

PENGARUH PENERAPAN SISTEM PENGUMPUL TOL ELEKTRONIK TERHADAP PELAYANAN GERBANG TOL

Sodikin

Program Studi Transportasi
Magister Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Hayam Wuruk 5-7, Semarang
Fax: 62-24-8311802
sodikinusman@yahoo.com

Bambang Pudjianto

Program Studi Transportasi
Magister Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Hayam Wuruk 5-7, Semarang
Fax: 62-24-8311802
mthoodip@matralintas.net

Bambang Riyanto

Program Studi Transportasi
Magister Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Hayam Wuruk 5-7, Semarang
Fax: 62-24-8311802
bbriyanto@yahoo.com

Abstract

An Electronic Toll Collection (ETC) system can be used to reduce vehicle queues in toll gates. This study aims to determine the most effective combination of conventional and ETC booths in a toll gate. The Pondok Gede Timur toll gate was selected as a case study for this research. The results show that vehicle flow did not linearly affect the vehicle lost time since the fluctuations of vehicle flows were significantly different from one day to another. The application of ETC system could reduce the queue length, both in conventional and ETC booths located in a toll gate.

Keywords: conventional toll booth, ETC booth, lost time, and queue length.

PENDAHULUAN

Sistem pengumpulan tol yang dioperasikan di Indonesia masih menggunakan sistem pengumpulan tol konvensional (tradisional), yaitu sistem pengumpulan tol yang dilakukan dengan transaksi secara manual, baik pada sistem terbuka maupun tertutup. Sistem pengumpulan tol konvensional ini membutuhkan waktu yang relatif tidak sedikit bagi para pengguna jalan tol, karena setiap kendaraan diharuskan untuk berhenti selama beberapa saat untuk mendapatkan pelayanan petugas pengumpulan tol. Selain itu, pada waktu tertentu ketika terjadi jam sibuk, para pengguna jalan tol harus melakukan antrian yang dibarengi dengan gerakan percepatan, perlambatan, dan berhenti berkali-kali. Dengan demikian sistem pengumpulan tol konvensional telah merugikan sedemikian besar pengguna jalan tol, sehingga mengakibatkan besarnya biaya akibat antrian akibat waktu yang terbuang untuk mengantri.

Hal mendasar dalam memecahkan masalah ini, adalah menyeimbangkan antara interval waktu kedatangan (*time headway*) dengan kemampuan waktu pelayanan (*time service*) yang dilakukan di gardu tol. Melakukan pengaturan waktu (*headway*) antar kedatangan kendaraan yang menuju gerbang tol merupakan hal yang tidak mungkin dilakukan mengingat distribusi kedatangan tidak beraturan dan tidak terbatas. Karena itu kemungkinan yang dapat dilakukan adalah dengan mempersingkat waktu pelayanan pada sistem pelayanan di gardu tol.

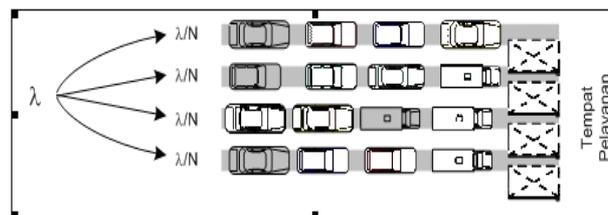
Peningkatan kemampuan alat yang mampu melayani lebih cepat merupakan cara yang paling sesuai untuk dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian yang mengarah kepada pemanfaatan suatu sistem pelayanan yang mampu melayani dengan cepat, akurat dan handal, serta mampu mereduksi lama antrian kendaraan di gardu tol secara signifikan, yang berbentuk sistem pengumpulan elektronik.

Electronic Toll Collection (ETC) adalah suatu teknologi yang memungkinkan untuk melakukan pembayaran secara elektronik pada sistem pengumpulan tol. Sistem ini dioperasikan dengan menggunakan alat komunikasi yang ada atau terpasang pada kendaraan, seperti *transponder*, *wireless* atau GPS, untuk dideteksi dengan alat yang

terpasang pada pintu tol, yaitu *Automatic Vehicle Identification (AVI)*, *Automatic Vehicle Classification (AVC)*, dan *Vehicle Enforcement System (VES)*, sehingga kendaraan yang melewati gardu tol tidak perlu berhenti dalam melakukan transaksi (Smith, 2003).

