

PENGARUH IMPLEMENTASI SISTEM BAYAR TOL TANPA HENTI PADA ARUS LALU LINTAS DI PINTU TOL BUAH BATU KOTA BANDUNG

ALWIN MAULANA¹, DWI PRASETYANTO²

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: maulanaalwinn@gmail.com

ABSTRAK

Sistem transaksi pembayaran tol yang saat ini digunakan yaitu menggunakan kartu elektronik dan dirasa belum efektif untuk menanggulangi antrian kendaraan yang ingin melakukan transaksi. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata kendaraan menunggu dalam sistem dan antrian yaitu 10 kendaraan dan 9 kendaraan dengan rata-rata waktu kendaraan menunggu dalam sistem dan antrian sebesar 51,84 detik dan 46,8 detik. Dengan meningkatnya ilmu pengetahuan teknologi, saat ini mulai dikembangkan suatu metode transaksi yang memungkinkan pengguna jalan tol untuk tidak perlu menghentikan kendaraannya yang disebut dengan Sistem Single Lane-Free Flow dan Multi Lane Free Flow. Sistem bayar tol tanpa henti memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem kartu elektronik, memiliki potensi untuk menghilangkan waktu transaksi dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas. Kecepatan kendaraan yang melewati pintu tol SLFF didesain untuk kecepatan 30 km/jam, namun berdasarkan hasil uji kecepatan yang melewati pintu tol dengan sistem SLFF di ruas tol Jakarta-Cikampek diperoleh kecepatan rata-rata berkisar 21,755 km/jam – 31,186 dan masih dapat terdeteksi. Berdasarkan hal tersebut apabila kecepatan lebih 30 km/jam masih dapat ditoleransikan dengan Batasan kecepatan tertentu.

Kata kunci: Antrian, Single Lane-Free Flow, Kecepatan, Tol.

ABSTRACT

The current toll payment system at toll gate uses electronic cards, which is not effective in reducing traffic congestion. Based on the results of an analysis, the average number of vehicles waiting in the system and queue is 10 vehicles and 9 vehicles. With an average waiting time for vehicles in the system and queue is 51,84 seconds and 46,8 seconds. With the advancement of technology, a new toll payment system has been developed that allows users to pass through the toll gate without having to stop their vehicles. This system is called Single Lane-Free Flow (SLFF) and Multi Lane Free Flow (MLFF). SLFF and MLFF systems have several advantages over electronic card systems. They have the potential to eliminate transaction time and improve traffic flow. The vehicle speed passing through the SLFF toll gate is designed for a speed of 30 km/h, but based on speed test results of vehicles passing through the SLFF system on the Jakarta-Cikampek toll road, the average speed obtained ranges from 21.755 km/h to 31.186 km/h and can still be detected. Based on this, if speeds exceeding 30 km/h can still be tolerated within certain speed limits.

Key words : Queue, Single Lane-Free Flow, Speed, Toll.

