

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.id

Halaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Peluang Penggunaan Sistem *Single Lane Free Flow* (SLFF) Untuk Mereduksi Tundaan Pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama

Rista Septi Nurdiana ^a, Kusuma Refa Haratama ^b

^a Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^aristasepti.21010@mhs.unesa.ac.id, ^bkusumaharatama@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 15 Juli 2024

Revisi 18 Juli 2024

Diterima 15 Agustus 2024

Online 18 Agustus 2024

ABSTRAK

Single Lane Free Flow (SLFF) merupakan sistem pembayaran tol tanpa bersentuhan secara fisik (*nir sentuh*) pada tiap lajur atau per gardu. SLFF menggunakan alat ANPR untuk mendeteksi chip atau stiker RFID yang ditempelkan pada pelat nomor atau pada lampu kendaraan, sedangkan untuk mengidentifikasi golongan kendaraan menggunakan alat DSRC. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana cara kerja SLFF serta bagaimana dampaknya jika SLFF diimplementasikan pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis perhitungan waktu tundaan menggunakan data primer yang didapatkan dari hasil survey pada hari Minggu, 23 Juni 2024 pukul 15.00 – 17.00 WIB. Interpretasi data primer tersebut diolah menggunakan Ms. Excel yang mencakup volume lalu lintas serta waktu yang dibutuhkan saat melakukan transaksi tapping e-tol, perhitungan tersebut dilakukan untuk menemukan hasil komparasi antara waktu tundaan e-Toll dengan SLFF. Hasil analisis perhitungan waktu tundaan terbesar didapatkan pada pukul 16.00 – 17.00 untuk tapping e-tol adalah 158,04 detik/smp, sedangkan untuk SLFF adalah 0,672 detik/smp. Dari hasil pengolahan tersebut bisa dilihat bahwa SLFF jauh lebih cepat waktu tundaannya dibandingkan sistem transaksi menggunakan e-tol. Dengan dilakukannya perbandingan analisis perhitungan waktu tundaan, maka peluang penerapan SLFF diharapkan bisa terealisasi pada masa yang akan datang.

Kata kunci:

Jalan Tol

Gerbang Tol

SLFF

E-tol

Tundaan

Opportunities to Use the Single Lane Free Flow (SLFF) System to Reduce Delays at the Main Kejapanan Exit Toll Gate

ARTICLE INFO

Keywords:

Highway

Toll Gate

SLFF

e-Toll

Delay

ABSTRACT

Single Lane Free Flow (SLFF) is a toll payment system without physical contact (contactless) in each lane or per substation. SLFF uses the ANPR tool to detect RFID chips or stickers affixed to license plates or on vehicle lights, while to identify vehicle classes using the DSRC tool. The purpose of this study is to find out how SLFF works and how it will have an impact if SLFF is implemented at the Kejapanan Utama Exit

Style APA dalam menyitasi artikel ini:
 Nurdiana,R.S.& Haratama, K.R.(2024). : Peluang Penggunaan Sistem *Single Lane Free Flow* (SLFF) Untuk Mereduksi Tundaan Pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama.
 MITRANS:Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v2(n2) Halaman 190 - 199

Toll Gate. In this study, the delay time calculation analysis method was used using primary data obtained from the survey results on Sunday, June 23, 2024 at 15.00 – 17.00 WIB. The interpretation of the primary data was processed using Ms. Excel which included the volume of traffic and the time needed when making e-Toll tapping transactions, the calculation was carried out to find the results of the comparison between the e-Toll delay time and the SLFF. The results of the analysis of the calculation of the largest delay time were obtained at 16.00 – 17.00 for e-toll tapping is 158.04 seconds/junior high, while for SLFF it is 0.672 seconds/junior high. From the results of the processing, it can be seen that SLFF has a much faster delay time than the transaction system using e-toll. By conducting a comparative analysis of the calculation of delay time, the opportunity to implement SLFF is expected to be realized in the future.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Gerbang tol Kejapanan terletak di Kaumanbaru, Kec. Gempol, Pasuruan, Jawa Timur, yang dibangun pada tahun 2015. Pada tanggal 18 Mei 2015, ruas Kejapanan-Gempol sepanjang 3,55 kilometer mulai dibuka untuk penggunaan. Gerbang tol ini merupakan titik awal yang mengarah ke beberapa kota penting seperti Pandaan, Pasuruan, dan Malang. Gerbang tol Kejapanan merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Jawa yang menghubungkan anatara Merak dan Banyuwangi di Pulau Jawa. Jalan tol ini juga menjadi akses utama jalur Surabaya – Malang dan Surabaya – Pasuruan, yang merupakan salah satu daerah industri utama di Jawa Timur.

