

Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol (Studi Kasus: Gerbang Tol Sei Rampah dan Gerbang Tol Tebing Tinggi Ruas Tol Medan- Kualanamu-Tebing Tinggi)

Rahmad Handika, Hera Widyastuti dan Cahya Buana
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
E-mail: hera@ce.its.ac.id; cahya_b@its.ac.id

Abstrak—Jalan tol merupakan fasilitas transportasi yang dibangun dengan tujuan untuk memperlancar lalu lintas daerah dan meningkatkan mobilitas orang dan barang demi pertumbuhan wisata dan pertumbuhan ekonomi daerah. Jalan tol itu sendiri memiliki gerbang tol yang merupakan tempat proses pelayanan transaksi tol terjadi. Namun, Salah satu permasalahan yang sering terjadi di jalan tol adalah kemacetan kendaraan khususnya di gerbang tol. Pada studi ini metodologi yang digunakan sebagai disiplin antrian adalah *First In First Out* dan *Single Channel-Single Server* sebagai struktur antrian pada perencanaan gerbang tol ini serta mempertimbangkan Gerbang Tol Otomatis (GTO). Studi ini mengevaluasi jumlah gerbang tol yang optimum dalam segi panjang antrian dan tingkat pelayanan untuk tahun 2019, 2024, dan 2029. Hasil dari evaluasi studi ini adalah panjang antrian terpanjang yang terjadi pada Gerbang Tol Sei Rampah masuk adalah 20 m; Gerbang Tol Sei Rampah keluar sepanjang 25 m; Gerbang Tol Tebing Tinggi masuk sepanjang 20 m; Gerbang Tol Tebing Tinggi keluar sepanjang 15 m. Jumlah gardu yang perlu dibuka pada saat ini yaitu untuk gerbang tol Sei Rampah masuk = 3 gardu; untuk gerbang tol Sei Rampah keluar = 3 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi masuk = 4 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi keluar = 3 gardu. Jumlah gardu yang perlu dibuka pada tahun 2024 yaitu untuk gerbang tol Sei Rampah masuk = 3 gardu; untuk gerbang tol Sei Rampah keluar = 3 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi masuk = 5 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi keluar = 4 gardu. Jumlah gardu yang perlu dibuka pada tahun 2029 yaitu untuk gerbang tol Sei Rampah masuk = 4 gardu; untuk gerbang tol Sei Rampah keluar = 4 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi masuk = 5 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi keluar = 4 gardu.

Kata kunci—Kinerja Gerbang Tol, Gerbang Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi, Gerbang Tol yang Optimum

I. PENDAHULUAN

TRANSPORTASI sangat berpengaruh terhadap perpindahan barang dan jasa sehingga berpengaruh pada peningkatan ekonomi dan pariwisata. pertumbuhan dan perkembangan suatu kota yang pesat tanpa diikuti pengadaan sistem transportasi yang memadai merupakan bentuk besarnya permintaan kebutuhan transportasi dibanding penyediaan sistem transportasi [1]. Pembangunan transportasi di Indonesia saat ini terfokus pada pembangunan di darat. Pertumbuhan kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan pada setiap tahunnya sehingga dibutuhkan fasilitas transportasi seperti jalan tol untuk mengurangi

tingkat kemacetan. Pada kota kota besar sekarang sering terjadi kemacetan sehingga terdapat solusi yang ditawarkan yaitu dengan membangun jalan tol untuk mengurangi kemacetan.

Presiden dan Wakil Presiden Bapak Joko Widodo dan Bapak Jusuf Kalla dengan program kerja Nawacita mereka yang pada poin ketiga berisi “Membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan” mempunyai komitmen dalam pembangunan mempercepat konektivitas antara Jawa dan Sumatera, termasuk untuk mengurangi kemacetan yang kian parah di sisi utara Sumatera. Hal ini diwujudkan dengan adanya pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera. Jalan Tol Trans Sumatera adalah jaringan jalan tol yang menghubungkan kota kota di Pulau Sumatera, total jaringan jalan Tol Trans Sumatera direncanakan mencapai 2.818 kilometer (km), yang terdiri dari 17 ruas jalan tol menyusuri pantai timur Sumatera menghubungkan Bakauheni hingga Aceh.

