

PENERAPAN KEBIJAKAN *IDLING STOP* UNTUK PENGENDALIAN BEBAN EMISI KENDARAAN PADA SIMPANG BERSINYAL (*STUDI KASUS : SIMPANG DEMANGAN, KOTA YOGYAKARTA*)

Dian Nafika Sari

Mahasiswa Magister Sistem dan
Teknik Transportasi
Fakultas Teknik – UGM
Jl. Grafika No. 2, Kampus
UGM, Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
dian.nafika@gmail.com

Siti Malkhamah

Guru Besar Magister Sistem dan
Teknik Transportasi
Fakultas Teknik – UGM
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
smalkhamah@mstt.ugm.ac.id

Sigit Priyanto

Guru Besar Magister Sistem dan
Teknik Transportasi
Fakultas Teknik – UGM
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
spriyanto2007@yahoo.co.id

ABSTRACT

Traffic congestion and idling behavior at signalized intersection increase fuel consumption and vehicular emission. Idling stop policy can be implemented as traffic management strategy. This research concerned to understand the effectiveness of idling stop policy to reduce fuel consumption and vehicular emission at Demangan Intersection. VISSIM microsimulation software was used to simulate the traffic and estimate delay at the intersection including stop delay. Fuel consumption was estimated using LAPI-ITB formula and vehicular emission based on EMEP/EAA. The research results show that idling stop policy can decrease fuel consumption by 9,6831% and vehicular emission i.e. CO, HC, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ around 9,1314-9,7478%. Traffic volume and idle time affect the fuel consumption and vehicular emission. As the traffic volume and idle time get higher, fuel consumption and vehicular emission will drastically increase.

Keywords: *idle, idling stop, traffic simulation, fuel consumption, vehicular emission*

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas dan tindakan *idling* di simpang bersinyal meningkatkan konsumsi bahan bakar minyak dan beban emisi kendaraan. Manajemen lalu lintas yang dapat dilakukan salah satunya dengan menerapkan kebijakan *idling stop*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kebijakan *idling stop* dalam mengurangi konsumsi bahan bakar dan beban emisi kendaraan di Simpang Demangan. Pemodelan simulasi lalu lintas menggunakan program mikrosimulasi VISSIM bertujuan untuk mendapatkan data tundaan simpang antara lain *stop delay*. Perhitungan konsumsi BBM menggunakan formula dari LAPI-ITB, sedangkan estimasi beban emisi kendaraan mengacu pada EMEP/EAA. Hasil perhitungan menunjukkan dengan diterapkannya kebijakan *idling stop* maka konsumsi BBM berkurang 9,6831% serta beban emisi kendaraan CO, HC, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ menurun pada kisaran 9,1314-9,7478%. Konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan dipengaruhi oleh volume lalu lintas dan lama waktu *idle*. Semakin besar volume lalu lintas dan bertambahnya lama waktu *idle* maka konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan akan meningkat tajam.

Kata Kunci: *idle, idling stop, simulasi lalu lintas, konsumsi bahan bakar minyak, beban emisi kendaraan*

PENDAHULUAN

Transportasi dan dampak lingkungan yang ditimbulkannya selalu menjadi isu penting yang dihadapi terutama oleh masyarakat kota-kota besar di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017) menyebutkan bahwa 70% pencemaran udara di perkotaan dan 23% emisi gas rumah kaca (GRK) dari bahan bakar fosil bersumber dari sektor transportasi, sedangkan 90% dari emisi transportasi berasal dari transportasi darat. Emisi gas buang yang dihasilkan dari knalpot kendaraan bermotor antara lain CO₂, H₂O, HC, CO, NO_x, Pb, SO_x,

dan PM₁₀ (partikulat). Gas-gas buang tersebut tidak hanya berbahaya terhadap kesehatan manusia, namun juga berdampak negatif terhadap lingkungan.