Gerbang tol mempunyai dua sistem, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Pada gerbang tol kejapanan sendiri termasuk ke dalam sistem tertutup yang dimana sistem transaksi tertutup pada jalan tol berarti pengendara harus melakukan pembayaran saat berada di gardu gerbang tol exit atau pintu keluar. Sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang merupakan Peraturan Pemerintah PU No. 392/PRT/M/2005 pada sub bab aksesibilitas bahwa untuk gardu tertutup harus tidak lebih dari 11 detik per kendaraan pada Gerbang Tol Exit.

Namun setelah melakukan survey dilapangan tundaan minimal di gerbang tol tergantung pada jenis sistem gardunya dan ketepatan saat melakukan tapping e-tol, selain itu jenis kartu e-tol juga mempengaruhi durasi kecepatan pada saat tapping, sedangkan pada gerbang tol Kejapanan menggunakan dua jenis gardu yaitu Gardu Tol Semi Otomatis (GSO) dan Gardu Tol Otomatis (GTO). Untuk GSO sendiri merupakan gardu yang dioperasikan oleh petugas yang ada di *control room*, sehingga akan ada kemungkinan keterlambatan dalam mengoperasikan gardu tersebut.

Sistem *Single Lane Free Flow* (SLFF) pada jalan tol adalah inovasi pembayaran yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan bagi pengguna. Berbeda dengan sistem konvensional, SLFF memungkinkan pengendara untuk membayar tol tanpa harus berkontak fisik atau tapping e-tol. Sehingga sistem SLFF ini bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi waktu tundaan dan juga panjang antrian kendaraan saat pengguna jalan tol sedang melakukan transaksi.

Oleh karena itu, penelitian ini disusun untuk mengetahui bahwa sistem SLFF bisa menjadi alternatif untuk mereduksi waktu tundaan dan juga panjang antrian kendaraan pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama yang saat ini masih menggunakan sistem tapping e-tol untuk transaksi di jalan tol.

2. Tinjauan Pustaka

Pembangunan di Indonesia menjadi hal yang menjadi sektor strategis. Salah satu program yang paling strategis adalah jalan tol. Jalan termasuk jalan nasional yang merupakan salah satu *part of network* jalan. Selain itu sebagai jalan nasional yang mengharuskan pengguna untuk membayar jasa tol. Jasa tol ini juga merupakan pendapatan yang dapat menunjang perekonomian (Setiamandani & Firdausi, 2024).

Gerbang Tol (*toll gate*), adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi para pemakai jalan tol yang terdiri dari beberapa buah gardu dan juga sarana kelengkapan lainnya. Ada dua jenis gerbang tol yaitu, Gerbang Tol Utama adalah gerbang tol terbesar yang memiliki kapasitas besar untuk

transaksi tol (memiliki jumlah lajur gardu tol banyak) yang terletak pada jalur utama. Sedangkan untuk Gerbang Tol Ramp, adalah gerbang tol yang terletak pada ramp, awal simpang susun atau jalan aksesnya (Universitas Siliwangi, 2020).

Gardu Tol Otomatis (GTO) adalah gardu tol khusus kendaraan kecil dengan tinggi maksimum 2,1 meter yang mekanisme pembayarannya secara otomatis menggunakan e-tol Card. Teknologi GTO dikembangkan untuk memberikan kemudahan, kenyamanan, dan kelancaran transaksi di gerbang tol sehingga akan meningkatkan pelayanan kepada pengguna. Modernisasi sistem pembayaran di gerbang tol ini diharapkan mampu mempercepat waktu transaksi sehingga menjadi solusi masalah antrian pada gerbang tol (Sufanir, 2017).