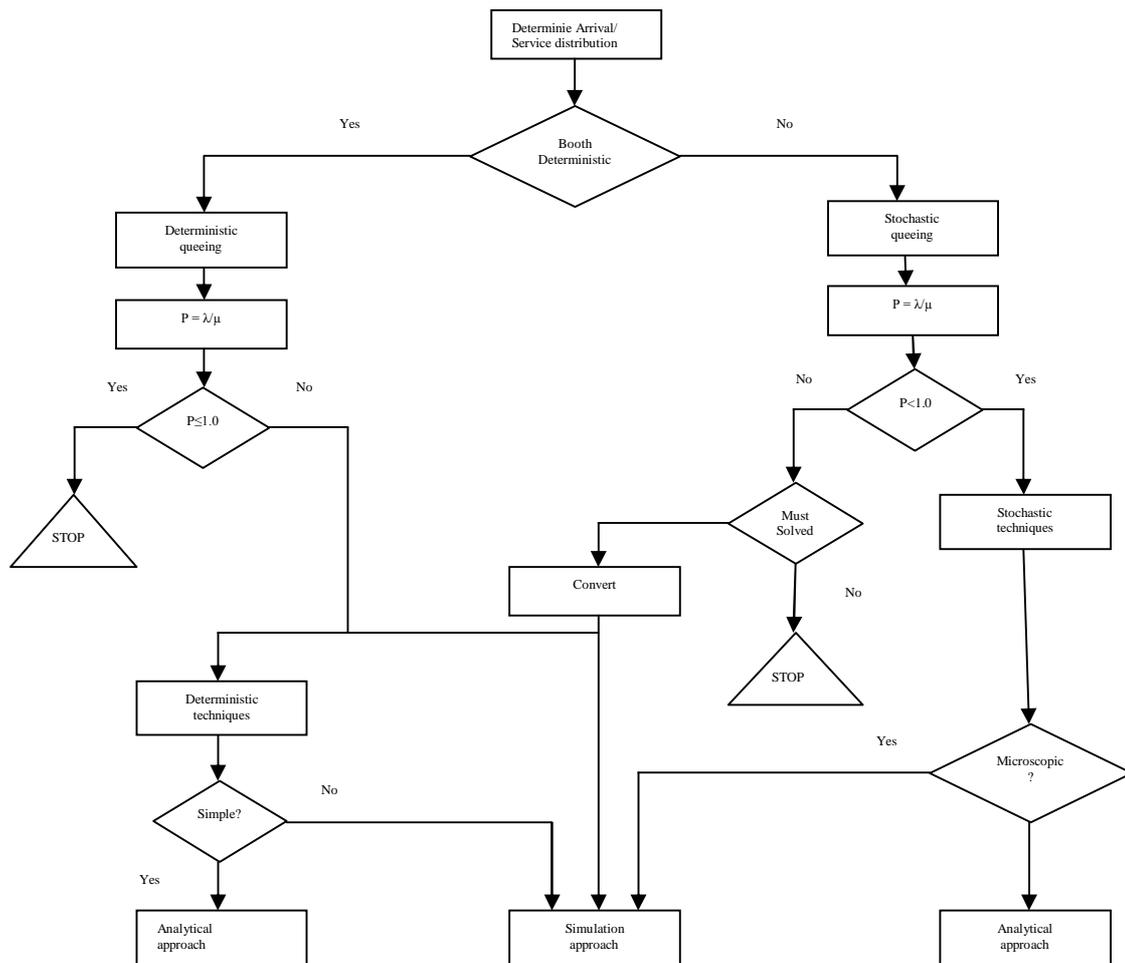
Proses terjadinya antrian kendaraan di gardu tol terdiri atas 4 (empat) tahap, yaitu:

1. Tahap I; tahap ketika arus lalulintas (kendaraan) bergerak dengan suatu kecepatan tertentu menuju suatu tempat pelayanan. Besarnya arus lalulintas yang datang disebut tingkat kedatangan (λ). Jika digunakan disiplin antrian FIFO (First In First Out) dan terdapat lebih dari 1 (satu) tempat pelayanan (multilajur), maka tingkat kedatangan (λ) tersebut akan membagi dirinya secara merata untuk setiap tempat pelayanan sebesar (λ/N) dengan N adalah tempat pelayanan. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa akan terbentuk N antrian berlajur tunggal dengan setiap antrian berlajur tunggal berlaku disiplin FIFO.
2. Tahap II; tahap ketika arus lalulintas (kendaraan) mulai bergabung dengan antrian yang menunggu untuk dilayani. Waktu antrian didefinisikan sebagai waktu sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian sampai dengan waktu kendaraan mulai dilayani oleh suatu tempat pelayanan.
3. Tahap III; tahap ketika arus lalulintas (kendaraan) dilayani oleh suatu tempat pelayanan. Waktu pelayanan (WP) didefinisikan sebagai waktu sejak dimulainya kendaraan dilayani sampai dengan waktu kendaraan selesai dilayani.
4. Tahap IV; tahap ketika arus lalulintas (kendaraan) meninggalkan tempat pelayanan melanjutkan perjalanan.



