

# Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Ruas Tol Prof Dr. Sedyatmo, Jakarta Utara

Wika Wulandari, dan Hera Widyastuti

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: hera.widyastuti@yahoo.co.uk

**Abstrak**—Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan bagi kendaraan bersumbu dua atau lebih yang penggunanya wajib membayar tarif tol dan bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh. Pada suatu sistem jaringan jalan tol masih didapati aksesibilitas yang belum memenuhi Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol karena masih ditemui kemacetan. Kemacetan tersebut sering terjadi di pintu gerbang tol dimana merupakan akses masuk dan keluar jalan tol. Studi kasus penelitian masalah ini dilakukan pada gerbang tol Kapuk yang berada pada ruas Jalan Tol Prof Dr. Sedyatmo. Pada pada gerbang tol ini sering terjadi antrian yang panjang terutama pada jam-jam sibuk. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu pelayanan gerbang tol, panjang antrian kendaraan, volume lalu lintas dan peta jalan tol. Metode forecasting juga digunakan untuk mendapatkan lalu lintas hingga beberapa tahun kedepan. Parameter yang digunakan dalam analisa kapasitas gerbang tol ini adalah panjang antrian dan waktu pelayanan. Hasil evaluasi dan perencanaan ulang gerbang tol Kapuk ini adalah panjang antrian dan jumlah gate yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada. Untuk tahun 2019 jumlah gate untuk GTO adalah 16 dengan panjang antrian 8 emp, OBU adalah 1 dengan panjang antrian 0 emp, Multigate yang semula hanya ada 3 gardu dievaluasi menjadi 5 gardu multigate dengan panjang antrian 2 emp untuk 4 gardu tol multigate dan 1 emp untuk satu gardu multigate. Tahun 2024 jumlah gate untuk GTO adalah 10 gate dengan panjang antrian 2 emp, OBU adalah 7 dengan panjang antrian 4 emp, untuk gardu tol multigate direncanakan masih berjumlah 5 gate dengan panjang antrian 7 emp. Dan hasil analisis tahun 2029 jumlah gate untuk GTO adalah 7 gate dengan panjang antrian 4 emp, OBU adalah 8 gate dengan panjang antrian 2 emp, dan gardu tol multigate direncanakan menjadi 7 gate dengan panjang antrian 5 emp.

**Kata Kunci**—Evaluasi, Gerbang tol, Pelayanan gerbang tol.

## I. PENDAHULUAN

TRANSPORTASI merupakan salah satu sarana penunjang dalam pembangunan suatu negara. Pesatnya pembangunan dan pertumbuhan penduduk dewasa ini, membutuhkan sarana dan prasarana transportasi yang efisien. Salah satu sarana transportasi yang meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol adalah dengan menyelenggarakan jalan tol [1]. Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan memberikan perbedaan yang nyata dengan jalan biasa. Perbedaan ini diharapkan mampu memberikan kualitas yang lebih mengikat tingkat mobilitas masyarakat yang semakin meningkat [2].

Mengingat fungsi jalan tol harus memberikan pelayanan berupa kelancaran arus kendaraan tanpa adanya hambatan yang berarti, maka permasalahan – permasalahan yang mengakibatkan timbulnya kemacetan perlu diteliti lebih lanjut. Kementerian Pekerjaan Umum mempunyai Standart

Pelayanan Minimal (SPM) yang ada pada Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014 yang merupakan ukuran jenis dan mutu pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol, agar dapat mengatasi permasalahan – permasalahan yang mengakibatkan timbulnya kemacetan pada jalan tol [3].

Macet di gerbang tol menjadi salah satu keluhan pengguna mobil di Jakarta, volume kendaraan yang tinggi dan namun proses antrean di gerbang tol membuat arus lalu lintas mengalami hambatan [4]. Dari permasalahan ini dapat dilihat bahwa aksesibilitas yang ada pada gerbang tol di Jakarta belum memenuhi Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol. Aksesibilitas merupakan salah satu substansi yang terdapat pada Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol yang indikator utamanya adalah kecepatan transaksi rata – rata dan jumlah antrian kendaraan pada gerbang tol [3]. Jumlah antrian kendaraan maksimum dalam kondisi normal menurut Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol adalah 10 kendaraan pergardu [3], tetapi menurut berita yang diterbitkan pada laman berita detik.com kemacetan masih terjadi di sejumlah gerbang tol pada ruas tol sekitar Jakarta [5].