Hasil dari observasi di lapangan dan hasil wawancara karyawan JMTO bahwa selain GTO ada juga Gardu Semi Otomatis (GSO) yang dimana untuk penentuan golongan kendaraan dilakukan oleh petugas yang berada di *control room*, sehingga bias dilintasi oleh kendaraan golongan I – V maka tarif yang dikenakan akan disesuaikan dengan golongan kendaraan yang melintasi gardu tersebut.

Untuk gerbang terbuka tolok ukur kecepatan transaksi adalah ≤ 6 detik tiap kendaraan. Sedangkan untuk gerbang tertutup, tolok ukur kecepatan transaksi pada gardu masuk adalah ≤ 5 detik/kendaraan, dan untuk gardu keluar ≤ 9 detik/kendaraan. Tolok ukur jumlah antrian kendaraan adalah paling banyak 10 kendaraan per gardu tol pada kondisi normal (Suprayitno dkk., 2020).

Single Lane Free Flow (SLFF) adalah sistem pembayaran tol tanpa bersentuhan secara fisik dengan alat transaksi tol yang dibatasi oleh lajur. Menurut hasil penelitian dari (Lueanpech dkk., 2021) bahwa penerapan SLFF pada sistem tol telah mengurangi tundaan dan panjang antrian di gerbang tol. Teknologi seperti ini juga meningkatkan kapasitas gardu tol sehingga meningkatkan tingkat pelayanan gerbang tol. Hal yang menjadi perhatian jika menerapkan teknologi tersebut adalah pada sistem pendukungnya seperti sistem identifikasi pelanggaran tol, protokol penggantian biaya, dan program penegakan hukum.

Tundaan adalah waktu yang hilang akibat adanya gangguan lalu-lintas yang berada diluar kemampuan pengemudi untuk mengontrolnya. Tundaan terbagi atas dua jenis, yaitu tundaan tetap (*fixed delay*) dan tundaan operasional (*operational delay*) (pignatoro, 1973).

Antrian dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997, didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan data primer yang diolah menggunakan Microsoft Excel sebagai data base. Pengambilan data primer untuk menganalisis lamanya waktu tundaan pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama dan memproyeksikan data primer yang didapatkan untuk waktu transaksi SLFF, sehingga bisa melihat perbedaan waktu tundaan antara *tapping e-Toll* dengan SLFF.

Persamaan rumus untuk mengetahui total waktu tundaan langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut:

Waktu tundaan rata-rata menunggu dilayani:

$$d = \frac{1}{383 - \left(\frac{268}{1}\right)} \times 3600 \quad (1)$$

Waktu tundaan rata-rata

$$w = \frac{\left(\frac{\lambda}{S}\right)}{\mu\left(\mu - \left(\frac{\lambda}{S}\right)\right)} \times 3600 \quad (2)$$

$$\text{Total Waktu Tundaan} = d + w \quad (3)$$

3.1 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

a. Data Sekunder

Data laporan peak hours merupakan data dari pihak perusahaan PT Jasamarga Tollroad Operator (JMTO) Ruas Surabaya – Gempol pada divisi *Transaction & Environment* yang merupakan data laporan bulanan. Pada data tersebut mencakup volume lalu lintas per

bulan untuk seluruh gerbang yang ada di Ruas Surabaya – Gempol. Pada data sekunder tersebut, peneliti hanya menganalisis lalu dijadikan sebagai acuan untuk mengambil data primer. Setelah melakukan analisis bisa disimpulkan, bahwa untuk Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama volume lalu lintas kendaraan untuk jam sibuknya terjadi pada pukul 14.00 s/d 18.00 WIB di hari Minggu. Hal tersebut karena orang-orang yang sedang berlibur ke Malang akan kembali menuju ke Surabaya pada hari dan dalam rentang waktu 14.00 s/d 18.00 WIB.

