PERENCANAAN JUMLAH TOLL GATE

Muhammad Zainul Arifin^{*1}, Devina Candra Puspita Rini², Khairul Arifin²,
Ludfi Djakfar¹

¹Dosen, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

²Alumni, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

*Korespondensi: mzaub@ub.ac.id

ABSTRACT

Pasuruan-Probolinggo toll road was built to increase economic sector in East Java Region. Prior to construction, it's necessary to analyze potential of toll road users and planning the ideal number of toll gates to comply with minimum service standards. This study uses Stated Preference method to determine vehicle switch, planning of ideal toll gates using Poisson Distribution, and FIFO queuing model used to analyze toll gate service system. Based on analysis, the largest potential road users who will switch to use Pasuruan-Probolinggo toll road section IV in 2021, 2025, 2030, 2035, and 2040 are 5,49%, 23,84%, 30,63%, 30,63%, and 30,63%. The calculation of toll gates is adjusted to the calculation of potential toll road users in 2025, 2030, 2035, and 2040 with the arrival of 385, 503, 657, and 858 vehicles/hour/strip. So, the ideal number of toll gates needed in 2025-2030, are 4 units, and 2035-2040 are 8 units of toll gates.

Keywords: *Stated Preference, potential toll users, queue model, toll gates.*

1. PENDAHULUAN

Wilayah Kota/Kabupaten Pasuruan dan Probolinggo merupakan salah satu wilayah yang menjadi pusat distribusi barang dalam sektor perdagangan dan industri di Provinsi Jawa Timur. Padatnya aktivitas pergerakan menyebabkan padatnya arus lalu lintas pada jalan nasional (Pantura). Sehingga, kemacetan yang terjadi memiliki dampak tersendiri bagi penyedia barang karena menyebabkan naiknya harga produksi. Untuk mengurangi permasalahan di atas, maka dilakukanlah pembangunan jalan tol Pasuruan-Probolinggo yang terdiri dari empat seksi. Pada penelitian ini difokuskan pada jalan tol Pasuruan-Probolinggo seksi IV yang masih dalam tahap pembangunan. Sebelum melakukan pembangunan lebih lanjut, diperlukan analisis untuk mengetahui besarnya potensi pengguna jalan yang berpindah dari jalan eksisting ke jalan tol serta diperlukan juga perhitungan jumlah gardu ideal yang dibutuhkan agar sesuai dengan Standar Pelayanan Minimum (SPM) yang berlaku. Sebagai contoh seperti yang dilansir pada laman *Ekonomi & Bisnis.com* pada Juni tahun 2019 lalu, bahwa jalan tol trans jawa di Batang, Jawa Tengah mengalami

kenaikan jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan jumlah gardu tol yang ideal, yang menyebabkan panjang antrian mencapai lebih dari 3 km [1]. Pradana, dkk. [2] dalam penelitiannya tentang kebutuhan gardu tol Cikande Bahwa pada volume kendaraan tertinggi sebanyak 2037 kendaraan, sedangkan jumlah kendaraan yang beralih ke jalan tol sebanyak 15438 kendaraan/hari dan jumlah gardu tol sebanyak lima buah gardu tol. Sedangkan Wasistha [3], dalam penelitiannya tentang perencanaan jumlah gerbang tol Pandaan-Malang dengan menggunakan metode *First In First Out* sebagai disiplin antrian dan metode *Single Channel-Single Phase* untuk struktur antrian pada gerbang tol.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004 tentang jalan, sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan yang hierarkis. Sedangkan jalan tol adalah jalan

umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan untuk membayar tol.

a_0 = konstanta
 X_1, X_2, X_t = atribut pelayanan
 a_1, a_2, a_t = mungkin memilih Y

2.1 Stated Preference (SP)

Metode ini merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk mengetahui besarnya perpindahan moda dengan cara mengubah persepsi pengguna jalan menjadi skala probabilitas. Skala probabilitas yang sudah didapatkan kemudian diolah menjadi skala simetrik agar dapat ditransformasikan menjadi nilai utilitas. Sebelum mengolah data *stated preference*, responden diberikan preferensi untuk memilih antara X dan Y yang direntangkan pada bentuk pilihan 1-5, yang mana:

- 1 = pasti memilih X
- 2 = mungkin memilih X
- 3 = mungkin memilih salah satunya
- 4 = mungkin memilih Y
- 5 = pasti memilih Y

Skala yang sudah disebutkan kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk probabilitas (*Berkson Theil Transformation*) dengan ketentuan:

- 1 = 0,9
- 2 = 0,7
- 3 = 0,5
- 4 = 0,3
- 5 = 0,1

Kemudian nilai probabilitas tersebut ditransformasikan menjadi skala simetrik agar berubah menjadi nilai utilitas yang dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Utilitas Ln = P / (1 - P) \quad (1)$$

Analisis data *Stated Preference* menggunakan metode regresi [4]. Analisis metode ini dibutuhkan untuk memperoleh hubungan secara kuantitatif antara kumpulan atribut dengan respon setiap individu. Model yang dihasilkan akan membentuk pola hubungan antara variabel bebas dengan terikat. Regresi linier yang digunakan berupa persamaan yang menggunakan satu atau lebih variabel bebas. Bentuk umum yang digunakan untuk peramalan merupakan hubungan linier antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) sebagai berikut:

$$Y = a_0 + a_1(X_1) + a_2(X_2) + a_t(X_t) \quad (2)$$

dimana,
Y = respon individu

2.2 Model Logit Biner/Binomial

Model ini merupakan model yang sering dan mudah digunakan. Bentuk permodelan berupa probabilitas (%) peluang moda i yang dipilih bergantung pada parameter kepuasan dalam menggunakan moda i dan moda j serta nilai eksponensial.

$$P_{M1} = \frac{e^{UM1}}{e^{UM1} + e^{UM2}} = \frac{e^{(UM1 - UM2)}}{1 + e^{(UM1 - UM2)}} \quad (3)$$

$$P_{M2} = 1 - P_{M1} = \frac{1}{1 + e^{(UM1 - UM2)}} \quad (4)$$

dimana,

PM1 = probabilitas penggunaan moda 1
PM2 = probabilitas penggunaan moda 2
UM1 = fungsi utilitas moda 1
UM2 = fungsi utilitas moda 2

2.3 Perencanaan Jumlah Gardu Tol

Dalam perencanaan kebutuhan gardu mengacu pada peraturan [5]. Data yang diperlukan dalam merencanakan jumlah gardu tol yaitu:

1. Volume Lalu lintas
2. Waktu pelayanan
3. Standar pelayanan

Untuk menghitung jumlah gardu yang dibutuhkan, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung Volume Jam Rencana:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{100} \quad (5)$$

2. Menghitung tingkat pelayanan rata-rata gardu:

$$\mu = \frac{1 \text{ jam}}{\text{Waktu pelayanan}} \quad (6)$$

3. Menghitung jumlah gardu:

$$\rho = \frac{\lambda / N}{\mu} \quad (7)$$

dimana,

k = 11 % (untuk jalan bebas hambatan)
ρ = perbandingan kedatangan dengan tingkat pelayanan gardu
λ = volume jam perencanaan
μ = tingkat pelayanan rata-rata

4. Menghitung sistem pelayanan gardu (menggunakan metode antrian FIFO) [4] :

$$\bar{n} = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} \quad (8)$$

$$\bar{q} = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \quad (9)$$

$$\bar{d} = \frac{I}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 \quad (10)$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600 \quad (11)$$

dimana,

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

$\bar{q}$ = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian (kendaraan/satuan waktu).

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

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

3. METODE PENELITIAN

Kerangka pemikiran yang dijadikan sebagai dasar dalam memudahkan proses analisis studi digambarkan secara sistematis agar penelitian yang dilakukan menjadi terarah. Berikut ini disajikan diagram kerangka pemikiran dari penelitian yang dijelaskan pada **Gambar 1**.

