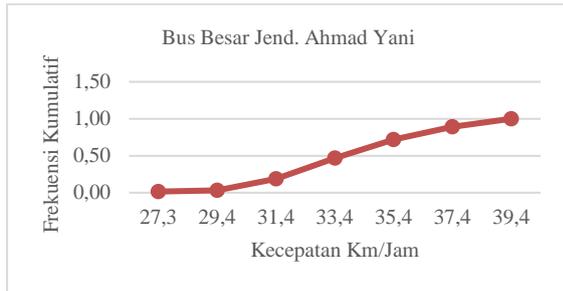
Gambar 8. Grafik Kecepatan Bus Kecil (JAY)

Tabel 11. Kecepatan Bus Besar (JAY)

Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	26,3 - 28,3	27.3	1	0.02	0.02
2	28,4 - 30,3	29.4	1	0.02	0.03
3	30,4 - 32,3	31.4	10	0.16	0.19
4	32,4 - 34,3	33.4	18	0.28	0.47
5	34,4 - 36,3	35.4	16	0.25	0.72
6	36,4 - 38,3	37.4	11	0.17	0.89
7	38,4 - 40,3	39.4	7	0.11	1
Total			64	1	

Tabel 12. Kecepatan Truk Kecil (JAY)

Kelas	Batas Kelas	Tanda Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif
1	32,2 - 34,2	33.2	22	0.34	0.34
2	34,3 - 36,2	35.3	14	0.22	0.56
3	36,3 - 38,2	37.3	12	0.19	0.75
4	38,3 - 40,2	39.3	11	0.17	0.92
5	40,3 - 42,2	41.3	5	0.08	1
6	42,3 - 44,2	43.3	0	0.00	1
7	44,3 - 46,2	45.3	0	0.00	1
Total			64	1	



Gambar 9. Grafik Kecepatan Bus Besar (JAY)



Gambar 10. Grafik Kecepatan Truk Kecil (JAY)

Analisis Waktu Pelayanan Gardu Tol

Analisis waktu pelayanan gardu tol berlandaskan data yang diperoleh dari survei Gerbang Tol Cempaka Putih, dari hasil analisis diperoleh data waktu transaksi, waktu pelayanan, dan kecepatan kendaraan.

Data waktu transaksi digunakan sebagai input waktu pada *Stop Sign*, sedangkan kecepatan kendaraan T1 dan T3 digunakan untuk input kecepatan pada *Reduce Speed Area* pada perangkat lunak PTV VISSIM.

Nilai yang dipakai sebagai indikator tolak ukur untuk kalibrasi trial and error pada penelitian ini adalah jumlah kendaraan per jam atau nilai arus kendaraan per jam yang merupakan hasil output dari *Data Collection Point* dengan mempertimbangkan standar geometri Bina Marga.

Tabel 13. Nilai Arus Kendaraan Trial and Error

Kondisi	Hasil <i>Trial</i> Kalibrasi	Validasi GEH	Kesimpulan
	Nilai Arus Kendaraan/Jam		
<i>Trial (De-fault)</i>	1281	5,12	Eror/Data Buruk
<i>Trial 2</i>	1330	3,77	Diterima
<i>Trial 3</i>	1354	3,11	Diterima
<i>Trial 4</i>	1409	1,63	Diterima
<i>Trial 5</i>	1421	1,31	Diterima

Berdasarkan hasil kalibrasi percobaan ke-5 mendekati kondisi sesungguhnya dilapangan.

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Alternatif Solusi

Tahun	Kondisi Saat Ini		Solusi			
			Penambahan Gardu		Penerapan Sistem SLFF	
	Antrean (m)	Tundaan (detik)	Antrean (m)	Tundaan (detik)	Antrean (m)	Tundaan (detik)
2022	178,61	112,31	97,89	111,04	58,66	51,65
2023	-	-	103,51	141,98	65,78	59,59
2024	-	-	109,33	208,96	78,25	71,90
2025	-	-	-	-	83,12	96,50
2026	-	-	-	-	91,79	120,03

Berdasarkan hasil keseluruhan alternatif solusi pada penerapan sistem SLFF mengalami penurunan yang signifikan antara variabel antrean rata-rata dan tundaan rata-rata.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, panjang antrean kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih kondisi eksisting belum memenuhi standar pelayanan minimum jalan

tol dengan intensitas lalu lintas berdasarkan perhitungan manual memiliki nilai lebih besar dari 1, dan Kondisi panjang antrean rata-rata pada satu tahun yang akan datang berdasarkan hasil pendugaan lalu lintas dan analisis aplikasi perangkat lunak PTV VISSIM yaitu mengalami penurunan signifikan dengan kondisi eksisting, Sehingga dapat diketahui bahwa dibutuhkan solusi penerapan sistem transaksi SLFF.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada pihak-pihak yang sudah membantu dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, D. (2021). Analisis Kinerja Gerbang Tol Kuningan 2. Skripsi, Departemen Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). RSNI T-14-2004 Geometri Jalan Perkotaan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budiharjo, A., & Margarani, S. R. (2019). KAJIAN PENERAPAN MULTI LANE FREE FLOW (MLFF) DI JALAN TOL INDONESIA. Program Studi Manajemen Keselamatan Transportasi Jalan Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (1997). Manual Kapasitas Jalan Tol (MKJI) No 3850/BM70225. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2009). Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009. Dalam Standar konstruksi dan bangunan Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Irawan, M. Z., & Putri, N. H. (2015). "Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)" dalam Jurnal Penelitian Transportasi Multi Moda. The 18th FSTPT International symposium. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2007). Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/2007 tentang Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi Dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol.
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Munawar, A., & Winnetou, I. A. (2015). Penggunaan Software Vissim untuk Evaluasi Hitungan MKJI 1997 Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (Studi Kasus: Jalan Affandi, Yogyakarta). The 18th FSTPT International Symposium. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Negoro, Y. S. (2018). Analisis Pengaruh Manajemen Kecepatan Terhadap Antrian Kendaraan Pada Exit Gerbang Tol Periode Liburan. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- PT Citra Marga Nusaphala Persada Tbk. (2015). Laporan Pemenuhan Standar Pelayanan Minimal (SPM). Jakarta.
- PT Jasa Marga Tbk. (2019). Sistem Pengumpulan Tol (Produk-Proses). Jakarta
- Romadhona, J. P., Ikhsan, N. T., & Prasetyo. (2019). Aplikasi Permodelan Lalu Lintas: PTV VISSIM 9.0 (Modeling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation). Yogyakarta: UII Press.
- Wulandari, W., & Widyastuti, H. (2019). Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Ruas Tol Prof Dr. Sedyatmo, Jakarta Utara. Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.