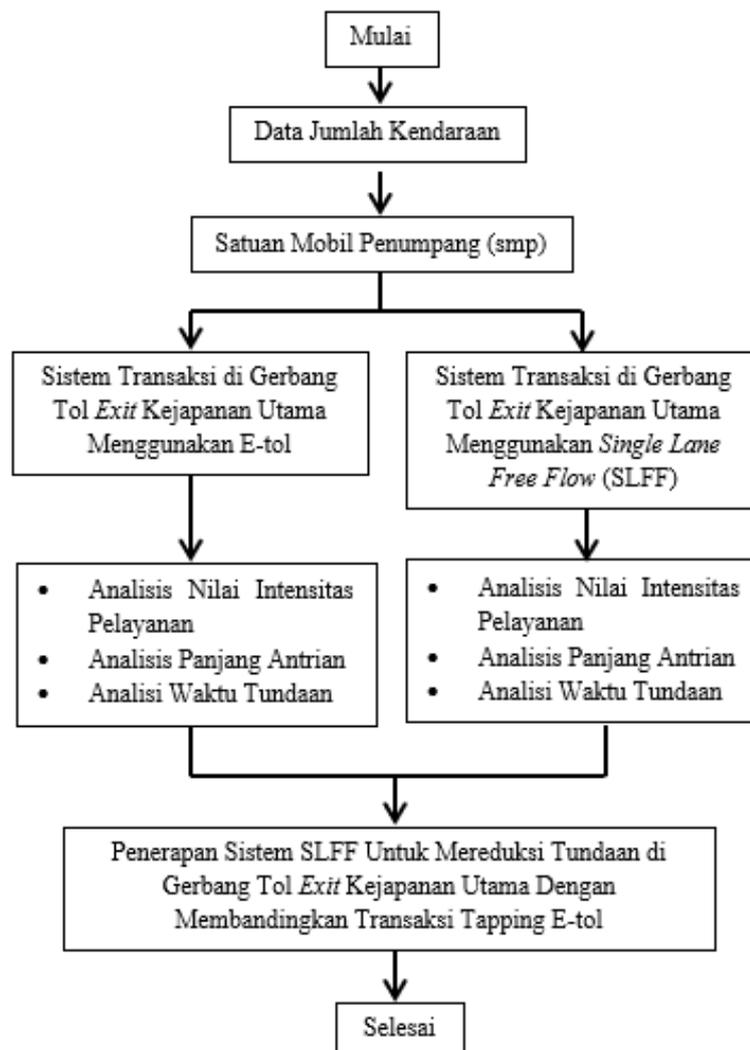
b. Data Primer

Untuk data primer mengambil data volume lalu lintas di Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama Gardu Tol Otomatis (GTO) nomor 16 dan Gardu Tol Semi Otomatis (GSO) nomor 19, pada jam sibuk yaitu di hari Minggu, 23 Juni 2024 pukul 15.00 – 17.00, hal tersebut mengacu pada data sekunder di atas.

3.2 Teknik Analisis Data

Adapun data-data yang akan di lakukan untuk analisis perhitungan yaitu menghitung jumlah data lalu lintas kendaraan, menghitung nilai intensitas pelayanan, menghitung rata-rata jumlah kendaraan dalam antrian dan panjang antrian dan menghitung waktu tundaan kendaraan.

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Sistem *Single Lane Free Flow* (SLFF) pada jalan tol adalah sebuah inovasi transaksi yang bertujuan untuk mempercepat waktu tempuh dan kecepatan transaksi sehingga bisa memberikan pelayanan

prima kepada para pengguna jalan tol. Berbeda dengan sistem tapping e-Toll, SLFF memungkinkan pengendara untuk membayar tol tanpa harus berkontak fisik atau tapping e-tol (Juan, 2021).

4.1. Cara Kerja Single Lane Free Flow

a. Media Pembayaran

Media pembayaran tersebut merupakan teknologi Radio Frequency Identification (RFID); merupakan alat yang menggunakan radio dengan frekuensi (860–960) Mhz, dan pengguna perlu membeli stiker tag RFID sebagai identitas pengguna, dan memiliki tingkat keandalan sekitar 99,5% (Suprayitno dkk., 2020).

RFID yang dipasang di pelat nomor kendaraan memiliki bentuk seperti chip. RFID berfungsi hampir sama dengan pemindai barcode menggunakan scanner, namun bedanya RFID ini dapat dilakukan dengan jarak yang cukup jauh dan pada banyak objek secara bersamaan.