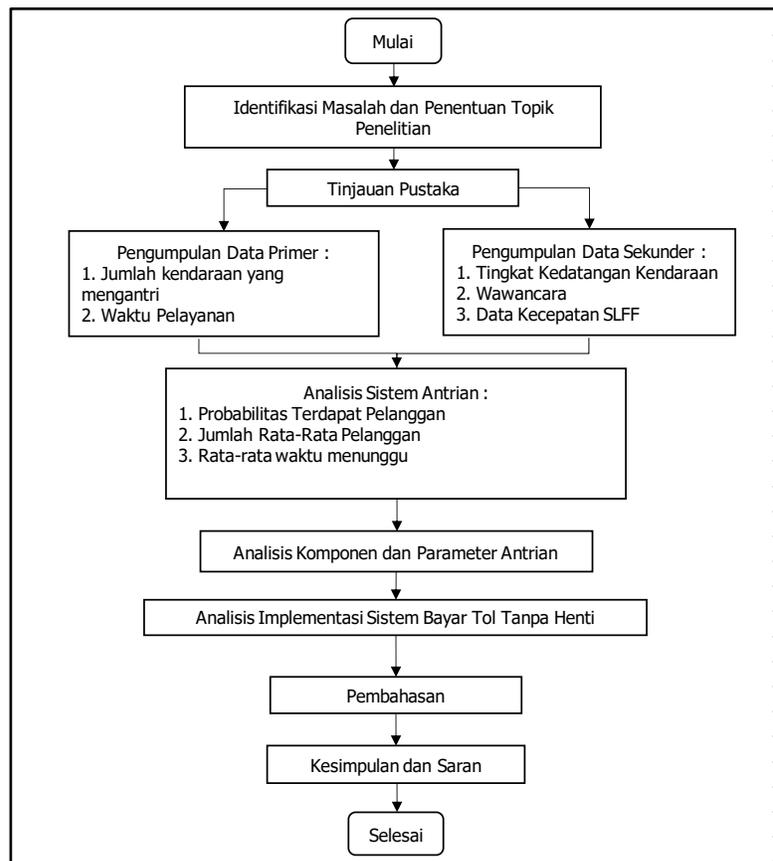
1. PENDAHULUAN

Gerbang tol adalah area khusus di jalan tol dengan fasilitas transaksi pembayaran tol dan pengontrolan keluar-masuk kendaraan. Salah satu akses keluar masuk kota Bandung adalah melalui pintu tol Buah Batu. Lokasi pada pintu masuk tol Buah Batu sering terjadi antrian ketika pengendara ingin melakukan transaksi pembayaran tol. Antrian tersebut terjadi ketika banyak kendaraan yang ingin memasuki atau keluar dari jalan tol secara bersamaan, dan kapasitas pelayanan pintu tol terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh antrian kendaraan dan pengaruh implementasi sistem bayar tol tanpa henti terhadap lalu lintas di pintu tol Buah Batu, serta membandingkan konsep implementasi sistem bayar tol tanpa henti dengan sistem kartu elektronik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian digunakan sebagai dasar pelaksanaan penelitian serta untuk mempermudah penelitian tersebut. Bagan alir penelitian dapat dilihat **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung ke lokasi penelitian berupa waktu pelayanan dan jumlah

kendaraan yang menganti, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu PT Jasa Marga berupa data volume lalu lintas kendaraan, data kecepatan kendaraan, dan wawancara.

1. Data Primer

Dalam memperoleh data primer dilakukan penghitungan waktu pelayanan kendaraan di gerbang tol dengan menggunakan alat penghitung *stop watch* yang dilakukan di satu titik pengamatan yaitu di pintu tol masuk Buah Batu. Data waktu pelayanan yang dibutuhkan dalam transaksi pembayaran tol dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Waktu Pelayanan

No	Hari Pengamatan	Jam	Waktu Pelayanan	Rata-rata
			Detik	
1	Senin, 8 Mei 2023	07.00-08.00	5,09	5,154
		08.00-09.00	5,00	
		12.00-13.00	5,11	
		16.00-17.00	5,14	
		17.00-18.00	5,43	
2	Kamis, 11 Mei 2023	07.00-08.00	5,24	5,175
		08.00-09.00	4,78	
		12.00-13.00	4,64	
		16.00-17.00	5,43	
		17.00-18.00	5,79	
3	Minggu, 14 Mei 2023	07.00-08.00	4,79	5,191
		08.00-09.00	4,57	
		12.00-13.00	4,80	
		16.00-17.00	5,94	
		17.00-18.00	5,86	

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= 5,173 \text{ detik/kendaraan} \\ \frac{1}{\mu} &= 5,173 \text{ kendaraan/detik} \\ \mu &= \frac{1 \times 3600}{5,173} \\ &= 696 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan (μ) rata-rata yang dibutuhkan oleh satu kendaraan untuk melakukan transaksi pembayaran tol pada gerbang tol masuk Buah Batu adalah sebesar 5,173 detik/kendaraan atau 696 kendaraan/jam.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait yaitu PT Jasa Marga adalah data volume lalu lintas kendaraan yang memasuki gerbang tol Buah Bulan Maret 2023. Data volume lalu lintas kendaraan yang memasuki pintu tol Buah Batu pada Bulan Maret 2023 yaitu sebesar 18.395 kendaraan/hari. Setelah mengetahui volume kendaraan per hari selanjutnya dapat menghitung volume arus lalu lintas jam perencanaannya (q_{jp}).

$$\begin{aligned} q_{jp} &= \frac{\text{LHR} \times K}{F_{js}} \\ q_{jp} &= \frac{18.395 \times 0,11}{0,8} \\ q_{jp} &= 2529 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis, volume lalu lintas kendaraan rata-rata yang memasuki pintu tol Buah Batu pada bulan Maret 2023 yaitu sebesar 2529 kendaraan/jam.