Salah satu permasalahan di bidang transportasi darat yakni terkait persimpangan. Pada simpang bersinyal kepadatan lalu lintas dan lamanya waktu siklus mempengaruhi tingkat kemacetan. Adanya kebiasaan pengemudi kendaraan bermotor tidak mematikan mesin kendaraan (*idling*) saat lampu sinyal menyala merah meningkatkan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) dan beban emisi kendaraan. Gaines *et al.* (2013) berpendapat *idling* selama lebih dari 10 detik lebih banyak menghabiskan bahan bakar jika dibandingkan mesin dimatikan kemudian dinyalakan kembali (*restarting*).

Simpang Demangan merupakan salah satu simpang bersinyal dengan volume lalu lintas yang cukup padat di Kota Yogyakarta. Berdasarkan laporan dari Dinas Perhubungan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2019) derajat kejenuhan Simpang Demangan pada tahun 2017 adalah 1,36 yang berarti simpang sudah sangat jenuh atau macet. Oleh karena itu diperlukan perbaikan untuk menurunkan beban emisi kendaraan yaitu dengan penerapan kebijakan *idling stop*. Kebijakan ini mewajibkan pengemudi mematikan mesin kendaraannya saat lampu sinyal di simpang menyala merah. Negara di Asia yang sudah mengenalkan kebijakan ini antara lain Taiwan pada tahun 2007 (Jou *et al.*, 2006) dan India pada tahun 2017 (Sharma *et al.*, 2019). Menurut Jou *et al.* (2006) kemauan pesepeda motor untuk mematikan mesin kendaraan (*Willing to Turn Off/WTO*) di Taiwan rata-rata 82 detik. Sharma *et al.* (2019) menjelaskan bahwa The Petroleum Conservation Research Association (PCRA) India menyarankan untuk mematikan mesin jika kendaraan berhenti lebih dari 20 detik.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan eksisting Simpang Demangan.
2. Mengetahui konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan di Simpang Demangan setelah diterapkan skenario kebijakan *idling stop*.
3. Mengetahui hubungan antara lama waktu *idle* dengan konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan pada saat *idle* di Simpang Demangan.

METODOLOGI

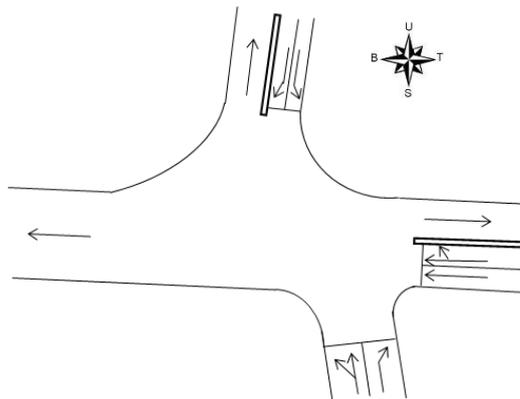
Area Studi

Simpang Demangan merupakan simpang bersinyal yang memiliki empat lengan, namun hanya 3 lengan saja yang terdapat pengaturan APILL yaitu lengan utara, timur, dan selatan. Pada lengan barat arus lalu lintas hanya bergerak meninggalkan simpang. *Layout* simpang dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan data geometri simpang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Simpang Demangan

No.	Nama Jalan	Arah Pendekat	Tipe Jalan	Median	Belok Kiri Langsung	Lebar Pendekat (m)	Panjang Jalan(m)
1.	Affandi	Utara	4/2 D	Ya	Ya	6,5	550
2.	Munggur	Selatan	2/1 UD	Tidak	Tidak	9,4	383
3.	Urip Sumoharjo	Barat	4/1 UD	Tidak	Tidak	16,4	918
4.	Laksda Adisucipto	Timur	4/2 D	Ya	Tidak	9,2	814

(Sumber : Data Survei, 2018)



Gambar 1. Layout Simpang Demangan

Shancita *et al.* (2014) berpendapat emisi dan konsumsi BBM saat *idle* merupakan fungsi dari lama waktu *idle* yaitu lama tundaan akibat hentian (*stop delay*). Lama waktu *idle* diukur saat kendaraan benar-benar berhenti (kecepatan 0 km/jam) dengan kondisi mesin masih menyala. Tundaan di simpang dipengaruhi oleh lama waktu merah pada waktu siklus.