Oleh karena itu, pada saat kendaraan melewati gardu maka secara otomatis sistem mendeteksi kendaraan sehingga langsung melakukan transaksi pembayaran tanpa harus *tapping e-tol* ataupun berkontak fisik dengan petugas.

b. Sensorisasi Jalan Tol

SLFF ini menggunakan sebuah jaringan sensor yang dipasang di berbagai titik strategis di jalan tol. Sensor yang dipasang tersebut berupa sensor induktif, sensor optik, atau sensor lidar yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan dan mengukur waktu kedatangan serta kecepatannya.

Sensor tersebut merupakan teknologi bernama *Dedicated Short Range Communication* (DSRC); merupakan alat yang menggunakan radio frekuensi 5,8 Ghz, sehingga pengguna perlu membeli *On Board Unit* (OBU), yang menyimpan data identitas dan informasi lain dengan tingkat keandalan 99,95% (Suprayitno dkk., 2020).

Alat ini bekerja dengan basis pertukaran informasi antara alat dan pembaca menggunakan gelombang 5,8 GHz dengan jarak dekat.

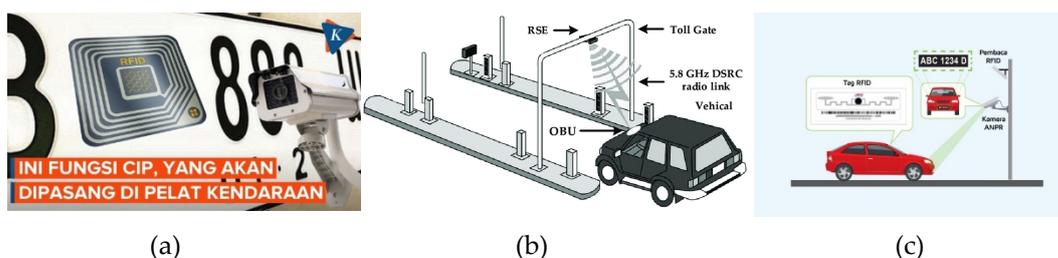
c. Pengenalan Plat Nomor Otomatis (ANPR)

Automatic Number Plate Recognition (ANPR); merupakan alat optik untuk mendeteksi plat nomor, memerlukan akses database plat nomor, tetapi tidak memerlukan On Board Unit (OBU), menggunakan tarif flat dan post paid, dan biasanya digunakan bersamaan dengan teknologi lain untuk enforcement (Suprayitno dkk., 2020).

ANPR digunakan untuk mengenali plat nomor kendaraan secara otomatis saat melintas di dekat sensor. Sistem tersebut berfungsi untuk membandingkan plat nomor kendaraan yang di kendarai dengan database yang ada guna melakukan proses pebayaran tol secara tepat waktu.

d. Transaksi Pembayaran Otomatis

Setelah kendaraan teridentifikasi dan plat nomor diverifikasi, sistem SLFF akan melakukan transaksi pembayaran tol secara otomatis. Biaya tol akan ditagih secara elektronik kepada pemilik kendaraan yang sudah terdaftar dalam sistem.



Gambar 2. (a) chip atau stiker RFID (b) gambar DSRC dan OBU (c) gambar alat ANPR
(Sumber : Media Internet)

4.2. Perhitungan Hasil Survey Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama

a. Data Arus Lalu Lintas

Data volume lalu lintas kendaraan diambil pada Gerbang Tol *Exit* Kejapanan Utama, survey dilakukan pada 2 jenis gardu yaitu GTO nomor 16 dan GSO nomor 19 dengan interval per 15 menit yang ditotalkan dalam satu jam, kemudian dikalikan dengan nilai emp masing-masing golongan kendaraan (LV, MHV, LB, dan LT), sehingga data volume lalu lintas tersebut mendapatkan arus satuan dalam smp/jam.