Gambar 1 Proses Terjadinya Antrian di Gardu Tol

Analisis antrian deterministik dapat dibagi menjadi dua tingkatan (Alvinsyah et al, 2001). Analisis antrian dapat dilakukan pada tingkat makroskopik bila kedatangan dan pelayanan yang ada bersifat menerus, atau analisis antrian dilakukan pada tingkat mikroskopik bila kedatangan dan pelayanan yang ada bersifat diskrit. Untuk itu diperlukan suatu perkiraan mengenai klasifikasi distribusi kedatangan diperlukan untuk untuk menentukan jenis analisis antrian, apakah termasuk dalam analisis deterministik ataukah termasuk dalam stokastik. Jika masing-masing distribusi kedatangan dan atau distribusi pelayanan bersifat stokastik dengan kedatangan tetap dan atau waktu pelayanan pada masing-masing kendaraan tidak diketahui, analisis antrian stokastik menjadi pilihan. Apabila waktu kedatangan dan waktu pelayanan pada masing-masing kendaraan diketahui, kedua distribusi, baik distribusi kedatangan maupun distribusi pelayanan, adalah deterministik. Pada Gambar 2 ditunjukkan kapan proses antrian dianalisis menggunakan analisis antrian deterministik dan kapan menggunakan analisa antrian stokastik.



Gambar 2 Proses Pemilihan Analisis Antrian

Untuk intensitas lalu lintas lebih besar daripada 1 ($\rho > 1$), hanya dapat dipecahkan dengan pendekatan proses antrian ke proses antrian deterministik atau dengan melakukan penyesuaian dengan beberapa waktu pelayanan, variasi tingkat kedatangan rata-rata, dan tingkat pelayanan rata-rata atau $L \leq 15$ dengan cara terakhir, yaitu dengan cara simulasi mikroskopik. Berdasarkan studi sebelumnya (Lin and Su, 1994) untuk suatu nilai panjang antrian rata-rata, waktu rata-rata di dalam sistem dapat diestimasikan sebagai berikut:

$$T = \frac{1605 + 3250L}{C} \quad T = \frac{8748 + 2776L}{C} \quad L > 15 \quad (1)$$

dengan:

- T = waktu rata-rata di dalam sistem (detik)
- L = panjang rata-rata antrian (kendaraan)
- C = kapasitas gerbang (kendaraan per jam)
- ST = waktu pelayanan (detik)

Hubungan antara panjang rata-rata antrian dengan kapasitas gardu tol dan rasio V/C dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$L \approx 0 \text{ jika } V/C \leq 0,5 \quad (2)$$

$$L = 7 V/C - 3,5 \text{ jika } 0,5 \leq V/C \leq 0,93 \quad (3)$$

$$L = 3 \left[1 + 6,29 \left(\frac{V}{C} - 0,93 \right) \left(\frac{C}{360} - 1 \right) \right] \left[1 + \left(14 \frac{V}{C} - 13 \right)^2 t \right] \quad (4)$$

dengan:

V/C = rasio volume kapasitas gerbang

t = durasi arus (jam)

METODOLOGI DAN ASUMSI

Metode perhitungan dan analisis terhadap rancangan sistem pelayanan ETC dapat dilakukan berdasarkan asumsi atau data sekunder yang diperoleh dari PT. Jasa Marga. Jumlah gardu yang dioperasikan dengan menggunakan sistem ETC disesuaikan dengan efisiensi berdasarkan penggabungan atau kombinasi antara gardu konvensional dan ETC.

Kondisi pada saat pengumpulan tol belum menggunakan sistem ETC atau masih menggunakan sistem pengumpulan konvensional (eksisting) adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan yang masuk ke sistem antrian dianggap akan membagi secara merata ke sebelas pintu yang ada sesuai teori antrian, sehingga dianggap saluran kedatangan tunggal dan fasilitas pelayanan tunggal (*single channel-single phase*).
2. Disiplin antrian yang digunakan adalah FIFO.
3. Tingkat kedatangan dianggap tidak tetap, tetapi tingkat pelayanan tetap, sehingga termasuk dalam proses antrian deterministik.