Provinsi Sumatera Utara merupakan provinsi yang memiliki jumlah penduduk keempat terbesar di Indonesia yaitu sebanyak 13.766.851 jiwa. Provinsi Sumatera Utara juga merupakan salah satu target utama pariwisata Indonesia. Salah satu destinasi terfavorit di Sumatera Utara adalah Danau Toba. Fasilitas wisatanya yang cukup baik serta sering diadakannya berbagai festival dan *event* internasional menjadi pendorong datangnya wisatawan ke provinsi ini. Sumatera Utara sangat potensial untuk dikembangkan sebagai tempat wisata, baik wisata alam maupun wisata budaya yang tiap tahunnya memiliki peningkatan pengunjung. Menurut data Kementerian Pariwisata Republik Indonesia, pada tahun 2016 pertumbuhan wisatawan mancanegara yang datang ke Provinsi Sumatera Utara melalui Bandar Udara meningkat sebesar 204.693 ribu jiwa. Pada tahun 2017 jumlah wisatawan mancanegara meningkat sebesar 14,06 persen yaitu sekitar 223.483 wisatawan mancanegara. Pertumbuhan wisatawan mancanegara yang datang ke Provinsi Sumatera Utara setiap tahunnya dari tahun 2013 hingga 2017 mengalami peningkatan rata-rata sekitar 7 persen. Provinsi Sumatera Utara sendiri memang punya keinginan untuk mengembangkan pusat-pusat pertumbuhan ekonomi baru. Ada pusat pertumbuhan di sekitar area Bandara Kualanamu, Seimangkei yang terintegrasi dengan Kuala Tanjung. Kemudian ada pula Danau Toba, destinasi

wisata nasional yang terhambat pengembangannya selama ini. Penyebabnya, karena jalan menuju Danau Toba harus ditempuh dengan sangat lama karena infrastrukturnya yang kurang memadai.

Jalan tol sebagai jalan bebas hambatan memberikan perbedaan yang nyata dengan jalan biasa. Perbedaan ini diharapkan mampu memberikan kualitas yang lebih mengingat tingkat mobilitas masyarakat yang semakin meningkat [2]. Jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi merupakan salah satu jalan tol di Sumatera Utara yang menghubungkan Bandar Udara Kualanamu dengan kota dan kabupaten lainnya yang memiliki destinasi wisata yang sering didatangi wisatawan baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Jalan tol ini juga Jalan tol itu sendiri memiliki gerbang tol yang merupakan tempat proses pelayanan transaksi tol terjadi. Gerbang tol terdiri dari beberapa gardu tol yang merupakan ruang bagi pengumpul tol untuk melaksanakan tugas nya. Sistem yang dapat dilakukan dalam pengumpulan tol pada saat ini yaitu sistem gardu tol otomatis (GTO).

Mengingat fungsi jalan tol harus memberikan pelayanan berupa kelancaran arus kendaraan tanpa adanya hambatan yang berarti maka diperlukan tinjauan terhadap kinerja jalan tol. Salah satu permasalahan yang sering terjadi di jalan tol adalah kemacetan kendaraan khususnya di gerbang tol. Kemacetan di gerbang tol disebabkan karena ketidakseimbangan jumlah gerbang tol dengan jumlah arus kendaraan serta lamanya proses transaksi yang terjadi di gerbang tol tersebut sehingga terjadi antrian arus kendaraan yang tidak diinginkan. Jumlah gerbang tol yang dioperasikan harus sesuai dengan volume arus kendaraan, jika terlalu sedikit akan menimbulkan antrian yang panjang, tetapi jika terlalu banyak akan menambah biaya pengoperasian yang tinggi.