Survey volume lalu lintas dilakukan pada hari Minggu, 23 Juni 2024 pada jam puncak yaitu pukul 15.00 – 17.00 WIB dengan interval waktu 15 menit selama 8 periode pengambilan data. Data volume arus lalu lintas yang melewati Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama pada hari Minggu, 23 Juni 2024 dari arah Malang menuju ke Surabaya ditampilkan pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Data Volume Arus Lalu Lintas Kendaraan

Pukul	GTO Nomor 16	GSO Nomor 19
15.00 – 16.00	268	231
16.00 – 17.00	340	268

Berdasarkan data volume arus lalu lintas kendaraan di atas maka dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp), yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. Konversi Volume Arus Lalu Lintas Menjadi Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Pukul	GTO Nomor 16 Q (smp/jam)	GSO Nomor 19 Q (smp/jam)
15.00 – 16.00	268	239,2
16.00 – 17.00	340	281,6

Pada tabel di atas memisahkan data lalu lintas antara GTO nomor 16 dengan GSO nomor 19, karena pada GTO hanya bisa dilewati kendaraan golongan 1, maka dari itu tabel 4.1 hanya bisa dilewati golongan kendaraan ringan (LV). Sedangkan pada GSO merupakan gardu multi yang bisa dilewati mulai dari golongan kendaraan I – V, dengan nilai emp masing-masing golongan kendaraan.

b. Analisis Penggunaan Sistem Transaksi E-tol

Analisis penggunaan sistem transaksi e-tol ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana tingkat pelayanan (μ) pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama., berdasarkan hasil survey di lapangan didapatkan data sebagai berikut:

Tingkat Kedatangan (λ) = 268 smp/jam

Rata-rata waktu Transaksi (WT) = 7,83 detik

Tingkat Pelayanan (μ) = **3600/7,83**

= 460 smp/jam

Berikut pada Tabel 3. merupakan hasil analisis tingkat pelayanan (μ) pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama.

Tabel 3. Tingkat Pelayanan (μ) GTO Nomor 16

Pukul	Tingkat Kedatangan (λ)	WT	Tingkat Pelayanan (μ)
15.00 – 16.00	268	7,83	460
16.00 – 17.00	340	7,83	460

Tabel 4. Tingkat Pelayanan (μ) SLFF

Pukul	Tingkat Kedatangan (λ)	WT	Tingkat Pelayanan (μ)
15.00 – 16.00	268	0,6	6000
16.00 – 17.00	340	0,6	6000

Tabel 5. Tingkat Pelayanan (μ) GSO Nomor 19

Pukul	Tingkat Kedatangan (λ)	WT	Tingkat Pelayanan (μ)
15.00 – 16.00	239,2	11	386
16.00 – 17.00	281,6	11	386

Untuk waktu tunggu SLFF yang hanya 0,6 detik merupakan nilai acuan hasil penelitian dari (Raharjo dkk., 2023) yang telah dilakukan pada Gerbang Tol Ngurah Rai Bali. Pada gerbang tol tersebut sudah menerapkan SLFF, sehingga hasil dari penelitian didapatkan waktu layanan rata-rata atau waktu tunggu SLFF adalah 0,6 detik.

Dengan tingkat kedatangan seperti pada tabel 3. di atas, maka perlu dilakukan analisis intensitas pelayanan (ρ) terhadap adanya tingkat kedatangan kendaraan untuk mengetahui seberapa besar intensitas pelayanan yang terjadi pada GTO nomor 16 dan GSO nomor 19, berdasarkan hasil survey di lapangan didapatkan data sebagai berikut:

Tingkat Kedatangan (λ) = 268 smp/jam

Rata-rata waktu Transaksi (WT) = 7,83 detik

Tingkat Pelayanan (μ) = $3600/7,83$
= 460 smp/jam

Jumlah Gardu (s) = 1 GTO dan 1 GSO

Tingkat intensitas pelayanan (ρ) adalah sebagai berikut:

$$\rho = (\lambda)/(s \cdot \mu) < 1$$

$$\rho = (268)/(1 \cdot 460) = 0,58 < 1$$

Oleh karena itu, berikut ini merupakan hasil analisis intensitas pelayanan ρ pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama.