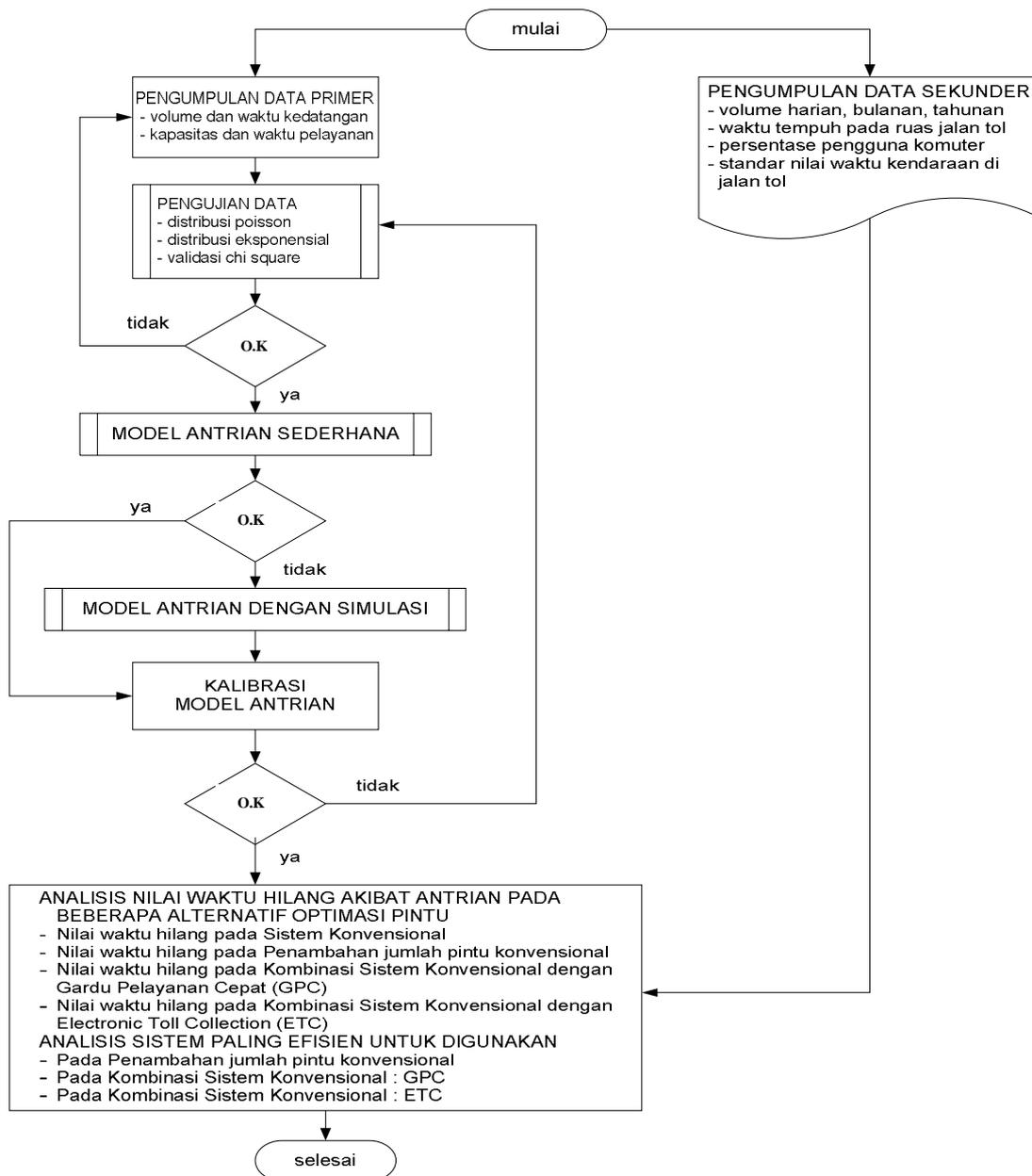
Kondisi setelah penerapan ETC, yaitu kondisi ketika gardu pelayanan terbagi menjadi 2 (dua) sistem pengumpulan tol dan dioperasikan secara bersamaan, yaitu sistem konvensional bagi para pengguna jalan tol yang belum memanfaatkan fasilitas ETC dan gardu ETC bagi yang telah memanfaatkan fasilitas ETC. Jumlah gardu yang dioperasikan tetap sebelas, dengan beberapa gardu tetap dipertahankan dengan sistem konvensional.

Asumsi terkait dengan kondisi antrian yang terjadi pada kedua sistem yang dioperasikan secara bersamaan, adalah:

1. Kendaraan yang masuk ke sistem pengumpulan konvensional dianggap akan membagi secara merata ke beberapa pintu yang masih dipertahankan beroperasi dengan sistem konvensional, sehingga dianggap saluran kedatangan tunggal dan fasilitas pelayanan tunggal (*single channel-single phase*); disiplin antrian yang digunakan adalah FIFO; tingkat kedatangan dianggap tidak tetap, tetapi tingkat pelayanan tetap, sehingga termasuk dalam proses antrian deterministik.
2. Kendaraan yang masuk ke sistem ETC dianggap akan membagi secara merata ke beberapa pintu yang beroperasi dengan sistem ETC, sehingga dianggap saluran kedatangan tunggal dan fasilitas pelayanan tunggal (*single channel-single phase*).