Studi ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi dan menghitung antrian yang terjadi pada gerbang tol dengan tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan gerbang. Gerbang tol yang menjadi objek perencanaan adalah Gerbang Tol Sei Rampah dan Gerbang Tol Tebing Tinggi yang akan dievaluasi menggunakan sistem gardu yaitu Gerbang Tol Otomatis (GTO). Dipilihnya gerbang tersebut sebagai objek evaluasi dikarenakan gerbang tol tersebut merupakan akses masuk ke Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi. Gerbang tol tersebut juga sering mengalami antrian yang panjang. Maka studi ini sekaligus bertujuan untuk menghitung kinerja dan pelayanan gerbang tol saat ini dan untuk tahun-tahun mendatang dalam menghadapi lonjakan arus jalan tol.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Identifikasi Masalah

Dalam tahap ini penulis mengamati kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi sampai penulis mengangkat topik evaluasi gerbang tol pada studi ini. Sehingga hal yang perlu diidentifikasi adalah kondisi lapangan Gerbang Tol Sei Rampah dan Gerbang Tol Tebing Tinggi pada Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi di Sumatera Utara.

B. Tahap Studi Literatur

Dalam tahap ini penulis mencari acuan yang dapat menunjang pelaksanaan penulisan studi ini, baik berupa jurnal, informasi–informasi dari internet, dan buku tulis.

C. Tahap Survei dan Pengumpulan Data

Dalam penyelesaian penelitian ini diperlukan beberapa data untuk dianalisis. Ada dua tipe data yang digunakan, yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, sedangkan data sekunder adalah data penunjang yang didapatkan dari berbagai sumber (dokumen, buku, studi terdahulu, maupun data dari instansi terkait).

D. Tahap Analisis Data

Pada tahap ini penulis mengolah data dari pengumpulan data yang telah didapatkan untuk menganalisis objek penelitian. Setiap analisis data dibagi menjadi 4 bagian yaitu Gerbang Tol Sei Rampah masuk, Gerbang Tol Sei Rampah arah keluar, Gerbang Tol Tebing Tinggi arah masuk, Gerbang Tol Tebing Tinggi arah keluar.

1) Analisis Tingkat Kedatangan (Arrival Rate)

Data masukan lalu lintas terdiri dari dua, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas. Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam desain (qJP) yang ditetapkan dari LHRT, menggunakan faktor k. Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam desain (qjp) yang ditetapkan dari LHRT, menggunakan faktor k [3]. Pada analisis ini tingkat kedatangan yang dianalisis adalah tingkat kedatangan kendaraan dengan hasil regresi data sekunder kemudian dikonversi menjadi volume tingkat kedatangan kendaraan pada *peak hour*.

2) Analisis Waktu Pelayanan

Untuk analisis waktu pelayanan, maka perlu dilakukan survei untuk menghitung waktu pelayanan setiap kendaraan yang melakukan transaksi pada gerbang tol yang ditinjau terlebih dahulu. Kemudian dari data waktu pelayanan tersebut diolah sehingga didapatkan grafik frekuensi kumulatif dari gerbang tol yang ditinjau. Untuk mengetahui waktu pelayanan maksimal tiap gerbang dapat dilihat dari rumus berikut:

Rumus :

$$WP = 1/\mu \quad (1)$$

dimana: λ = Tingkat Kedatangan Kendaraan

N = Jumlah Gardu yang Beroperasi

μ = Tingkat Pelayanan Kendaraan

3) Analisis Intensitas Lalu Lintas

Dengan tingkat kedatangan seperti pada analisis di atas, maka perlu dilakukan analisis intensitas lalu lintas (ρ) terhadap gardu pelayanan yang terbuka untuk mengetahui seberapa besar intensitas yang terjadi pada gardu tersebut. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan berdasarkan data waktu pelayanan yang tercatat ketika survei hingga waktu pelayanan maksimal seperti pada analisis waktu pelayanan sebelumnya, sehingga

bisa diketahui intensitas lalu lintas di setiap kondisi waktu pelayanan.