Kemacetan pada gerbang tol dapat dilihat pada gerbang tol Kapuk yang berada pada ruas Jalan Tol Prof Dr. Sedyatmo. Gerbang tol ini merupakan akses masuk ke Jakarta atau menuju Tol Dalam Kota dari arah Bandara Soekarno Hatta dan wilayah Jakarta Utara lainnya. Menurut PT. Jasa Marga yang diinformasikan melalui *Official* Twitter Lalu Lintas Jasa Marga pada gerbang tol Kapuk sering terjadi antrian kendaraan seperti antrian kendaraan yang terjadi pada 25 Juni 2019 pukul 15.58 WIB didapati antrian kendaraan dari km 24 sampai dengan km 21. Antrian kendaraan ini diakibatkan karena jumlah gate yang ada tidak mampu menampung volume lalu lintas yang ada sehingga mengakibatkan adanya panjang antrian pada gerbang tol Kapuk.

Tujuan dari studi kasus penelitian masalah ini mengevaluasi antrian yang terjadi pada gerbang tol Kapuk. Sehingga dapat melihat kapasitas dan tingkat kinerja gerbang tol Kapuk, serta dapat mengatasi kemacetan dengan merencanakan ulang gerbang tol Kapuk yang memenuhi Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Tahap Perumusan Masalah

Dalam tahap perumusan masalah dan penetapan tujuan dalam mengevaluasi masalah kapasitas dan pelayanan gerbang tol, masalah dirumuskan berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan saat ini dimana banyak sekali dijumpai kemacetan pada gerbang tol.

**B. Tahap Penentuan Lokasi**

Setelah dilakukan perumusan masalah maka dilakukan survei lapangan dengan melihat situasi dan kondisi gerbang tol, setelah itu dapat ditentukan lokasi gerbang tol yang akan ditinjau. Dalam penelitian ini gerbang tol yang ditinjau adalah Gebang Kapuk yang berada pada Jalan Tol Prof Dr. Sedyatmo, dimana pada gerbang tol tersebut sering mengalami kemacetan atau adanya antrian kendaraan yang cukup panjang pada jam-jam sibuk.

**C. Literatur Studi**

Mencari literature studi atau acuan yang dapat menunjang penulisan penelitian Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Ruas Tol Prof Dr. Sedyatmo Jakarta Utara, baik berupa jurnal, informasi-informasi dari internet, maupun buku yang berhubungan dengan penelitian perencanaan ulang gerbang tol.

**D. Tahap Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang digunakan untuk mendukung pengerjaan studi ini sebagai berikut :

**1) Data Primer**

Pengambilan data primer dilakukan langsung dilapangan dengan mengadakan survei lapangan. Survei dilakukan pada tiap gardu masuk yang beroperasi di Gerbang Kapuk. Data-data yang diambil sewaktu melakukan survei diantaranya waktu pelayanan dan panjang antrian. Waktu pelayanan (*service time*), dilakukan pada saat kendaraan berhenti di depan gardu (loket) untuk mengadakan transaksi (saat pembayaran tol sedang berlangsung) sampai kendaraan tersebut bergerak meninggalkan gardu. Pengambilan data waktu pelayanan dihitung menggunakan *stopwatch*. Panjang antrian, dilakukan dengan mengukur panjang antrian yang terjadi sesaat setelah kendaraan berada tepat didepan gardu untuk melakukan transaksi sampai dengan kendaraan yang berada paling belakang pada sistem antrian tersebut.

**2) Data Sekunder**

Pengambilan data sekunder, diperoleh dari pihak PT. Jasa Marga selaku pengelola jalan tol Cawang – Tomang – Cengkareng dimana terdapat ruas Jalan Tol Prof. Sedyatmo. Data yang diambil adalah data – data yang berhubungan dengan penelitian ini diantaranya data lalu lintas jalan, peta jalan tol, konfigurasi gerbang.