Perhitungan dan pengolahan data yang diperoleh, baik data primer maupun data sekunder, perlu disesuaikan dengan kebutuhan. Berdasarkan beberapa data yang diperoleh, dilakukan asumsi sebagai berikut:

- a. Data hasil survei primer terkait arus kedatangan kendaraan menuju Gerbang tol Pondok Gede Timur (tingkat kedatangan) menggunakan periode per menit. Data ini hanya digunakan dalam menguji distribusi pola kedatangan kendaraan.
- b. Data sekunder (dari PT. Jasa Marga Cabang Jakarta-Cikampek) berupa data arus kendaraan menuju gerbang tol Pondok Gede Timur dengan periode 15 menit selama 24 jam pada hari Minggu, Senin, Selasa, Rabu, dan Kamis digunakan sebagai data untuk analisis. Arus pada hari yang tidak tersedia (Jumat dan Sabtu) diperoleh dari rata-rata arus pada hari kerja yang ada datanya (Senin, Selasa, Rabu, dan Kamis).
- c. Data primer tentang lama waktu pelayanan kendaraan di gerbang tol Pondok Gede Timur digunakan dalam menguji distribusi pola pelayanan di gerbang tol dan lama waktu pelayanan rata-rata untuk analisis.
- d. Data sekunder (dari PT. Jasa Marga Cabang Jakarta-Cikampek) berupa data jumlah gardu tol yang dibutuhkan berdasarkan arus kendaraan yang menuju gerbang tol Pondok Gede Timur diasumsikan sebagai lama waktu pelayanan rata-rata (kapasitas pelayanan) yang dimiliki oleh gerbang tol Pondok Gede Timur.
- e. Data sekunder (dari PT. Jasa Marga Cabang Jakarta-Cikampek) berupa data arus lalu lintas kendaraan yang menuju gerbang tol Pondok Gede Timur diasumsikan selama tahun 2003 sampai dengan 2005 digunakan sebagai dasar dalam menentukan pertumbuhan (r) arus lalu lintas kendaraan yang pada tahun-tahun berikutnya, dengan arus tahun 2005 sebagai *base year*. Total pertumbuhan arus rata-rata semua golongan kendaraan adalah 4,689%, sedangkan golongan I mempunyai pertumbuhan 4,366% per tahun, golongan IIA mempunyai pertumbuhan 4,150% per tahun, dan golongan IIB mempunyai pertumbuhan 9,173% per tahun.
- f. Data sekunder (dari kajian literatur) terkait dengan nilai waktu yang digunakan diasumsikan dari data nilai waktu versi PT. Jasa Marga tahun 1996. Penentuan nilai waktu tahun-tahun berikutnya dihitung berdasarkan asumsi tingkat pertumbuhan sebesar 5,000% per tahun.
- g. Data hasil survei sekunder (dari PT. Jasa Marga Cabang Jakarta-Cikampek) berupa survei kepuasan pelanggan yang memuat frekuensi pengguna jalan tol selama seminggu menunjukkan bahwa pengguna yang melewati jalan tol lebih dari 3 (tiga) kali dalam seminggu sebanyak 49,86% digunakan sebagai dasar untuk menentukan jumlah pengguna sistem pelayanan ETC dan Gardu Pelayanan Cepat (GPC).
- h. Lama waktu pelayanan rata-rata pada perhitungan antrian dengan pintu konvensional ditentukan berdasarkan lama waktu pelayanan rata-rata per golongan kendaraan. Golongan I mempunyai waktu pelayanan rata-rata 9,4195 detik, golongan IIA mempunyai waktu pelayanan 10,4257 detik, dan golongan IIB mempunyai waktu pelayanan 14,5956 detik.
- i. Lama waktu pelayanan rata-rata pada GPC diasumsikan sebesar 6 detik per kendaraan pada setiap gardu.
- j. Lama waktu pelayanan rata-rata pada sistem ETC diasumsikan sebesar 2,4 detik per kendaraan pada setiap gardu atau pintu.



Gambar 3 Diagram Alir Studi

Jumlah pengguna, jenis kendaraan, serta sistem kerja pengoperasian ETC perlu diasumsikan sebagai berikut:

- a. Pengguna yang berhak mendapatkan pengumpulan elektronik (ETC) adalah pengguna yang telah melakukan registrasi dan pembayaran di muka untuk memanfaatkan pintu ETC atau pelanggan yang melakukan prabayar.
- b. Pengguna ETC diprioritaskan bagi pengguna jalan tol yang secara rutin (komuter) menggunakan fasilitas jalan tol. Sebagai dasar perhitungan, dianggap pengguna jalan tol melewati gerbang tol di lokasi penelitian minimum 4 (empat) kali dalam seminggu. Pengguna yang melewati pintu tersebut kurang dari 3 (tiga) kali dalam seminggu dilayani dengan sistem pengumpulan konvensional.