Rumus:

$$\rho = \lambda/\mu < 1 \quad (2)$$

dimana: λ = Tingkat Kedatangan Kendaraan
 N = Jumlah Gardu yang Beroperasi
 μ = Tingkat Pelayanan Kendaraan

Waktu Pelayanan yang digunakan bervariasi dari waktu pelayanan minimal sampai maksimal yang didapat dari hasil survei lapangan sehingga tingkat kedatangan kendaraan berbeda-beda. Dengan $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih aman, sedangkan jika $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas tidak aman maka akan terjadi antrian yang panjang.

4) Analisis Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO)

Ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan dalam praktek, salah satunya adalah Antrian *First In, First Out* (FIFO) [4]. Analisis antrian ini dilakukan agar kita dapat melihat seberapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisis. Sistem antrian yang digunakan pada studi ini adalah *Single Channel-Single Server*. *Single channel* berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau satu fasilitas pelayanan. *Single server* berarti hanya ada satu pelayanan sistem. Antrian dengan saluran tunggal merupakan model antrian yang paling sederhana dan banyak dijumpai [5]. Dalam melakukan analisis antrian sama seperti analisis intensitas lalu lintas, yaitu dengan menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan berdasarkan data waktu pelayanan yang tercatat ketika survei hingga waktu pelayanan maksimal seperti pada analisis waktu pelayanan sebelumnya, sehingga bisa diketahui antrian di setiap kondisi waktu pelayanan. Persamaan berikut merupakan analisis yang dapat digunakan untuk menghitung n , q , d , dan w pada disiplin antrian FIFO [6].

Rumus:

$$\bar{n} = \lambda/(\mu - \lambda) = \rho/(1 - \rho)$$

$$\bar{q} = \lambda^2/(\mu(\mu - \lambda)) = \rho^2/(1 - \rho)$$

$$\bar{d} = 1/(\mu - \lambda)$$

$$\bar{w} = \lambda/(\mu(\mu - \lambda)) = d - 1/\mu$$

dimana:

\bar{n} = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem (kendaraan per satuan waktu)

\bar{q} = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

\bar{d} = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem (satuan waktu)

\bar{w} = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian (satuan waktu)

5) Tahap Peramalan (Forecasting)

Analisis forecasting dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang melayani kendaraan yang lewat dengan jumlah kendaraan yang meningkat dari tahun-tahun sebelumnya. Perkiraan peningkatan jumlah kendaraan pada gerbang tol diperhitungkan menggunakan data historis jumlah kendaraan dari tahun 2014-2018 menggunakan analisis regresi linear. Melalui hal tersebut didapatkan jumlah kendaraan yang melewati gerbang sampai 5 tahun kedepan

atau sampai tahun 2024. Hasil dari peramalan lalu lintas dianalisis tingkat kedatangan kendaraan, intensitas lalu lintas, dan Analisis antrian FIFO.

E. Tahap Pembahasan

Pada tahap ini adalah tahap membahas evaluasi Gerbang Tol Sei Rampah dan Gerbang Tol Tebing Tinggi di Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi seperti tingkat kedatangan, panjang antrian, dan jumlah gerbang tol yang optimal dengan meninjau sistem gerbang tol otomatis (GTO).

F. Kesimpulan

Setelah mengolah data-data yang ada, maka akan didapatkan kesimpulan dan saran yang nantinya bisa menjadi acuan ataupun referensi perencanaan gerbang tol pada gerbang tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Analisis Data

1) Analisis Tingkat Kedatangan (Arrival Rate)

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 4,777,127 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 13,088 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,440 kendaraan.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 4,874,197 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 13,354 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,470 kendaraan.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 6,701,168 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 18,360 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 2,019 kendaraan.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 6,161,952 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 16,882 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,857 kendaraan.