**E. Evaluasi Tingkat Pelayanan**

Mengevaluasi tingkat pelayanan sesuai dengan kondisi pada gerbang tol Kapuk saat ini. Evaluasi tingkat pelayanan ini menggunakan beberapa metode analisis :

**1) Analisis waktu pelayanan**

Analisis waktu pelayanan menggunakan data waktu pelayanan tiap kendaraan yang melintas pada gardu tol sesuai dengan golongan kendaraan yang ada untuk melihat tingkat pelayanan yang ada.

**2) Analisis tingkat kedatangan**

Analisis tingkat kedatangan menggunakan jumlah kendaraan yang melintasi gerbang tol Kapuk.

**3) Analisis antrian**

Analisis antrian ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi pada gerbang tol. Dalam menganalisis antrian pada gerbang tol digunakan teori antrian FIFO (*First In First Out*).

Tabel 1

Jumlah Kendaraan pada Gerbang Tol Kapuk

No	Golongan Kendaraan	Gate	Jumlah (smp/jam)
1		GTO	7378
2		OBU	145
3	Golongan I	Multigate 2.2	66
4		Multigate 2.3	42
5		Multigate 2.5	29
6		Multigate 2.2	287
7	Golongan II	Multigate 2.3	234
8		Multigate 2.5	114
9		Multigate 2.2	89
10	Golongan III	Multigate 2.3	72
11		Multigate 2.5	40
12		Multigate 2.2	39
13	Golongan IV	Multigate 2.3	89
14		Multigate 2.5	52
15		Multigate 2.2	46
16	Golongan V	Multigate 2.3	35
17		Multigate 2.5	20

**4) Forecasting**

Setelah melakukan evaluasi tingkat pelayanan dengan kondisi saat ini dilakukan *forecasting* untuk memperoleh tingkat kedatangan ditahun yang akan datang yang digunakan untuk perencanaan ulang gerbang tol.

**F. Perencanaan Ulang**

Membuat perencanaan ulang gerbang tol tahun 2024 dan 2029 sesuai dengan Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol, menggunakan system Gardu Tol Otomatis dan *On Board Unit*.

**III. PENGUMPULAN DATA**

**A. Data Primer**

Data primer diperoleh dari survei langsung ke lokasi studi yaitu pada gerbang tol Kapuk. Data yang diambil berupa waktu pelayanan untuk gardu tol otomatis, waktu pelayanan On Board Unit dan waktu pelayanan gardu tol Multigate serta melihat panjang antrian yang ada pada lokasi studi.

**B. Data Sekunder**

Data yang diperoleh dari PT. Jasa Marga berupa volume kendaraan, proporsi kendaraan tiap gardu, layout gerbang tol dan peta jalan tol

**IV. ANALISIS DATA**

**A. Analisis Tingkat Kedatangan**

Tingkat kedatangan adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit [6].

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, untuk mendapatkan arus jam puncak kedaraan maka volume kendaraan harus dikalikan dengan faktor K (0,11) dan untuk penyeragaman analisis harus dikonversian kedalam satuan kendaraan ringan (skr) dengan dikalikan nilai ekr untuk jalan bebas hambatan [7]. Tabel 1 adalah tabel tingkat kedatangan atau jumlah kendaraan pada gerbang tol Kapuk.

Tabel 2  
Hasil Analisis Tingkat Pelayanan Multigate

No	Gardu	Gol. Kendaraan	$\mu$	$\lambda$	$\mu.\lambda$	$\mu_{gate}$
1	Multigate 2.2	Golongan 1	514	66	34156	379
		Golongan 2	400	287	114905	
		Golongan 3	300	89	26655	
		Golongan 4	300	39	11620	
		Golongan 5	277	46	12685	
2	Multigate 2.3	Golongan 1	450	42	18971	346
		Golongan 2	360	234	84399	
		Golongan 3	327	72	23481	
		Golongan 4	300	89	26660	
		Golongan 5	288	35	10169	
3	Multigate 2.5	Golongan 1	429	29	12355	348
		Golongan 2	360	114	41147	
		Golongan 3	360	40	14545	
		Golongan 4	300	52	15720	
		Golongan 5	269	20	5342	

Jumlah kendaraan tersebut merupakan jumlah kendaraan yang telah dikalikan dengan faktor jam puncak dan nilai ekr.