Gambar 1. Kerangka Pemikiran

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan sebuah konsep dasar dalam pelaksanaan penelitian yang disusun dengan sistematis. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2 Penetapan Sampel

Jumlah sampel yang ditetapkan menggunakan pendekatan rumus Slovin:

$$n = \frac{N}{1+N.d^2} \quad (12)$$

dimana,

N = jumlah lalu lintas harian rata-rata (sumber: survei *Traffic Counting*)

d = 0,05 (untuk tingkat ketelitian data 95%)

3.3 Tempat Survei Wawancara

Survei *Stated Preference* dilakukan dengan metode *Road Side Interview*. Lokasi survei dilakukan di area SPBU Jalan Soekarno-Hatta Kota Probolinggo, SPBU Leces, Rest Area Tongas Alun-alun Kota Probolinggo, dan SPBU di sepanjang Jalan Raya Gending.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data *Traffic Counting*

Data *Traffic Counting* diperoleh dari perhitungan volume lalu lintas di daerah lokasi studi. Data *Traffic Counting* dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Rekapitulasi Data *Traffic Counting* Jl. Raya Gending

Jenis Kendaraan	LHR		
	Hari Ke		
	1	2	3
GOL I	12610	12645	13100
GOL II	2792	2683	3249
GOL III	593	617	669
GOL IV	77	69	90
GOL V	193	184	172
GOL VI	28216	22119	25590

4.2 Data Sebaran Responden *Stated Preference*

Data yang diperlukan untuk analisis *Stated Preference* adalah data persepsi pengguna jalan terhadap jalan tol. Data sebaran responden dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Sebaran Responden ATP-WTP dan *Stated Preference*

Lokasi	Golongan				
	I	II	III	IV	V
Rest Area Tongas	6	2	0	0	0
Alun-alun Probolinggo	9	0	0	0	0
Terminal Bayu Angga	30	0	0	0	0
SPBU Jl. Soekarno-Hatta	45	11	2	0	0
SPBU Leces	61	25	3	0	0
SPBU Gending	152	38	9	2	4
Jumlah	303	75	16	2	4

4.3 Analisis *Stated Preferences*

Dalam analisis ini, ditampilkan 2 atribut pilihan, yaitu VCR dan tarif tol/km yang akan digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi responden dalam memilih untuk beralih menggunakan jalan tol atau tetap menggunakan jalan eksisting. Jumlah responden dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Data skala pilihan yang sudah direkap kemudian diubah dalam bentuk skala probabilitas (P). Kemudian data yang dimasukkan merupakan data yang sudah diubah ke dalam bentuk utilitas sebagai variabel terikat sedangkan data tarif dan VCR sebagai variabel bebas.

Tabel 3. Jumlah Responden *Stated Preference*

Golongan Kendaraan	Jumlah
I	303
II	75
III	16
IV	2
V	4
Total	400

Tabel 4. Hasil Analisis Regresi Linier Ganda Untuk Kendaraan Golongan I

Coefficients					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-0,259	0,236		-1,098	0,272
1				-	
Tarif (X1)	-0,002	0,000	-0,103	10,614	0,000
VCR (X2)	3,539	0,095	0,363	37,339	0,000

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,377	0,142	0,142	1,86547

Gambar 3. Probabilitas pengguna jalan tol dan jalan eksisting Pasuruan- Probolinggo golongan I

Tabel 5. Hasil Analisis Regresi Lnier Ganda Untuk Kendaraan Golongan II

Coefficients						
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
(Constant)	0,371	0,569		0,652	0,514	
1	Tarif (X1)	0,003	0,000	-0,143	-7,908	0,000
	VCR (X2)	4,602	0,166	0,499	27,663	0,000

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,519	0,269	0,269	1,62852

Gambar 4. Grafik Probabilitas Pengguna Jalan Tol dan Jalan Eksisting Pasuruan-Probolinggo Golongan II

Tabel 6. Hasil analisis regresi linier ganda untuk kendaraan golongan III

Coefficients						
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	1,393	1,03	-1,352	177	
	Tarif (X1)	0,002	0,001	-0,111	-3,225	0,001
	VCR (X2)	5,288	0,282	0,648	18,762	0,000

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,657	0,432	0,429	1,27445

Gambar 5. Grafik Probabilitas Pengguna Jalan Tol dan Jalan Eksisting Pasuruan-Probolinggo golongan III

4.4 Analisis Potensi Pengguna Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo Seksi IV

Potensi pengguna diperoleh dengan cara mengalikan hasil probabilitas yang diperoleh dari model logit binomial dengan volume kendaraan yang melalui jalan eksisting. Volume kendaraan yang digunakan adalah hasil dari *Traffic Counting (TC)* selama jam puncak pada setiap ruas jalan sekitar tol Pasuruan-Probolinggo seksi IV, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 7** [6].