2) Analisis Waktu Pelayanan (Service Time)

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Dari data survei didapat waktu pelayanan rata-rata adalah 5.3 detik. Waktu pelayanan maksimal yang dapat dilayani gardu tol dengan tingkat pelayanan sebesar 480 kendaraan/jam adalah 7.5 detik.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Dari data survei didapat waktu pelayanan rata-rata adalah 5.6 detik. Waktu pelayanan maksimal yang dapat dilayani gardu tol dengan tingkat pelayanan sebesar 490 kendaraan/jam adalah 7.5 detik.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk

Dari data survei didapat waktu pelayanan rata-rata adalah 5.6 detik. Waktu pelayanan maksimal yang dapat dilayani gardu tol dengan tingkat pelayanan sebesar 673 kendaraan/jam adalah 5.34 detik. Maka diperlukan penambahan gardu tol agar waktu pelayanan rata-rata tidak melawati waktu pelayanan maksimal.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar

Tabel 1
Antrian FIFO Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3	1	5	1	5	5	2
3	3	1	5	1	5	5	2
5	3	1	5	1	5	5	2
1	4	1	5	1	5	9	5
3	4	1	5	1	5	9	5
5	4	1	5	1	5	9	5
1	5.3	2	10	2	10	18.1	12.8
3	5.3	2	10	2	10	18.1	12.8
5	5.3	2	10	2	10	18.1	12.8
1	6	4	20	3	15	30	24
3	6	4	20	3	15	30	24
5	6	4	20	3	15	30	24

Tabel 2
Antrian FIFO Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	3	1	5	1	5	5.1	2.1
4	3	1	5	1	5	5.1	2.1
6	3	1	5	1	5	5.1	2.1
2	4	1	5	1	5	8.8	4.8
4	4	1	5	1	5	8.8	4.8
6	4	1	5	1	5	8.8	4.8
2	5.6	3	15	2	10	23.6	18.0
4	5.6	3	15	2	10	23.6	18.0
6	5.6	3	15	2	10	23.6	18.0
2	6	5	25	4	20	32.7	26.7
4	6	5	25	4	20	32.7	26.7
6	6	5	25	4	20	32.7	26.7

Dari data survei didapat waktu pelayanan rata-rata adalah 5 detik detik. Waktu pelayanan maksimal yang dapat dilayani gardu tol dengan tingkat pelayanan sebesar 617 kendaraan/jam adalah 5.83 detik.

3) Analisis Intensitas Lalu Lintas

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Dengan waktu pelayanan 5.3 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.707. Dengan hasil analisis yaitu $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih dalam kategori aman.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Dengan waktu pelayanan 5.6 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.763. Dengan hasil analisis yaitu $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih dalam kategori aman.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk

Dengan waktu pelayanan 5.6 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.707. Dengan hasil analisis yaitu $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi akan

Tabel 3
Antrian FIFO Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk

Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3	1	5	1	5	5.2	2.2
3	3	1	5	1	5	5.2	2.2
5	3	1	5	1	5	5.2	2.2
1	3	1	5	1	5	5.2	2.2
3	4	1	5	1	5	9.1	5.1
5	4	1	5	1	5	9.1	5.1
1	4	1	5	1	5	9.1	5.1
3	4	1	5	1	5	9.1	5.1
5	5.6	4	20	3	15	26.1	20.5
1	5.6	4	20	3	15	26.1	20.5
3	5.6	4	20	3	15	26.1	20.5
5	5.6	4	20	4	20	26.1	20.5

Tabel 4
Antrian FIFO Gerbang Tol Tebing Tinggi Arah Keluar

Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	3	1	5	1	5	6.2	3.2
4	3	1	5	1	5	6.2	3.2
6	3	1	5	1	5	6.2	3.2
2	4	2	10	1	5	12.8	8.8
4	4	2	10	1	5	12.8	8.8
6	4	2	10	1	5	12.8	8.8
2	5	6	72.8	5	25	35.6	30.6
4	5	6	72.8	5	25	35.6	30.6
6	5	6	30	5	25	35.6	30.6

menyebabkan antrian yang panjang. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar

Dengan waktu pelayanan 5 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.86. Dengan hasil analisis yaitu $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih dalam kategori aman.