**B. Analisis Waktu Pelayanan**

Waktu Pelayanan dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang [6], sehingga:

$$WP = \frac{1}{\mu} \tag{1}$$

Dimana :

WP = waktu pelayanan

$\mu$  = tingkat pelayanan

Waktu pelayanan yang digunakan untuk evaluasi tingkat pelayanan gerbang tol Kapuk didapatkan dari hasil survey di gerbang tol Kapuk untuk GTO golongan I, *On Board Unit*, Multigate 2.2, Multigate 2.3, Multigate 2.5. Dalam menentukan waktu pelayanan dilihat dari nilai rata-rata (mean), presentase kumulatif 50%, dan persentase kumulatif 75% dari tiga nilai tersebut dipilih nilai terdekat dengan nilai median dan modus.

Dari hasil analisis waktu pelayanan didapatkan nilai WP 7 detik untuk GTO kendaraan golongan I. untuk gardu tol On Board Unit didapatkan nilai WP 4 detik. Gardu tol Multigate 2,2 didapatkan nilai WP 7 detik untuk kendaraan golongan I, WP 9 detik untuk kendaraan golongan II, WP 12 detik untuk kendaraan golongan III, WP 12 detik untuk kendaraan golongan IV, WP 13 untuk kendaraan golongan V. Gardu tol Multigate 2,3 didapatkan nilai WP 8 detik untuk kendaraan golongan I, WP 10 detik untuk kendaraan golongan II, WP 12 detik untuk kendaraan golongan III, WP 12 detik untuk kendaraan golongan IV, WP 12,5 detik untuk kendaraan golongan V. Dan Gardu tol Multigate 2.5 didapatkan nilai WP 8 detik untuk kendaraan golongan I, WP 10 detik untuk kendaraan golongan II, WP 10 detik untuk kendaraan golongan III, WP 12 detik untuk kendaraan golongan IV, WP 13,4 detik untuk kendaraan golongan V.

**C. Analisis Tingkat Pelayanan**

Tingkat pelayanan adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu [6]. Pada evaluasi tingkat pelayanan gerbang tol Kapuk memerlukan analisa tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate yang dilewati oleh kendaraan golongan I, II, III, IV dan kendaraan golongan V. Analisa tingkat pelayanan ini menggunkana waktu pelayanan masing-masing jenis kendaraan yang melintas pada gardu Multigate. Tabel 2 adalah hasil analisis tingkat pelayanan gardu tol multigate.

Analisis tingkat pelayanan tersebut dianalisis sesuai dengan proporsi kendaraan yang melewati gardu tol multigate.

**D. Analisis Intensitas Lalu Lintas**

Intensitas lalu lintas ( $\rho$ ) merupakan nisbah dari tingkat kedatangan dengan tingkat pelayanan dengan persyaratan bahwa nilai tersebut harus lebih kecil dari 1.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \tag{2}$$

Dimana:

$\rho$  = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian

$\lambda$  = tingkat kedatangan

$\mu$  = tingkat pelayanan

Pada evaluasi intensitas lalu lintas gerbang Tol Kapuk pada tahun 2019 dapat dilihat dari perhitungan intensitas lalu lintas dengan kondisi lapangan yang sesungguhnya. Tipe gardu yang ada pada gerbang tol Kapuk adalah Gardu tol Otomatis, *On Board Unit* dan Multigate. Contoh perhitungan analisis intensitas gerbang tol Kapuk untuk GTO golongan 1 :

$\lambda$  = Banyaknya tingkat kendaraan yang melintas

$\mu$  = Waktu pelayanan gardu tol

N= Jumlah Gardu Tol Otomatis

$\lambda$  Gardu Tol Otomatis (GTO) = 7378 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 7 detik

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 \times 3600}{7}$$

$$= 514,28$$

$$N = 12 \text{ gardu}$$

Analisa :

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

$$\rho = \frac{7378 / 12}{514,28} = 1,195 > 1$$

Dari hasil analisis terhadap gerbang tol Kapuk diperoleh hasil  $\rho > 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori yang tidak aman. Perlu dilakukan perencanaan ulang waktu pelayanan dan jumlah gardu yang ada agar dapat masuk dalam kategori aman.