Tabel 6. Intensitas Pelayanan (ρ)

Pukul	GTO Nomor 16	GSO Nomor 19	SLFF
15.00 – 16.00	0,58	0,73	0,04
16.00 – 17.00	0,74	0,86	0,06

c. Analisis Panjang Antrian

- Headway Rata-rata Gardu:

$$x = \frac{\sum x}{N}$$

$$= \frac{7,83 + 11}{2} = 9,4 \text{ detik/smp.}$$

- Tingkat Keberangkatan Rata-rata :

$$= 1/9,4$$

$$= 0,11 \text{ smp/detik}$$

- Tingkat pelayanan Rata-rata Gardu

$$\mu = \frac{3600}{9,4} = 383 \text{ smp/jam}$$

Berdasarkan dari hasil survey di lapangan didapatkan data sebagai berikut:

- Tingkat Kedatangan (λ) = 268 smp/jam
- Tingkat Pelayanan Rata-rata Gardu (μ) = 383 smp/jam
- Jumlah kendaraan yang menunggu dilayani:

$$n = \frac{\lambda/s}{\mu - (\frac{\lambda}{s})}$$

$$n = \frac{268/1}{383 - (\frac{268}{1})} = 2,3 = 2 \text{ smp}$$

- Jumlah kendaraan dalam antrian

$$q = \frac{(\frac{\lambda}{s})^2}{\mu(\mu - (\frac{\lambda}{s}))}$$

$$q = \frac{(268/1)^2}{383(383 - (\frac{268}{1}))} = 1,6 = 2 \text{ smp}$$

- Panjang Antrian = $(n + q) \times \text{headway}$
 $= (2,3 + 1,6) \times 9,4$
 $= 37 \text{ m}$

Tabel 7. Total Kendaraan Dalam Antrian (smp)

Pukul	GTO Nomor 16	GSO Nomor 19	SLFF
15.00 – 16.00	4	3	0,052
16.00 – 17.00	15	5	0,063

Tabel 8. Panjang Antrian (m)

Pukul	GTO Nomor 16	GSO Nomor 19	SLFF
15.00 – 16.00	37	24	0,5
16.00 – 17.00	140	45	0,6

d. Analisis Tundaan

Analisis tundaan (*delay*) dilakukan untuk mencari berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk melewati Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama. Jenis tundaan (*delay*) yang diambil datanya adalah stopped delay kendaraan, yaitu selisih waktu antara kendaraan paling depan (dalam sistem pelayanan) dengan kendaraan paling belakang.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan menganalisis waktu tundaan rata-rata yang menunggu dilayani (*d*) pada ruas Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama, berdasarkan hasil survey di lapangan yaitu sebagai berikut ini:

Tingkat Kedatangan (λ) = 268 smp/jam
 Tingkat Pelayanan Rata-rata (μ) = 383 smp/jam

- Waktu tundaan rata-rata menunggu dilayani:

$$d = \frac{1}{383 - (\frac{268}{1})} \times 3600$$

$$d = 31,30 \text{ detik/smp}$$

- Waktu tundaan rata-rata

$$w = \frac{(\frac{\lambda}{s})}{\mu(\mu - (\frac{\lambda}{s}))} \times 3600$$

$$w = \frac{(\frac{268}{1})}{383(383 - (\frac{268}{1}))} \times 3600$$

$$w = 21,90 \text{ detik/smp}$$

- Total Waktu Tundaan = $d + w$
= $31,30 + 21,90$
= $53,2$ detik/smp

Tabel 9. Data Lama Waktu Tundaan Kendaraan (detik/smp)

Pukul	GTO Nomor 16	GSO Nomor 19	SLFF
15.00 – 16.00	53,2	40,67	0,656
16.00 – 17.00	158,04	61,6	0,672

Pada Tabel 9. diatas menunjukkan bahwa pada GTO nomor 16 pukul 16.00 – 17.00 WIB merupakan waktu tundaan yang lama diantara lainnya, yaitu 158,04 detik/smp. Hal tersebut menunjukkan bahwa jam puncak terjadi pada pukul 16.00 – 17.00 WIB.