4) Analisis Antrian FIFO

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk (2 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan maksimal yaitu 6 detik, panjang antrian terpanjang yang terjadi adalah sepanjang 20 meter.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar (2 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 895$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan maksimal yaitu 6 detik, panjang antrian terpanjang yang terjadi adalah sepanjang 25 meter.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk (3 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan

$V = 21$ m. $\lambda = 1091$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan maksimal yaitu 5.6 detik, panjang antrian terpanjang yang terjadi adalah sepanjang 20 meter.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar (2 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 977$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan maksimal yaitu 5 detik, panjang antrian terpanjang yang terjadi adalah sepanjang 72.8 atau dibulatkan menjadi 73 meter.

B. Tahap Peramalan (Forecasting)

Pada tahap ini penulis melakukan *Tahap Peramalan (Forecasting)* untuk mengetahui kemampuan gerbang melayani kendaraan yang lewat dengan jumlah kendaraan yang meningkat dari tahun-tahun sebelumnya.

1) Analisis Tingkat Kedatangan (Arrival Rate) Tahun 2024

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 5,646,280 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 15,470 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,702 kendaraan.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 5.847.875 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 16,022 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,763 kendaraan.

c. Gerbang Tol Tebing Tinggi Arah Masuk

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 7,887,990 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 21,611 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 2,378 kendaraan.

d. Gerbang Tol Tebing Tinggi Arah Keluar

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 6,161,952 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 16,882 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,858 kendaraan.

2) Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2024

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Dengan waktu pelayanan 5.3 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.835. Dengan hasil analisis yaitu $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih dalam kategori aman.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Dengan waktu pelayanan 5.6 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.913. Dengan hasil analisis yaitu $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih dalam kategori aman.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk

Dengan waktu pelayanan 5.6 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 1.23. Dengan hasil analisis yaitu $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi akan

Tabel 5

Antrian FIFO Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk Tahun 2024							
Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	5.3	5	25	4	20	32.2	26.9
3	5.3	5	25	4	20	32.2	26.9
3	5.3	5	25	4	20	32.2	26.9

Tabel 6

Antrian FIFO Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar Tahun 2024							
Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	5.6	10	96.5	9	91.5	27.1	21.5
3	5.6	10	96.5	9	91.5	27.1	21.5
3	5.6	10	50	9	45	27.1	21.5

Tabel 7

Antrian FIFO Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk Tahun 2024							
Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
5	5.6	3	15	2	10	21.5	15.9
5	5.6	3	15	2	10	21.5	15.9
5	5.6	3	15	2	10	21.5	15.9
5	5.6	3	15	2	10	21.5	15.9
5	5.6	3	15	2	10	21.5	15.9

menyebabkan antrian yang panjang. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 5 gardu tol.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar

Dengan waktu pelayanan 5 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 1.03. Dengan hasil analisis yaitu $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi akan menyebabkan antrian yang panjang. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol.

3) Analisis Antrian FIFO Tahun 2024

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk (2 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5.3 detik, gardu tol yang berjumlah 3 buah yang ada masih mampu menampung volume kendaraan yang masuk ke gerbang tol pada tahun 2024. Sehingga jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2024 adalah sebanyak 3 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 25 meter.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar (2 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5.6 detik, gardu tol yang berjumlah 3 buah yang ada masih mampu menampung volume kendaraan yang masuk ke gerbang tol pada tahun 2024. Sehingga jumlah

Tabel 8

Antrian FIFO Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar Tahun 2024

Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
4	5	4	20	3	15	21.5	16.5
4	5	4	20	3	15	21.5	16.5
4	5	4	20	3	15	21.5	16.5
4	5	4	20	3	15	21.5	16.5

Tabel 9

Antrian FIFO Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk Tahun 2029

Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
4	5.3	3	15	2	10	19.1	13.8
4	5.3	3	15	2	10	19.1	13.8
4	5.3	3	15	2	10	19.1	13.8
4	5.3	3	15	2	10	19.1	13.8

gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2024 adalah sebanyak 3 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 96.5 meter.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk (3 Multi, 2 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5.6 detik, jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2024 adalah sebanyak 5 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 15 meter.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar (3 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 8.