Analisa ulang :

$\lambda$  Gardu Tol Otomatis (GTO) = 7378 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 7 detik

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 \times 3600}{7}$$

Tabel 3  
Hasil Analisis Intensitas Lalu Lintas

No	Gardu	Eksisting				
		$\lambda$	$\mu$	N	$\rho$	$\rho < 1$
1	GTO gol. 1	7378	514	12	1,195	NOT OK
2	OBU gol.1	145	900	1	0,161	OK
3	Multigate 2.2	527	379	1	1,389	NOT OK
4	Multigate 2.3	473	346	1	1,364	NOT OK
5	Multigate 2.5	256	348	1	0,734	OK

Tabel 4  
Hasil Analisis Intensitas Lalu Lintas

No	Gardu	Eksisting				
		$\lambda$	$\mu$	N	$\rho$	$\rho < 1$
1	GTO gol. 1	7378	514	16	0,897	OK
2	OBU gol.1	145	900	1	0,161	OK
3	Multigate 2.2	527	379	2	0,694	OK
4	Multigate 2.3	473	346	2	0,682	OK
5	Multigate 2.5	256	348	1	0,734	OK

$$N = 514$$

$$= 16 \text{ gardu}$$

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

$$\rho = \frac{7378 / 16}{514, 28} = 0,867 < 1$$

Dari hasil analisis ulang terhadap gerbang tol Kapuk memperoleh hasil  $\rho < 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori aman. Tabel 3 adalah hasil evaluasi intensitas lalu lintas tahun 2019.

Dari hasil analisis terhadap gerbang tol Kapuk diperoleh hasil  $\rho > 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori yang tidak aman. Maka perlu dilakukan perencanaan ulang waktu pelayanan dan jumlah gardu yang ada agar dapat masuk dalam kategori aman. Tabel 4 adalah hasil analisis ulang intensitas lalu lintas tahun 2019.

Hasil analisis ulang terhadap evaluasi gerbang tol Kapuk pada tahun 2019 memperoleh hasil  $\rho < 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori aman.

#### E. Analisis Antrian

Dalam evaluasi dan perencanaan pelayanan gerbang tol Kapuk menggunakan system antrian FIFO (First In First Out), berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung antrian dengan disiplin FIFO [6]:

$$n = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \tag{3}$$

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \tag{4}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \tag{5}$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = d - \frac{1}{\mu} \tag{6}$$

Dimana :

n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang persatuan waktu)

Tabel 5  
Hasil Analisis Antrian

No	Gardu	Rencana				
		n	q	d	w	$q < 10$
		(emp)	(emp)	(dtk)	(dtk)	emp
1	GTO gol. 1	8,67	7,78	67,71	60,71	OK
2	OBU gol.1	0,19	0,03	4,77	0,77	OK
3	Multigate 2.2	2,27	1,58	31,04	21,56	OK
4	Multigate 2.3	2,15	1,46	32,69	22,29	OK
5	Multigate 2.5	2,76	2,03	38,91	28,57	OK

Tabel 6  
Tingkat Kedatangan Tahun 2024

No	Gate	Golongan Kendaraan	Jumlah (smp/jam)
1	GTO	I	5125
2	OBU	I	5125
3	Multigate	II	851
		III	270
		IV	239
		V	135

q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang persatuan waktu)

d = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

w = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Analisis antrian pada gerbang tol Kapuk dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan waktu antrian pada gerbang tol yang direncanakan. Tabel 5 adalah hasil perhitungan analisis antrian.

Dari hasil analisis antrian pada gerbang tol Kapuk sudah memenuhi Standar Pelayanan Minimum dimana panjang antrian kendaraan yang ada sudah kurang dari 10 kendaraan.

## V. PERENCANAAN INTENSITAS LALU LINTAS 2024

### A. Analisis Tingkat Kedatangan

Tingkat kedatangan pada tahun 2024 diperoleh dari metode forecasting untuk mendapatkan volume lalu lintas ditahun yang akan datang. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan faktor K sebesar 0,11 dan untuk penyeragaman saat analisis maka harus dikonversikan kedalam satuan kendaraan ringan (skr) dengan dikalikan dengan nilai ekr untuk jalan bebas hambatan [7]. Tabel 6 adalah tabel hasil analisis tingkat kedatangan pada tahun 2024 menggunakan tingkat kedatangan kendaraan yang telah diforcasting.