Gambar 2. Waktu Siklus Simpang Demangan

Data Lalulintas

Data lalulintas diperlukan baik untuk pembuatan model simulasi maupun penghitungan beban emisi kendaraan. Semua data tersebut merupakan data primer yang diperoleh dari survei lalulintas. Survei lalulintas dilakukan pada hari Rabu tanggal 12 Desember 2018 dan diperoleh jam puncak pada interval waktu pukul 06:45-07:45 WIB (Tabel 2 dan Tabel 3).

Tabel 2. Data Volume Lalulintas Simpang Demangan

No.	Asal	Tujuan	Volume Lalulintas (kendaraan/jam)							Total Volume (smp/jam)
			MC	LVG	LVD	LDV	TJ	HDV	LB	
1.	Utara	Barat	1690	284	12	2	0	0	3	555,40
2.	Utara	Timur	573	129	8	11	9	2	4	250,75
3.	Selatan	Utara	1349	145	5	9	0	4	0	366,55
4.	Selatan	Barat	224	38	0	1	0	0	0	72,60
5.	Selatan	Timur	2580	432	2	8	2	0	4	836,20
6.	Timur	Utara	1344	238	5	4	0	2	23	481,10
7.	Timur	Barat	2913	709	15	25	13	1	6	1208,05

(Sumber : Data Survei (Diolah), 2018)

Tabel 3. Data Kecepatan Untuk Tiap Jenis Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Standar Deviasi
1.	MC	38,21	7,87
2.	LV	32,65	5,88
3.	LDV	28,86	6,12
4.	TJ	31,34	4,77
5.	HDV	28,62	5,57
6.	LB	32,83	1,19

(Sumber : Data Survei (Diolah), 2018)

Keterangan :

MC = *motorcycle* (sepeda motor)

LVG = *light vehicle gasoline* (sedan, *city car*, MPV, SUV)

LVD = *light vehicle diesel* (*double cabin*, *pick-up*, mobil *box*)

LDV = *light duty vehicle* (mikrobus, minibus, truk 2 gandar)

TJ = bus Trans Jogja

HDV = *heavy duty vehicle* (truk 3 gandar)

LB = *large bus* (bus besar)

Pemodelan Mikrosimulasi Dengan Program VISSIM

Menurut Bloomberg *et al.* (2000) sistem transportasi semakin kompleks sehingga permodelan simulasi dianggap sebagai pendekatan yang efektif untuk mengukur operasi lalu lintas. Perangkat simulasi lalu lintas seperti VISSIM mampu menunjukkan permasalahan jaringan jalan dan kerap digunakan untuk analisa lalu lintas. Sekhar *et al.* (2013) dalam penelitiannya menggunakan program VISSIM untuk membuat simulasi guna memperoleh nilai *stop delay* sebagai lama waktu *idle*. Validasi model simulasi menggunakan metode GEH. Model simulasi dianggap valid jika nilai GEH kurang dari 5.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}} \quad (1)$$

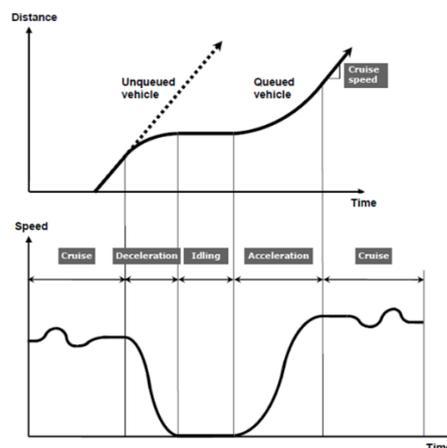
dimana,

M = volume lalu lintas model simulasi (kendaraan/jam),

C = volume lalu lintas lapangan (kendaraan/jam).