- c. Jumlah gerbang yang dioperasikan adalah sebelas pintu dan gardu pelayanan tol yang dioperasikan untuk ETC dipengaruhi oleh hasil analisis efisiensi nilai waktu yang diharapkan.
- d. Jenis dan golongan kendaraan yang diproyeksikan memanfaatkan sistem ETC adalah golongan I, golongan IIA, atau golongan IIB yang melakukan perjalanan komuter lebih dari 3 (tiga) kali seminggu.
- e. Pengguna yang melewati gardu tol sesuai rancangan sistem ETC akan dicatat dengan alat tertentu (AVI, AVC, dan VES) dalam kondisi tidak berhenti saat melewati pintu tol.

ANALISIS

Variabel-variabel yang mempengaruhi perhitungan waktu hilang adalah tingkat kedatangan kendaraan, tingkat pelayanan, dan nilai waktu. Variabel tingkat kedatangan kendaraan diperoleh dari hasil survei PT. Jasa Marga, tingkat pelayanan diperoleh dari hasil survei lama waktu pelayanan di gerbang tol dan dikuatkan oleh data sekunder mengenai kebutuhan gardu tol di gerbang tol Pondok Gede Timur.

Data arus lalu lintas yang menuju gerbang tol Pondok Gede Timur dengan periode 15 menit selama 24 jam, pada hari Minggu sampai dengan hari Kamis, didapat dari survei yang dilakukan oleh PT. Jasa Marga merupakan data yang cukup mewakili untuk mendapatkan lama waktu kendaraan dalam antrian di gerbang tol Pondok Gede Timur, sedangkan data jumlah waktu hilang selama mingguan diperoleh dengan mengasumsikan Hari Jumat dan Sabtu (tidak disurvei) sebagai hari kerja dengan harga sebesar rata-rata waktu hilang pada hari Senin hingga hari Kamis (hari kerja).

Analisis dan perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan model simulasi antrian Lin and Su menunjukkan bahwa semakin besar arus kendaraan yang datang menuju gerbang tol, semakin besar waktu hilang yang dialami kendaraan dan sebaliknya. Hal ini disebabkan jumlah kendaraan yang melakukan antrian semakin banyak sedangkan kapasitas pelayanan tetap.

Nilai waktu yang hilang adalah nilai biaya (dalam rupiah/jam/kendaraan) yang seharusnya tidak dialami oleh kendaraan atau pengguna jalan tol. Dengan menggunakan data jumlah nilai waktu hilang ini akan dapat ditentukan nilai waktu hilang yang dialami oleh kendaraan yang menuju gerbang tol selama periode harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.

Tabel 1 Waktu Hilang Rata-Rata yang Dialami oleh Kendaraan per Hari

Ekisting Tahun	Arus Kendaraan yang Menuju Gerbang Tol Pondok Gede Timur Arah ke Jakarta					Waktu Hilang Rata-Rata Akibat Antrian di Gerbang (Jam - Kendaraan)				
	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
2005	75.497	78.870	79.941	85.791	87.219	154	903	1.091	2.622	8.457
2006	79.044	82.575	83.697	89.821	91.317	412	1.805	2.298	5.708	13.618
2007	82.757	87.424	88.611	95.095	96.678	1.014	3.608	4.471	10.864	20.801
2008	86.645	90.516	91.745	98.459	100.098	2.311	7.034	8.301	18.506	31.113
2009	90.716	94.769	96.056	103.085	104.801	4.702	13.151	14.779	28.944	45.935
2010	94.978	99.221	100.568	107.928	109.724	8.797	22.071	24.125	42.511	65.323
2011	99.440	103.882	105.293	112.998	114.879	14.708	33.874	35.965	60.695	90.597
2012	104.111	108.763	110.240	118.307	120.276	22.739	49.042	52.129	85.156	124.018
2013	109.003	113.873	115.419	123.865	125.927	33.892	69.284	73.686	117.743	168.087
2014	114.124	119.222	120.841	129.684	131.843	48.446	96.525	102.624	160.925	225.677
2015	119.485	124.823	126.518	135.777	138.037	67.870	132.942	141.332	217.788	300.748