Jumlah kendaraan pada tingkat kedatangan tahun 2024 tersebut merupakan jumlah kendaraan yang telah dikalikan dengan faktor jam puncak dan nilai ekr.

### B. Analisis Tingkat Pelayanan

Pada perencanaan tingkat pelayanan gerbang tol Kapuk memerlukan analisa tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate yang dilewati oleh kendaraan golongan II, III, IV dan kendaraan golongan V. Analisa tingkat pelayanan ini menggunakan waktu pelayanan yang mempunyai proporsi paling kecil pada evaluasi sebelumnya. Berikut adalah analisis tingkat pelayanan tahun 2024 :

Tabel 7  
Intensitas Lalu Lintas Tahun 2024

No	Jenis Gardu	$\lambda$	$\mu$	N	$\rho$	$\rho < 1$
1	GTO Golongan 1	5125	720	10	0,7118	OK
2	OBU Golongan 1	5125	900	7	0,8135	OK
3	Multigate	1495	338	5	0,8846	OK

Tabel 8  
Hasil Analisis Antrian 2024

lo	Gardu	Rencana				$q < 10$ em
		n (emp)	q (emp)	d (dtk)	w (dtk)	
1	GTO gol. 1	2,47	1,76	17,35	12,35	OK
2	OBU gol.1	4,36	3,55	21,45	17,45	OK
3	Multigate	7,67	6,78	92,32	81,67	OK

Waktu Pelayanan :

1. Golongan II = 10 detik  $\rightarrow 3600/10 = 360$
2. Golongan III = 11detik  $\rightarrow 3600/11 = 327$
3. Golongan IV = 11 detik  $\rightarrow 3600/12 = 300$
4. Golongan V = 12,5 detik  $\rightarrow 3600/12,5 = 288$

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan II = 851 kend/jam
2. Golongan III = 270 kend/jam
3. Golongan IV = 239 kend/jam
4. Golongan V = 135 kend/jam

$$\mu = \frac{(360 \times 851) + (327 \times 270) + (300 \times 239) + (288 \times 135)}{851 + 270 + 239 + 135}$$

$$= 388 \text{ kend/jam}$$

#### C. Analisa Intensitas Lalu Lintas Tahun 2024

Untuk mempercepat waktu pelayanan maka digunakan waktu pelayanan 5 detik untuk gardi tol otomatis dan 4 detik untuk *On Board Unit*. Perhitungan perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% GTO dan 50% OBU. Tabel 7 adalah hasil perhitungan intensitas lalu lintas tahun 2024.

Hasil analisis intensitas tahun 2024 terhadap gerbang tol Kapuk memperoleh hasil  $\rho < 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori aman.

#### D. Analisis Antrian

Analisis antrian pada gerbang tol Kapuk pada tahun 2024 dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan waktu antrian pada gerbang tol yang akan direncanakan. Tabel 8 adalah hasil analisis panjang antrian tahun 2024.

Dari hasil analisis antrian pada gerbang tol Kapuk untuk tahun 2024 sudah memenuhi Standar Pelayanan Minimum dimana panjang antrian kendaraan yang ada sudah kurang dari 10 kendaraan.

## VI. PERENCANAAN INTENSITAS LALU LINTAS 2029

### A. Tingkat Kedatangan

Tingkat kedatangan pada tahun 2029 diperoleh dari metode forecasting dari data volume lalu lintas tahun sebelumnya. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan ada harus dikalikan dengan faktor K sebesar 0,11 dan untuk penyeragaman saat analisis maka

Tabel 9  
Tingkat Kedatangan Tahun 2029

No	Gate	Golongan Kendaraan	Jumlah (smp/jam)
1	GTO	I	4115
2	OBU	I	9601
3	Multigate	II	1138
		III	361
		IV	320
		V	180

Tabel 10  
Hasil Analisa Intensitas Lalu Lintas 2029

No	Jenis Gardu	$\lambda$	$\mu$	N	$\rho$	$\rho < 1$
1	GTO Golongan 1	4115	720	7	0,8164	OK
2	OBU Golongan 1	9601	1800	8	0,6668	OK
3	Multigate	1999	338	7	0,8449	OK

harus dikonversian kedalam satuan kendaraan ringan (skr) dengan dikalikan dengan nilai ekr untuk jalan bebas hambatan [7]. Tabel 9 adalah jumlah tingkat kedatangan pada tahun 2029.