Pergerakan Kendaraan di Simpang Bersinyal

Isnaeni (2003) dalam Julianto (2007) membagi konsumsi BBM dalam tiga kondisi kendaraan, yaitu saat diam (*idle*), berakselerasi/deselerasi, dan bergerak dengan kecepatan konstan (*cruise*) yang dapat dilihat pada Gambar 3. Menurut Pandian *et al.* (2009) emisi gas buang kendaraan di area simpang dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, kecepatan deselerasi, lama antrian pada posisi *idle* saat waktu sinyal merah, kecepatan akselerasi, panjang antrian, volume lalu lintas, kondisi udara ambien, serta komposisi jenis kendaraan.



Gambar 3. *Driving Cycle* di Simpang Bersinyal (Sumber : Akçelik *et al.*, 2012)

Estimasi Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)

Isnaeni (2003) dalam Julianto (2007) menggunakan formula dari LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang untuk menghitung konsumsi BBM :

$$F_1 = A + BV + CV^2 \quad (2)$$

$$F_2 = EV^2 \quad (3)$$

$$F_3 = D \quad (4)$$

dimana,

F_1 = konsumsi BBM pada kecepatan konstan (*cruise*) (liter/100 smp-km),

F_2 = konsumsi BBM pada saat akselerasi/deselerasi (liter/smp),

F_3 = konsumsi BBM pada saat *idle* (liter/smp-jam),

V = kecepatan kendaraan (km/jam),

$A = 170.10^{-1}$, $B = -455.10^{-3}$, $C = 490.10^{-5}$, $D = 140.10^{-2}$, $E = 770.10^{-8}$.

Estimasi Beban Emisi Kendaraan Eksisting

Total beban emisi kendaraan di simpang sesuai *driving cycle* meliputi emisi pada kondisi *cruise* (kecepatan konstan), berakselerasi/deselerasi, dan *idle* (diam).

$$E_a = Ec_{a1} + Ed_a + Ei_a + Ea_a + Ec_{a2} \quad (5)$$

dimana,

E_a = beban emisi total di simpang untuk polutan a (kg/jam),

Ec_{a1} = beban emisi untuk polutan a kondisi *cruise* saat menuju simpang(kg/jam),

Ed_a = beban emisi untuk polutan a saat kendaraan berdeselerasi (kg/jam),

Ei_a = beban emisi untuk polutan a saat kendaraan *idle* (kg/jam),

Ea_a = beban emisi untuk polutan a saat kendaraan berakselerasi (kg/jam),

Ec_{a2} = beban emisi untuk polutan a kondisi *cruise* saat meninggalkan simpang (kg/jam).

Perhitungan beban emisi kendaraan saat kendaraan bergerak (baik saat kecepatan konstan maupun berakselerasi/deselerasi)mengacu pada formula dari EMEP/EEA yang telah diadaptasi dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010.

$$Em_a = \sum(VKT_{b,c} \times EF_{a,b,c} \times 10^{-3}) \quad (6)$$

$$\text{di mana : } VKT_{b,c} = M_{b,c} \times FE_{b,c} \quad (7)$$

$$\text{maka : } Em_a = \sum(M_{b,c} \times FE_{b,c} \times EF_{a,b,c} \times 10^{-3}) \quad (8)$$

Guttikunda (2009) mengembangkan formula dari EMEP/EEA untuk menghitung emisi kendaraan saat *idle* di negara berkembang. Formula ini telah diuji untuk Kota Pune di India.

$$Ei_a = \sum \left(\frac{IT_{b,d} \times M_{b,c} \times EF_{a,b,c} \times FE_{b,c}}{60} \right) \quad (9)$$

dimana,

Em_a = beban emisi total untuk polutan a saat kendaraan bergerak (kg/jam),

Ei_a = beban emisi total untuk polutan a saat kendaraan *idle* (g/hari),

$VKT_{b,c}$ = panjang perjalanan kendaraan b yang berbahan bakar jenis c (km/jam)

$M_{b,c}$ = konsumsi BBM kendaraan b yangberbahan bakar jenis c (liter/jam),

- $FE_{b,c}$ = ekonomi BBM kendaraan b yang berbahan bakar jenis c (km/liter),
 $EF_{b,c}$ = faktor emisi polutan a untuk kendaraan b yang berbahan bakar jenis c (g/km),
 $IT_{b,d}$ = waktu *idle* rata-rata untuk kendaraan b pada ruas jalan d (menit/hari).