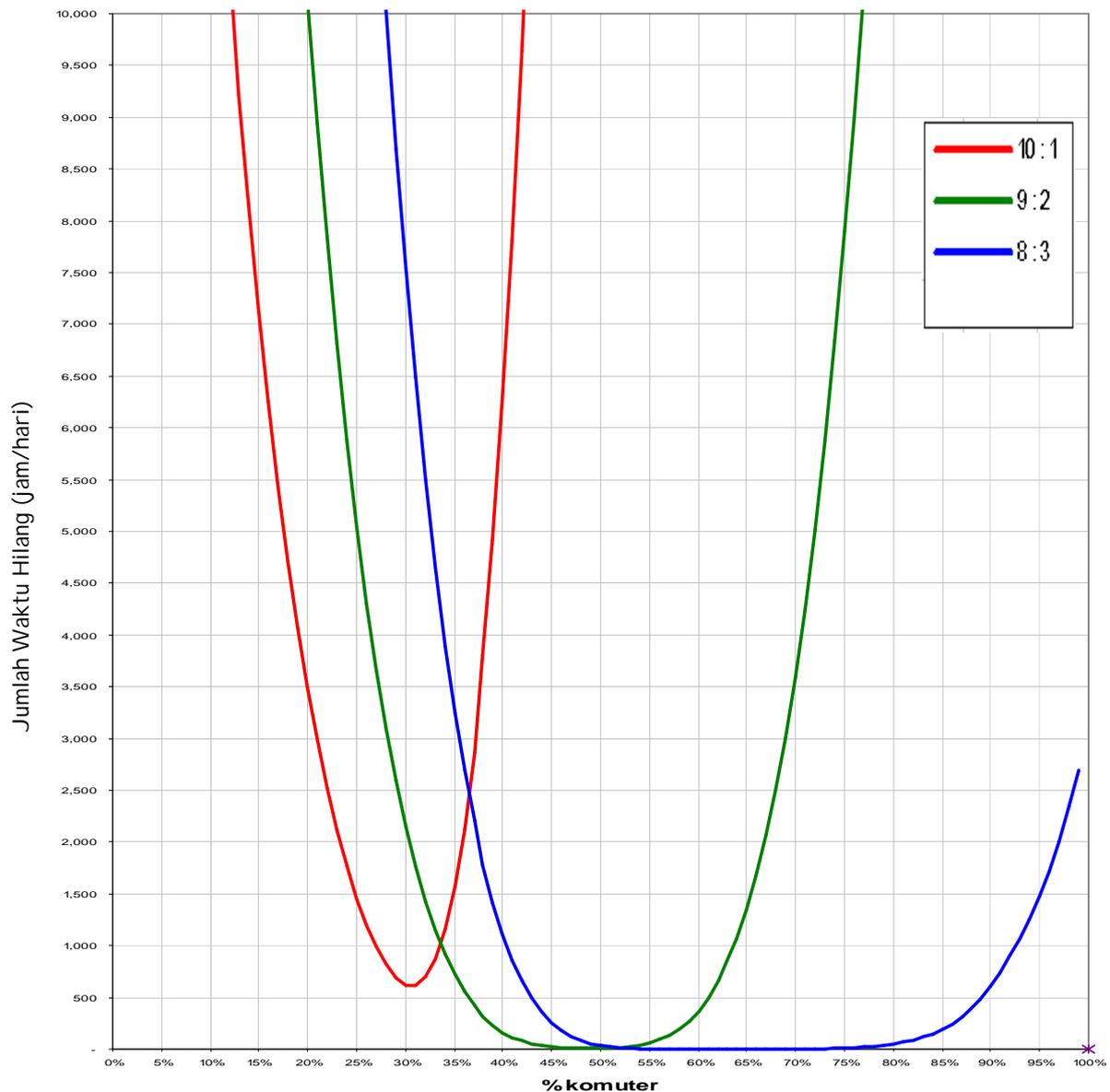
Tabel 2 Nilai Waktu Hilang Pada Gerbang Tol Konvensional

Tahun	Nilai Waktu Kendaraan/Jam (Rupiah)	Nilai Waktu Hilang Rata-Rata (Rupiah)			Nilai Waktu Hilang Rata-Rata Kumulatif Per Tahun (Rupiah)
		Per Minggu	Per Bulan	Per Tahun	
2005	12.855,86	212.067.819,39	1.060.339.096,95	12.724.069.163,42	12.724.069.163,42
2006	13.498,65	400.884.939,00	2.004.424.694,98	24.053.096.339,80	36.777.165.503,22
2007	14.173,58	718.540.265,04	3.592.701.325,19	43.112.415/902,28	79.889.581.405,50
2008	14.882,26	1.242.715.292,48	6.213.576.462,39	74.562.917.548,65	154.452.498.954,15
2009	15.626,37	2.081.639.700,62	10.408.198.503,08	124.898.382.036,91	279.350.880.991,07
2010	16.407,69	3.303.413.833,73	16.517.069.168,67	198.204.830.024,10	477.555.711.01,17
2011	17.228,08	5.015.478.536,39	25.077.392.681,93	300.928.712.183,21	778.484.423.198,37
2012	18.089,48	7.428.818.403,77	37.144.092.018,86	445.729.104.226,31	1.224.213.527.424,68
2013	18.993,96	10.824.498.080,86	54.122.490.404,28	649.469.884.851,40	1.873.683.412.276,07
2014	19.943,65	15.568.694.335,79	77.843.471.678,94	934.121.660.147,29	2.807.805.072.423,37
2015	20.940,84	22.173.894.797,39	110.869.473.986,94	1.330.433.687.843,30	4.138.238.760.266,67

Dengan asumsi pengguna ETC (komuter) sebanyak 49,59% per hari, kombinasi pintu pelayanan dengan jumlah gardu konvensional dan jumlah gardu ETC yang efektif mereduksi antrian di gerbang tol dapat ditentukan.