Jumlah kendaraan pada tingkat kedatangan tahun 2029 tersebut merupakan jumlah kendaraan yang telah dikalikan dengan faktor jam puncak dan nilai ekr.

### B. Analisis Tingkat Pelayanan

Pada perencanaan tingkat pelayanan gerbang tol Kapuk memerlukan analisa tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate yang dilewati oleh kendaraan golongan II, III, IV dan kendaraan golongan V. Analisa tingkat pelayanan ini menggunkana waktu pelayanan yang mempunyai proporsi paling kecil pada evaluasi sebelumnya. Berikut adalah analisis tingkat pelayanan tahun 2029 :

Waktu Pelayanan :

1. Golongan II = 10 detik  $\rightarrow 3600/10 = 360$
2. Golongan III = 11 detik  $\rightarrow 3600/11 = 327$
3. Golongan IV = 11 detik  $\rightarrow 3600/11 = 300$
4. Golongan V = 12,5 detik  $\rightarrow 3600/12,5 = 288$

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan II = 1138 kend/jam
2. Golongan III = 361 kend/jam
3. Golongan IV = 320 kend/jam
4. Golongan V = 180 kend/jam

$$\mu = \frac{(360 \times 1138) + (327 \times 361) + (300 \times 320) + (288 \times 180)}{1138 + 361 + 320 + 180}$$

$$= 338 \text{ kend/jam}$$

### C. Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2029

Untuk mempercepat waktu pelayanan maka digunakan waktu pelayanan 5 detik untuk gardi tol otomatis dan 2 detik untuk *On Board Unit*. Perhitungan perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 30% GTO 70% OBU. Tabel 10 adalah hasil intensitas lalu lintas tahun 2029.

Hasil analisis intensitas tahun 2029 terhadap gerbang tol Kapuk memperoleh hasil  $\rho < 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori aman.

Tabel 11  
Hasil Analisis Antrian Tahun 2029

o	Jenis Gardu	n (emp)	q (emp)	d (detik)	w (detik)	q < 10 en
	GTO golongan 1	4,45	3,63	27,24	22,24	OK
	OBU golongan 1	2,001	1,33	6,00	4,00	OK
	Multigate	5,45	4,60	68,66	58,01	OK

D. Analisis Antrian

Analisis antrian pada gerbang tol Kapuk pada tahun 2029 dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan waktu antrian pada gerbang tol yang direncanakan. Tabel 11 adalah hasil analisis antrian tahun 2029.

Dari hasil analisis antrian pada gerbang tol Kapuk tahun 2029 sudah memenuhi Standar Pelayanan Minimum dimana panjang antrian kendaraan yang ada kurang dari 10 kendaraan.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1) Panjang Antrian

Panjang antrian yang terjadi di tiap gardu pada gerbang tol Kapuk sesuai dengan hasil evaluasi dan perencanaan yang telah memenuhi standar pelayanan minimum (SPM) Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014. Berikut adalah hasil analisis panjang antrian kendaraan :

a. Panjang antrian pada tahun 2019 :

- Gardu Tol Otomatis untuk golongan I:  $n = 9$  emp,  $q = 8$  emp.
- On Board Unit :  $n = 1$  emp,  $q = 0$  emp.
- Multigate 2.2 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V :  $n = 3$  emp,  $q = 2$  emp.
- Multigate 2.3 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V :  $n = 3$  emp,  $q = 2$  emp.
- Multigate 2.5 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V :  $n = 3$  emp,  $q = 2$  emp.

b. Panjang antrian pada tahun 2024 :

- Gardu Tol Otomatis untuk golongan I :  $n = 3$  emp,  $q = 2$  emp.
- On Board Unit :  $n = 5$  emp,  $q = 4$  emp.
- Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V :  $n = 8$  emp,  $q = 7$  emp.