Tabel 4. Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Kategori Kendaraan

No.	Kategori Kendaraan	Faktor Emisi (g/km)				
		CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
1.	Sepeda motor	14,0	5,9	0,29	0,24	0,008
2.	Mobil (bensin)	40,0	4,0	2,00	0,01	0,026
3.	Mobil (solar)	2,8	0,2	3,50	0,53	0,440
4.	Bus	11,0	1,3	11,9	1,40	0,930
5.	Truk	8,4	1,8	17,7	1,40	0,820

(Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010)

Tabel 5. Ekonomi Bahan Bakar Minyak (BBM) Kendaraan Bermotor

No.	Kategori Kendaraan	Ekonomi BBM (km/liter)
1.	Sepeda motor	28,0
2.	Sedan	9,8
3.	<i>Pick-up</i>	8,5
4.	Truk 2 as	4,4
5.	Truk 3 as	4,0
6.	Bus sedang/mikrobus	4,0
7.	Bus besar	3,5

(Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010)

Dikarenakan perbedaan pada satuan konsumsi BBM maka diperlukan penyesuaian untuk menghasilkan formula akhir perhitungan beban emisi kendaraan.

1. Beban emisi kendaraan saat kecepatan konstan (*cruise*)

Satuan F_1 masih dalam (liter/100 smp-km) sedangkan $M_{b,c}$ dalam (liter/jam) sehingga perlu dikalikan dengan volume lalu lintas dan panjang ruas jalan. Panjang ruas jalan diukur dari mulut simpang hingga simpang terdekat. Fontes *et all.* (2015) berpendapat minimal panjang ruas jalan 30 m dan maksimal 500 m. Jika ruas jalan yang diamati >500 m maka detail spasial pada emisi akan berkurang. Sebaliknya jika ruas jalan yang diamati <30 m maka tidak ada informasi yang menggambarkan pergerakan kendaraan.

$$M_{b,c} = \frac{F_{1,b,c} \times Q_{b,c} \times ld_d}{100} \quad (10)$$

$$\text{maka : } Ec_a = \sum (F_{1,b,c} \times Q_{b,c} \times ld_d \times FE_{b,c} \times EF_{a,b,c} \times 10^{-5}) \quad (11)$$

dimana,

$Q_{b,c}$ = volume kendaraan b yang berbahan bakar jenis c (smp/jam),

ld_d = panjang ruas jalan d (km).

2. Beban emisi kendaraan saat akselerasi/deselerasi

Satuan F_2 masih dalam (liter/smp) sedangkan $M_{b,c}$ dalam (liter/jam) sehingga perlu dikalikan dengan volume lalu lintas.

$$M_{b,c} = F_{2,b,c} \times Q_{b,c} \quad (12)$$

$$\text{maka : } Ed_a = Ea_a = \sum (F_{2,b,c} \times Q_{b,c} \times FE_{b,c} \times EF_{a,b,c} \times 10^{-3}) \quad (13)$$

3. Beban emisi kendaraan saat *idle*

Satuan F_3 masih dalam (liter/smp-jam) sedangkan $M_{b,c}$ dalam (liter/jam) sehingga perlu dikalikan dengan volume lalu lintas dan lama waktu *idle* rata-rata.

$$M_{b,c} = \frac{F_{3,b,c} \times Q_{b,c} \times IT_{b,d}}{60} \tag{14}$$

$$\text{maka : } Ei_a = \sum \left(\frac{IT_{b,d} \times F_{3,b,c} \times Q_{b,c} \times EF_{a,b,c} \times FE_{b,c}}{60} \times 10^{-3} \right) \tag{15}$$

Estimasi Beban Emisi Kendaraan Skenario

Perhitungan ini menggunakan asumsi emisi saat kendaraan dimatikan (*evaporative emission*) dan emisi saat kendaraan dinyalakan kembali (*hot start emission*) sama dengan nol, sehingga total beban emisi kendaraan di simpang merupakan penjumlahan dari beban emisi saat kondisi *cruise*, berdeselerasi, dan berakselerasi.