Pada tabel tersebut juga menunjukkan bahwa Single Lane Free Flow (SLFF) bisa mereduksi tundaan pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama, waktu transaksi pada SLFF hanya memakan waktu 0,6 detik per kendaraan sehingga waktu tundaan juga lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan tapping e-tol.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan hasil observasi di lapangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Implementasi SLFF di Jalan Tol Ruas Surabaya – Gempol khususnya pada Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama masih memerlukan banyak pertimbangan dari segala aspek, salah satunya termasuk kendala dari anggaran biaya implementasi sistem SLFF. Sedangkan untuk kinerja sistem SLFF sendiri memerlukan banyak alat untuk mendukung terlaksananya implementasi SLFF yaitu meliputi DSRC, ANPR, dan alat-alat pendukung lainnya. Pengendara jalan tol juga harus memasang stiker RFID agar bisa dibaca oleh ANPR, kemudian DSRC mengidentifikasi golongan kendaraan serta jarak tempuh pengguna jalan tersebut.

Hasil analisis perhitungan pada hari Minggu, 23 Juni 2024 pukul 16.00 – 17.0 yang merupakan angka tertinggi total tundaan sebesar 158,04 detik/smp dengan total antrian sebanyak 15 kendaraan, dan total panjang antrian sepanjang 140 meter. Sedangkan untuk SLFF yang diproyeksikan pada analisis perhitungan Gerbang Tol Exit Kejapanan Utama ini berhasil mengurangi waktu tundaan yang hanya 0,672 dengan panjang antrian hanya mencapai 0,6 meter.

6. Referensi

- Anonim, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Juan, R. E. A. K. H. K. R. (2021). Analisis Pembayaran Tol Berdasarkan Aliran Bebas Jalur Tunggal Pada PT Gerbang Tol Ngurah Rai Dalam Mewujudkan Keberlanjutan Transportasi. *Jurnal Teknologi Transportasi dan Logistik Politeknik Transportasi Darat Bali* 2(2), 184–196.
- Lueanpech, P., Pleongsrithong, J., Punyim, P., Leangvilai, E., & Ruttanapunyagorn, T. (2021). Evaluasi Arus Bebas Jalur Tunggal (SLFF) Sistem Pengumpulan Tol Elektronik Evaluasi Arus Bebas Jalur Tunggal (SLFF). *Evaluation of Single Lane Free Flow (SLFF) for Electronic Toll Collection System (researchgate.net)*
- Raharjo, E. P., Adidana, I. K. S. P., Haryoto, K., & Rore, J. B. (2023). Analysis of Toll Payment Based on Single Lane Free Flow at the Ngurah Rai Toll Gate in Realizing Transport Sustainability. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 4(2), 213–218. <https://doi.org/10.52920/jttl.v4i2.209>
- Republik Indonesia, P. P. (2005). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia PP No. 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol. *Deputi Sekretaris Kabinet Bidang Hukum Dan Perundang-Undangan*, 1–23. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/49351/pp-no-15-tahun-2005>
- Setiamandani, E. D., & Firdausi, F. (2024). Analisis Perencanaan dalam Pemanfaatan Rest Area pada Jalan Tol Kawasan Probolinggo. *Indonesia Social Science Review (ISSR)* 2, 39–48.

SK DIREKSI PT JASA MARGA 163KPTS2022 & 164KPTS2022.pdf. (n.d.).

Sufanir, A. M. S. (2017). Efektivitas Gardu Tol Otomatis (Gto) Buah Batu Ditinjau Dari Kecepatan Transaksi Rata-Rata. *Prosiding Simposiu II - UNIID, September*, 338–342.

Suprayitno, H., Waluyo, G. P., & Muljono, S. (2020). Menuju Pembayaran Tol Tanpa Henti Secara Multilajur. *Jurnal HPJI*, 6(1), 59–72.

Universitas Siliwangi. (2020). BAB II LANDASAN TEORI. 1–35. [http://repositori.unsil.ac.id/10296/14/14.BAB II.pdf](http://repositori.unsil.ac.id/10296/14/14.BAB%20II.pdf)

Yudha, A., Nuryaman, Y., Nuddin, I., & Andhikawati, A. (2019). Sentiment Analysis Pandangan Masyarakat Terhadap Tarif Tol Trans-Jawa Menggunakan Support Vector Machine dan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Of Applied Computer Science an Technology (JACOST)* 13–22.