Tabel 7. Volume Kendaraan Total Pada Jalan Eksisting Sekitar Tol Pasuruan-Probolinggo

GOLONGAN	I	II	III
	Volume Kendaraan (Kendaraan/hari)		
	13073	3249	669

Untuk perencanaan potensi pengguna, menggunakan nilai VCR sebesar 0,75 karena pada kondisi ini kenyamanan dari pengguna jalan sudah mulai terganggu karena arus lalu lintas yang mulai tidak stabil dan termasuk ke dalam LOS (*Level of Service*) D. Dengan demikian, potensi kendaraan dari masing-masing golongan kendaraan dapat diperoleh dengan cara mengalikan jumlah LHR dengan nilai PJT nya, seperti yang tertera pada **Tabel 8** [6].

Tabel 8. Potensi Kendaraan Berdasarkan LHR dan VCR

GOLONGAN	LHR	PJT	POTENSI
I	13073	0.667	8721
II	3249	0.518	1683
III	669	0.468	313

4.5 Prediksi Pengguna Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo pada Masa Mendatang

Proyeksi pertumbuhan jumlah pengguna jalan diperlukan dalam penyusunan rencana pembangunan jalan tol sebagai pertimbangan apakah proyek tersebut layak untuk dilakukan atau tidak. Data dan nilai pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor, PDRB dan penduduk di daerah Jawa Timur per tahun 2014–2019), diperlihatkan dalam **Tabel 9** [7]. Dari data tingkat pertumbuhan, maka dapat dianalisis potensi pengguna jalan tol Pasuruan-Probolinggo seksi IV seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 9. Pertumbuhan PDRB dan Penduduk Provinsi Jawa Timur

Tahun	Data		Pertumbuhan (%)	
	PDRB	Penduduk	PDRB	Penduduk
2014	1262,68	38610292		
2015	1331,39	38784300	5,44%	0,45%
2016	1405,56	39041400	5,57%	0,66%
2017	1482,15	39287300	5,45%	0,63%
2018	1563,76	39521900	5,51%	0,60%
2019	1650,14	39698000	5,52%	0,45%
Rata-rata pertumbuhan			5,49%	0,59%

Dengan menggunakan rumus

$$F = P \times \left(\frac{F}{P}; i; n \right) \quad (13)$$

dimana,

F = potensi pengguna tol pada tahun x

P = potensi pengguna tol pada saat ini (8721; 1683; 313)

i = laju pertumbuhan (Faktor PDRB)

n = jumlah tahun

Maka hasil perhitungan potensi pengguna jalan tol Pasuruan-Probolinggo seksi IV dapat diketahui seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Potensi Pengguna Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo Seksi IV Pada Masa Mendatang

Tahun	Golongan		
	I	II	III
2021	9200	1776	330
2025	11393	2199	409
2030	14883	2873	535
2035	19443	3753	698
2040	25399	4902	912

4.6 Perencanaan Jumlah Gardu Tol

Perhitungan yang dibutuhkan terdiri dari nilai tingkat kedatangan rata-rata kendaraan per lajur, sehingga digunakan rumus VJR (Volume Jam Rencana) yang dapat dihitung dengan rumus (5). Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Perhitungan Tingkat Kedatangan Rata-rata Kendaraan

Tahun	2025	2030	2035	2040
Jumlah LHR (kend/jam)	14001	18291	23894	31214
k	0.11			
VJR (λ) (kend/jam/lajur)	385	503	657	858

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), faktor distribusi lajur (DL) untuk jalan dengan 4 lajur adalah maksimum sebesar 50% dari total kendaraan dalam lajur yang sama. Maka, direncanakan jumlah gardu sebanyak 2 buah di setiap lajurnya. Sehingga, jumlah total gardu yang direncanakan sebanyak 8 buah. Setelah itu menghitung tingkat pelayanan rata-rata dengan rumus (6). Lalu dengan distribusi poisson menghitung kapasitas gardu dengan rumus (7). Maka, dapat dihitung juga indikasi yang digunakan untuk menilai sistem pelayanan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 12**.