3.2 Analisis Sitem Antrian

Terdapat empat pintu tol masuk pada gerbang tol *entrance* Buah Batu Kota Bandung yang disediakan untuk melayani kendaraan yang akan memasuki tol. Sistem antrian yang diberikan adalah model antrian jalur ganda / (M/M/S); (FIFO/∞/∞). Hasil analisis sistem antrian dengan model antrian jalur ganda dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Analisis Sistem Antrian

No	Model Antrian Jalur Ganda	Persamaan	Hasil Analisis
1	Faktor utilitas (ρ)	$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$	$\rho = 0,908$
2	Probabilitas terdapat satu pelanggan dalam sistem (P_1)	$P_1 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \left(\frac{s\mu}{s\mu-\lambda}\right)}$	$P_1 = 0,012$
3	Jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian (L_q)	$L_q = \frac{P_1 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s P}{s!(1-P)^2}$	$L_q = 9,351 \approx 9$ kendaraan
4	Jumlah rata-rata pelanggan dalam sistem (L_s)	$L_s = L_q + \frac{\lambda}{N\mu}$	$L_s = 10,259 \approx 10$ kendaraan
5	Rata-rata waktu menunggu dalam antrian (W_q)	$W_q = \frac{L_q}{\mu}$	$W_s = 0,013$ jam $\approx 46,8$ detik
6	Rata-rata waktu menunggu dalam sistem (W_s)	$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$	$W_q = 0,0144$ jam $\approx 51,84$ detik

3.3 Analisis Intensitas Gerbang

Dalam mengendalikan arus pergerakan dan waktu pelayanan, diperhitungkan jumlah gardu tol yang akan dibutuhkan agar tercapai optimalisasi kinerja pada gerbang tol Buah Batu.

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{2529/N}{696} < 1$$

$$\rho = 3,633$$

Berdasarkan analisis tersebut, maka dihasilkan nilai $N > 3,633$ atau minimal sebanyak 4 (empat) buah pintu tol yang dibuka agar tercapainya optimalisasi kinerja pada pintu tol Buah Batu. Apabila pintu tol kurang dari empat maka akan terjadi antrian yang lebih panjang. Hal tersebut sudah sesuai dengan kondisi eksisting pada pintu tol Buah Batu.

3.4 Pembahasan

Kecepatan kendaraan yang melewati pintu tol SLFF didesain untuk kecepatan 30 km/jam, namun berdasarkan hasil uji kecepatan yang melewati pintu tol dengan sistem SLFF di ruas tol Jakarta-Cikampek diperoleh kecepatan rata-rata berkisar 21,755 km/jam – 31,186 dan masih dapat terdeteksi. Berdasarkan hal tersebut apabila kecepatan lebih 30 km/jam masih dapat ditoleransikan dengan Batasan kecepatan tertentu. Pada persimpangan terdapat adanya *on ramp*

untuk menuju pintu tol Buah Batu, *on ramp* jalan tol didesain mendekati jalan eksisting sehingga memudahkan akses menuju jalan tol, dengan kecepatan rencana yang digunakan sebesar 40 km/jam (No.007/BM/2009) Berdasarkan tinjauan geometrik tersebut kendaraan harus melambatkan kendaraannya dan memungkinkan adanya antrian kendaraan apabila kecepatan kendaraan sebelum melewati gerbang tol diatas 30 km/jam.

Berikut ini merupakan perbandingan sistem transaksi pembayaran menggunakan kartu elektronik, Single Lane-Free Flow, dan Multi Lane-Free Flow yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Transaksi Pembayaran Tol