$$E_a = Ec_{a1} + Ed_a + Ea_a + Ec_{a2} \tag{16}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi Lama Waktu *Idle*

Sebelum model simulasi digunakan untuk analisa maka perlu dilakukan kalibrasi dan validasi dengan uji statistik menggunakan metode GEH. Nilai hasil uji GEH di semua lengansimpang kurang dari 5 sehingga model simulasi dinilai valid atau dapat mewakili kondisi sebenarnya di lapangan (Tabel 6). Lama waktu *idle* (IT) diperoleh dari *output* simulasi VISSIM yaitu nilai *stop delay* yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Uji GEH Model Simulasi Simpang Demangan

No.	Asal	Tujuan	Volume Lalu lintas (kendaraan/jam)			GEH
			Lapangan	Simulasi	Selisih	
1.	Utara	Barat	1991	1903	88	1,994
2.	Utara	Timur	736	704	32	1,193
3.	Selatan	Utara	1512	1455	57	1,480
4.	Selatan	Barat	263	241	22	1,386
5.	Selatan	Timur	3028	2830	198	3,659
6.	Timur	Utara	1616	1555	61	1,532
7.	Timur	Barat	3682	3466	216	3,613

Tabel 7. Lama Waktu *Idle* Simpang Demangan

No.	Asal	Tujuan	Lama Waktu <i>Idle</i> (detik)
1.	Utara	Barat	33,92
2.	Utara	Timur	0,16
3.	Selatan	Utara	17,21
4.	Selatan	Barat	10,08
5.	Selatan	Timur	24,71
6.	Timur	Utara	25,74
7.	Timur	Barat	26,37

Perhitungan Konsumsi BBM dan Beban Emisi Kendaraan Eksisting

Nilai beban emisi kendaraan pada kondisi eksisting bertujuan untuk memberikan gambaran kondisi awal di lapangan sebelum diterapkannya skenario. Hasil perhitungan konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan untuk tiap lengan simpang secara lengkap pada Tabel 8.

Tabel 8. Beban Emisi Kendaraan Eksisting

No.	Arah Pendekat	Volume (smp/jam)	Konsumsi BBM (liter/jam)	Beban Emisi Kendaraan (kg/jam)				
				CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
1.	Utara	806,15	80,0366	29,5384	7,2385	1,3247	0,2588	0,0365
2.	Selatan	1275,35	115,2025	43,9508	11,5157	1,7511	0,4036	0,0387
3.	Timur	1689,15	169,5138	62,7212	14,3623	2,9210	0,4953	0,0753
Total			364,7529	136,2104	33,1165	5,9968	1,1577	0,1505

Lengan timur memiliki nilai konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan yang paling besar, kemudian diikuti lengan selatan dan terakhir lengan utara. Hal ini berbanding lurus dengan volume lalu lintas yaitu semakin besar volume lalu lintas maka semakin tinggi pula konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan yang dihasilkan.

Perhitungan Konsumsi BBM dan Beban Emisi Kendaraan Skenario

Kebijakan *idling stop* ditujukan untuk mengurangi beban emisi kendaraan di simpang. Hasil perhitungan beban emisi kendaraan Simpang Demangan untuk skenario selengkapannya pada Tabel 9, sedangkan perbandingannya dengan eksisting ditunjukkan oleh Tabel 10. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui dengan diterapkannya kebijakan *idling stop* maka konsumsi BBM berkurang 9,6831%, sedangkan beban emisi kendaraan menurun pada kisaran 9,1314 - 9,7478%.