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5 detik, jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2024 adalah sebanyak 4 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 20 meter.

4. Analisis Tingkat Kedatangan (Arrival Rate) Tahun 2029

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 6,515,432 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 17,851 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 1,964 kendaraan.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 6,821,553 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 18,690 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 2,056 kendaraan.

c. Gerbang Tol Tebing Tinggi Arah Masuk

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 9,074,812 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 24,863 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 2,735 kendaraan.

Tabel 10

Antrian FIFO Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar Tahun 2029

Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
4	5.6	4	20	3	15	27.9	21.3
4	5.6	4	20	3	15	27.9	21.3
4	5.6	4	20	3	15	27.9	21.3
4	5.6	4	20	3	15	27.9	21.3

Tabel 11

Antrian FIFO Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk Tahun 2029

Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
5	5.6	6	77.8	5	25	37.5	31.9
5	5.6	6	77.8	5	25	37.5	31.9
5	5.6	6	77.8	5	25	37.5	31.9
5	5.6	6	30	5	25	37.5	31.9
5	5.6	6	30	5	25	37.5	31.9

d. Gerbang Tol Tebing Tinggi Arah Keluar

Jumlah kedatangan kendaraan tahunan yang masuk adalah sebanyak 8,510,700 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume harian yaitu 23,317 kendaraan. Kemudian dijadikan menjadi volume arus peak hour yaitu 2,565 kendaraan.

5. Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2029

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk

Dengan waktu pelayanan 5.3 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 0.963. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa $\rho < 1$, berarti intensitas lalu lintas yang ada masih dalam kategori aman. Namun, pada perhitungan panjang antrian, antrian yang terjadi tidak memenuhi syarat pelayanan minimum yaitu kurang dari 10 kendaraan yang mengantri, sehingga diperlukan penambahan jumlah gardu tol. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar

Dengan waktu pelayanan 5.6 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 1.066. Dengan hasil analisis yaitu $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi akan menyebabkan antrian yang panjang. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk

Dengan waktu pelayanan 5.6 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 1.418. Dengan hasil analisis yaitu $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi akan menyebabkan antrian yang panjang. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 5 gardu tol.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar

Dengan waktu pelayanan 5 detik maka intensitas lalu lintas yang terjadi adalah 1.188. Dengan hasil analisis yaitu $\rho > 1$, berarti intensitas lalu lintas yang terjadi akan menyebabkan antrian yang panjang. Maka jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol.

6. Analisis Antrian FIFO Tahun 2029

a. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Masuk (3 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan

Tabel 12
Antrian FIFO Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar Tahun 2029

Jumlah Gardu Tol	WP	Perhitungan					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
4	5	8	86.5	7	77.8	45.7	40.7
4	5	8	86.5	7	77.8	45.7	40.7
4	5	8	86.5	7	77.8	45.7	40.7
4	5	8	40	7	35	45.7	40.7

$V = 21$ m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 9.

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5.3 detik, jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2029 adalah sebanyak 4 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 20 meter.

b. Gerbang Tol Sei Rampah Arah Keluar (3 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 10.

Dari Tabel 10 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5.6 detik, jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2029 adalah sebanyak 4 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 20 meter.

c. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Masuk (3 Multi, 2 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 11.

Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5.6 detik, jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2029 adalah sebanyak 5 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 77.8 meter.

d. Gerbang Tol Tb. Tinggi Arah Keluar (3 Multi, 1 Single)

Panjang kendaraan pada perhitungan analisis dibedakan sesuai golongannya, yaitu golongan I = 5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. $\lambda = 919$ kend/jam. Hasil perhitungan antrian FIFO terdapat pada Tabel 12.

Dari Tabel 12 dapat dilihat bahwa dengan waktu pelayanan kendaraan rata-rata 5 detik, jumlah gardu tol yang dibutuhkan pada tahun 2029 adalah sebanyak 4 gardu tol dengan panjang antrian terpanjang adalah sepanjang 86.5 meter.

III. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Panjang antrian yang terjadi pada gerbang tol yang ditinjau adalah sebagai berikut:

- Pada Gerbang Tol Sei Rampah arah masuk, panjang antrian yang terjadi dengan kondisi 3 gardu tol yang beroperasi dengan menggunakan WP 3 detik = 5 m; WP 4 detik = 5 m; WP 5.3 detik = 10 m; WP 6 detik = 20 m.
- Pada Gerbang Tol Sei Rampah arah keluar, panjang antrian yang terjadi dengan kondisi 3 gardu tol yang

- beroperasi dengan menggunakan WP 3 detik = 5 m; WP 4 detik = 5 m; WP 5.6 detik = 15 m; WP 6 detik = 25 m.
- Pada Gerbang Tol Tebing Tinggi arah masuk, panjang antrian yang terjadi dengan kondisi 3 gardu tol yang beroperasi dengan menggunakan WP 3 detik = 5 m; WP 4 detik = 5 m; WP 5.6 detik = 20 m.
- Pada Gerbang Tol Tebing Tinggi arah keluar, panjang antrian yang terjadi dengan kondisi 4 gardu tol yang beroperasi dengan menggunakan WP 3 detik = 5 m; WP 4 detik = 10 m; WP 5 detik = 72.8 m.

Dengan jumlah tingkat kedatangan yang ada maka jumlah gardu yang perlu dibuka untuk masing-masing gerbang tol yaitu untuk gerbang tol Sei Rampah arah masuk = 3 gardu; untuk gerbang tol Sei Rampah arah keluar = 3 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi arah masuk = 5 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi arah keluar = 4 gardu.

Dengan jumlah tingkat kedatangan yang sudah diramalkan maka jumlah gardu yang perlu dibuka untuk masing-masing gerbang tol pada tahun 2024 yaitu untuk gerbang tol Sei Rampah arah masuk = 4 gardu; untuk gerbang tol Sei Rampah arah keluar = 4 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi arah masuk = 5 gardu; untuk gerbang tol Tebing Tinggi arah keluar = 4 gardu.

B. Saran

Untuk dapat tercapainya kelancaran arus lalu lintas pada gerbang tol, perlu diberikan beberapa informasi kepada para pengguna jalan tol. Ada beberapa hal yang dapat dilakukan pengelola untuk tercapainya situasi arus lalu lintas kendaraan yang baik, hal-hal yang dapat dilakukan sebagai berikut:

- Sosialisasi kepada pengguna jalan tol terkait kesadaran saldo e-toll agar sudah cukup saat mau memasuki gerbang tol
- Memper memudahkan pengisian (top up) dan pembelian e-toll card.
- Pelatihan-pelatihan untuk operator gardu tol dalam hal perbaikan pelayanan.
- Memperelajari sistem pembayaran yang paling efektif untuk transaksi gerbang tol yang dapat diterapkan kedepannya.

Untuk mengantisipasi peningkatan volume kendaraan yang masuk pada gerbang tol yang dapat mengakibatkan kemacetan pada gerbang tol untuk masa jangka panjang, ada beberapa hal yang dapat dilakukan pengelola yaitu sebagai berikut:

- Penambahan jumlah gardu tol pada gerbang tol yang diperkirakan akan terjadi kemacetan.
- Membuat gerbang tol berbasis *Toll Plazas* bila lahan yang ada terbatas.
- Menggunakan sistem *One Way* dan *Contraflow* pada saat-saat tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Tappangrara, M. A. Tappangrara, and C. Buana, "Manajemen Lalu Lintas Akibat Adanya Pembangunan Hotel Santika Gubeng," *J. Tek. ITS*, vol. 2, no. 2, pp. E78-E83, Aug. 2013, doi: 10.12962/j23373539.v2i2.3788.
- A. Fahza and H. Widyastuti, "Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol Surabaya-Gempol," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.42123.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia," *Dep. Pekerj. Umum*, 2014.