No	Kriteria	E-toll		SLFF		MLFF	
1	Teknologi	-	Kartu Elektronik	-	RFID berbasis gelombang radio	-	GNSS berbasis satelit
2	Akurasi	-	Tingkat kemampuan tinggi	-	Tingkat kemampuan tinggi	-	Tingkat kemampuan tinggi
		-	<i>Performances</i> terkadang terganggu mesin tidak dapat mendeteksi kartu elektronik	-	<i>Performances</i> terganggu ketika kendaraan melaju dengan sangat cepat	-	Teknologi dapat menyediakan data lokasi secara <i>real time</i>
3	Perangkat Komunikasi	-	Mesin GTO dan kartu elektronik	-	RFID <i>tag</i> dan <i>reader</i> yang berada di pintu tol	-	Menggunakan OBU dan e-OBU
4	Peralatan Pendukung	-	-	-	Aplikasi di <i>smartphone</i> bernama 'Let It Flo'	-	Aplikasi di <i>smartphone</i> bernama 'CANTAS'
5	Kecepatan Kendaraan	-	Kendaraan harus berhenti ketika melakukan transaksi pembayaran tol	-	21,755 hingga 31,186 km/jam	-	Kendaraan dapat melakukan transaksi dengan kecepatan berapapun
6	Intensitas Gerbang	-	Dapat digunakan di beberapa lajur	-	Satu lajur	-	Dapat digunakan di beberapa lajur
7	Waktu Pelayanan	-	5,173 detik	-	0 detik	-	0 detik
8	Rata-Rata Kendaraan Dalam Sistem	-	10 kendaraan	-	Memungkinkan adanya antrian apabila kendaraan dibelakangnya memiliki kecepatan diatas 31,186 km/jam	-	-
9	Rata-Rata Kendaraan Dalam Antrian	-	9 kendaraan	-	-	-	-
10	Waktu Rata-Rata Kendaraan Dalam Sistem	-	51,84 detik	-	-	-	-
11	Waktu Rata-Rata Kendaraan Dalam Antrian	-	46,8 detik	-	-	-	-
12	Faktor Utilitas	-	0,908	-	-	-	-
13	Probabilitas Terdapat Satu Kendaraan Dalam Sistem (P1)	-	0,012	-	-	-	-

Sistem Multi Lane Free Flow (MLFF) belum dilakukan uji coba karena masih terdapat beberapa kendala dan tantangan yang sedang dihadapi, salah satunya yaitu belum dilakukannya sosialisasi terkait teknologi Global Navigation Satelit System (GNSS).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei pengamatan langsung ke lokasi penelitian didapatkan waktu pelayanan rata-rata yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk dilayani oleh sistem pelayanan sebesar 5,173 detik/kendaraan dengan panjang antrian rata-rata kendaraan yang menunggu untuk dilayani sebesar 6 kendaraan.
2. Jumlah pintu tol minimal yang dibuka adalah empat gerbang, hal tersebut sudah sesuai dengan kondisi eksisting yang berada pada pintu tol Buah Batu.
3. Berdasarkan hasil analisis sistem antrian dengan model antrian jalur ganda / (M/M/S);(FIFO/ ∞ / ∞) didapatkan jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem dan antrian sebesar 10 kendaraan dan 9 kendaraan dengan waktu pelayanan dalam sistem dan antrian sebesar 51,84 detik dan 46,8 detik.
4. Pengaruh dari implementasi sistem bayar tol tanpa henti memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem transaksi kartu elektronik yang digunakan saat ini. Dilihat dari kelebihannya, dapat menghilangkan waktu transaksi, dimana berdasarkan hasil pengamatan waktu transaksi rata-rata yang dibutuhkan kendaraan untuk dilayani adalah sebesar 5,173 detik/kendaraan dan sudah sesuai untuk diterapkan.
5. Kecepatan kendaraan rata-rata yang melewati pintu tol dengan sistem SLFF berkisar 21,755 km/jam – 31,186 km/jam, hal tersebut memungkinkan adanya antrian kendaraan apabila kecepatan kendaraan sebelum melewati gerbang tol diatas 31,186 km/jam.

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan bagi penelitian selanjutnya agar dapat melakukan penelitian terkait dengan gelombang kejut di pintu tol tanpa henti dengan sistem SLFF.

DAFTAR RUJUKAN

- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (2009). *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009*. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Jakarta.
- Kakiay, T.J. 2004, Dasar teori antrian untuk kehidupam nyata. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 18 Tahun 2020 tentang *Transaksi Tol Nontunai Nirsentuh Di Jalan Tol*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang *Jalan*.
- Tamin, O. Z. (2003). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* (1st ed.). Bandung: Institut Teknologi Bandung.