c. Panjang antrian pada tahun 2019 :

- Gardu Tol Otomatis untuk golongan I :  $n = 5$  emp,  $q = 4$  emp.
- On Board Unit :  $n = 3$  emp,  $q = 2$  emp.
- Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V :  $n = 6$  emp,  $q = 5$  emp

2) Jumlah Gardu

Dari hasil analisis intensitas lalu lintas seluruh gardu tol sudah dirancang maksimal dengan komposisi jumlah gardu yang memenuhi standar pelayanan minimum (SPM) Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014. Berikut adalah hasil perhitungan jumlah gardu yang dibutuhkan pada gerbang tol Kapuk untuk tahun 2019, 2024, 2029 :

a. Jumlah gardu pada tahun 2019, dengan system GTO, OBU dan multigate :

- Gardu Tol Otomatis untuk golongan I = 16
- On Board Unit = 1

- Multigate 2.2 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V = 2
- Multigate 2.3 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V = 2
- Multigate 2.5 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V = 1

b. Jumlah gardu pada tahun 2024, dengan proporsi 50% GTO dan 50% OBU untuk golongan I. Waktu pelayanan untuk GTO diperkecil menjadi 5 detik :

- Gardu Tol Otomatis untuk golongan I = 10
- On Board Unit = 7
- Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V = 5

c. Jumlah gardu pada tahun 2029, dengan proporsi 30% GTO dan 70% OBU untuk golongan I. Waktu pelayanan untuk GTO diperkecil menjadi 5 detik dan waktu pelayanan OBU diperkecil menjadi 1 detik :

- Gardu Tol Otomatis untuk golongan I = 7
- On Board Unit = 8
- Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V = 7

B. Saran

Memperbanyak jumlah gate On Board Unit dan disarankan perangkat OBU dijual dengan harga terjangkau.

Meningkatkan system atau memperbaiki system pada tiap jenis gardu supaya bisa memperpendek waktu transaksi pada gardu tol otomatis dan on board unit.

Pada tahun 2024 dan 2029 gardu tol multigate hanya diperuntukan untuk golongan kendaraan II, III, IV dan V. Kendaraan golongan I tidak dapat melewati gardu multigate mengingat adanya beberapa resiko yang akan terjadi diantaranya keamanan pengendara kendaraan golongan I jika melewati gate yang sama dengan kendaraan lain yang lebih besar selain itu mencegah kemungkinan kendaraan golongan I yang melewati gardu tol multigate tanpa melakukan pembayaran.

Diperlukan sosialisasi untuk perencanaan layout gerbang tol sesuai dengan letak gardu dilapangan agar tidak menghambat dan memperparah antrian kendaraan yang ada.

Diperlukan studi yang lebih detail untuk perencanaan gerbang tol agar tidak terjadi penumpukan kendaraan pada gerbang tol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis W.W. mengucapkan terima kasih kepada PT Jasa Marga yang telah memberikan pinjaman data untuk analisis studi ini, dan tidak lupa kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pemerintah Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol," *Pemerintah Republik Indonesia*, 2005. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/49351>. [Accessed: 10-Feb-2020].

[2] A. Fahza and H. Widyastuti, "Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol Surabaya-Gempol.," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 1, pp. E54-E59, Jun. 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.42123.

[3] Kementerian Pekerjaan Umum, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor. 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol*. 2014.

- [4] I. Kholid, "Macet di Gerbang Tol Jadi Salah Satu Keluhan Pengguna Mobil di Jakarta," *Detik News*, 2016. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-3220816/macet-di-gerbang-tol-jadi-salah-satu-keluhan-pengguna-mobil-di-jakarta>. [Accessed: 10-Feb-2020].
- [5] D. Darmajati, "Pagi Ini, Kemacetan Terjadi di Sejumlah Ruas Tol Sekitar Jakarta," *Detik News*, 2019. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-4556384/pagi-ini-kemacetan-terjadi-di-sejumlah-ruas-tol-sekitar-jakarta>. [Accessed: 10-Feb-2020].
- [6] O. Z. Tamin, *Perencanaan, Pemodelan dan Rekayasa Transportasi*. Bandung, 2008.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia," Bandung, 2014.