Gambar 6. Layout Antrian Gardu Tol

Tabel 12. Jumlah Gardu Ideal dan Sistem Pelayanannya
Tahun

Sistem Pelayanan	Jumlah Gardu			
	2025	2030	2035	2040
$\bar{n}$	4	4	8	8
$\bar{q}$	1.98	6.56	1.31	2.85
$\bar{d}$	1.31	5.69	0.74	2.11
$\bar{w}$	18.49	46.93	14.33	23.92
	12.28	40.72	8.12	17.71

Untuk perencanaan digunakan gerbang dengan tipe *barrier* yaitu tipe gerbang yang terletak pada jalur utama dengan susunan gardu semi paralel, seperti yang terlihat pada **Gambar 6**.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Menurut hasil analisis didapatkan beberapa kesimpulan seperti berikut:

1. Potensi pengguna jalan tol Pasuruan-Probolinggo seksi IV pada masa mendatang dianalisis untuk tahun 2021, 2025, 2030, 2035, dan 2040 adalah sebesar 5,49%, 23,84%, 30,63%, 30,63%, dan 30,63%, dimana potensi pengguna jalan terbesar yang akan beralih menggunakan jalan tol Pasuruan-Probolinggo secara berturut-turut untuk kendaraan golongan I adalah 9200, 11393, 14883, 19443, dan 25399 kendaraan/hari; potensi kendaraan golongan II adalah sebesar 1776, 2199, 2837, 3753, dan 4902 kendaraan/hari; potensi kendaraan golongan III adalah sebesar 330, 409, 535, 698, dan 912 kendaraan/hari.
2. Perhitungan jumlah gardu tol disesuaikan

dengan perhitungan potensi pengguna jalan tol Pasuruan-Probolinggo seksi IV pada tahun 2025, 2030, 2035, dan 2040 dengan tingkat kedatangan kendaraan 385, 503, 657, dan 858 kendaraan/jam/lajur. Maka, jumlah gardu tol yang diperlukan pada tahun 2025-2030 sebanyak 4 buah, dan tahun 2035, sampai dengan 2040 sebanyak 8 buah gardu tol

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada penelitian mengenai perencanaan jumlah gardu tol agar diperoleh hasil yang lebih optimal dengan pelaksanaan yang lebih efektif dan efisien, yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik lokasi studi harus dipahami dengan baik. Jika waktu penelitian memakan waktu yang lama, maka harus sering melakukan survei agar dapat mengetahui perubahan atau perkembangan yang dapat mempengaruhi penelitian pada lokasi studi.
2. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian sebaiknya menggunakan data terbaru agar hasilnya lebih akurat.

3. Data *traffic counting* disarankan menggunakan data 24 jam agar mewakili seluruh pergerakan yang terjadi pada lokasi studi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ekonomi & Bisnis.com , 2019, Pengguna Jalan Tol Batang-Semarang Meningkatkan Signifikan
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20190608/45/931692/>
- [2] Pradana, M. Fakhruriza., Intari, Dwi Esti., & Kurniawan, Febri. (2017). Perencanaan Ulang Kebutuhan Gardu Tol Pada Gerbang Tol Cikande. *Jurnal Fondasi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*.
- [3] Wasistha, Magistra Zuhair (2017) Perencanaan Gerbang Tol Pandaan-Malang. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Siagian,P. 1987. Penelitian Operasional : Teori dan Praktek. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. *Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol*. Poin 8.3.4.
- [6] Rini, Devina Candra Puspita & Arifin, Khairul. (2020). Perencanaan Jumlah Gardu Pada Tol Pasuruan-Probolinggo. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Brawijaya*.
- [7] Badan Pusat Statistik Jawa Timur, <https://jatim.bps.go.id/publication.html>