Tabel 3 Waktu Hilang Rata-Rata Pada Kombinasi Jumlah Gardu Konvensional dan Gardu ETC

Eksisting Tahun 2005	Waktu Hilang Rata-Rata Akibat Antrian di Pintu (Jam - Kendaraan)/Hari			
	11 : 0	10 : 1	9 : 2	8 : 3
2005	8.457,09	35.168,50	5,47	6,39
2006	13.618,17	46.923,16	16,54	19,27
2007	20.801,22	62.029,61	46,04	52,90
2008	31.112,98	81.322,34	118,72	134,12
2009	45.934,69	105.911,14	286,32	317,25
2010	65.322,56	137.107,55	651,49	706,75
2011	90.597,01	176.449,87	1.301,22	1.368,04
2012	124.017,57	225.932,02	2.491,85	2.516,82
2013	168.087,11	287.950,59	4.477,96	4.306,72
2014	225.677,29	365.385,51	7.652,47	7.074,22
2015	300.748,04	461.937,82	12.437,06	10.992,79



Gambar 4 Hubungan antara Proporsi Komuter dengan Jumlah Waktu Hilang

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa perbandingan waktu hilang pada semua gardu konvensional (eksisting) masih lebih efektif bila pengguna komuter kurang dari 14%. Kombinasi gardu 10:1 akan efektif bila pengguna ETC (komuter) berkisar antara 14% hingga 33%, dan kombinasi 9:2 akan efektif bila pengguna ETC antara 34% hingga 52%. Selanjutnya kombinasi 8:3 akan efektif bila pengguna ETC antara 53% hingga 76%, dan apabila pengguna ETC melebihi 76% akan lebih efektif digunakan kombinasi 7: 4.

KESIMPULAN DAN SARAN

Peningkatan jumlah arus kendaraan ternyata tidak secara linier berpengaruh terhadap peningkatan waktu hilang. Hal ini disebabkan karena karakteristik arus kendaraan per jam selama periode satu hari pada hari kerja dan hari libur berbeda secara signifikan. Pada hari libur cenderung terjadi penumpukan arus kendaraan pada jam-jam tertentu

(fluktuasi tinggi), tetapi pada hari kerja arus kendaraan cenderung tersebar merata pada banyak jam (fluktuasi rendah).

Penerapan kombinasi sistem pelayanan konvensional dan ETC tidak hanya mereduksi panjang antrian dan lama waktu antrian (waktu hilang) pada pintu pelayanan ETC, tetapi juga mereduksi panjang antrian dan lama waktu antrian kendaraan yang berada pada sistem pelayanan konvensional di lokasi tempat dilaksanakan kombinasi kedua sistem tersebut. Hal ini dapat terjadi karena pengguna jalan tol (kendaraan) yang biasanya memanfaatkan sistem pelayanan konvensional, khususnya pengguna jalan tol komuter akan beralih menggunakan sistem pelayanan ETC. Arus kendaraan yang beralih ke sistem ETC akan mengurangi antrian di sistem pelayanan konvensional.

Penerapan sistem ETC pada gerbang tol Pondok Gede Timur tidak mungkin berdiri sendiri. Hal ini disebabkan gerbang tol Pondok Gede Timur dioperasikan dengan sistem tertutup, artinya pelanggan akan masuk (*entrance*) dari gerbang tol sebelumnya dan akan keluar (*exit*) pada gerbang tol Pondok Gede Timur atau akan melanjutkan perjalanan melewati jalan tol berikutnya dengan sistem tertutup atau terbuka yang lain.

Untuk dapat melayani pelanggan yang menggunakan sistem ETC, perlu pula diterapkan sistem pelayanan ETC pada beberapa pintu masuk yang menyuplai kendaraan menuju gerbang tol Pondok Gede Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvinsyah dan Soehodho, S. 2001. *Penentuan Jumlah Gerbang Tol yang Dioperasikan Berdasarkan Hibrida Model Tingkat Pelayanan dengan Logika Fuzzy*. Simposium IV Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi, Universitas Udayana. Bali.
- Jasa Marga, PT. *Majalah Teknik Jalan dan Transportasi*. No. 078 Thn IX. Jakarta.
- Lin, F. B and Su, C. W. 1994. *Level of Service Analysis of Toll Plazas on Freeway Main Lines*. Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol. 120, No. 2. Reston.
- Smith, L. 2003. *ITS Decision, Electronic Toll Collection*. Institute of Transportation Studies at University of California. Berkeley.