Tabel 9. Beban Emisi Kendaraan Skenario

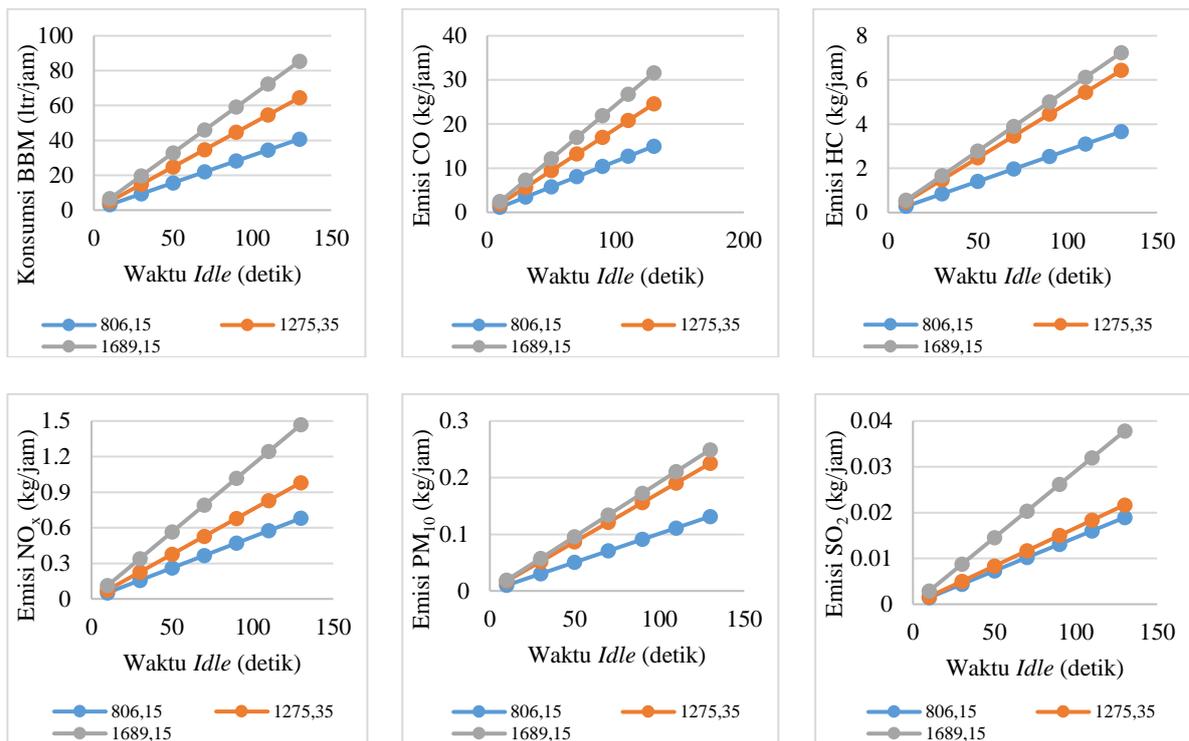
No.	Arah Pendekat	Volume (smp/jam)	Konsumsi BBM (liter/jam)	Beban Emisi Kendaraan (kg/jam)				
				CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
1.	Utara	806,15	72,6947	26,7470	6,5373	1,2149	0,2348	0,0339
2.	Selatan	1275,35	104,4292	39,8340	10,4475	1,5875	0,3664	0,0352
3.	Timur	1689,15	152,3094	56,3520	12,9048	2,6249	0,4451	0,0677
Total			329,4333	122,9329	29,8897	5,4273	1,0463	0,1367

Tabel 10. Perbandingan Konsumsi BBM dan Emisi Eksisting Dengan Skenario

No.	Parameter	Eksisting	Skenario	Penurunan
1.	Konsumsi BBM (liter/jam)	364,7529	329,4333	9,6831%
2.	Emisi CO (kg/jam)	136,2104	122,9329	9,7478%
3.	Emisi HC (kg/jam)	33,1165	29,8897	9,7440%
4.	Emisi NO _x (kg/jam)	5,9968	5,4273	9,4958%
5.	Emisi PM ₁₀ (kg/jam)	1,1577	1,0463	9,6183%
6.	Emisi SO ₂ (kg/jam)	0,1505	0,1367	9,1314%
Rata-rata				9,5700%

Pengaruh Lama Waktu *Idle* Terhadap Konsumsi BBM dan Beban Emisi Kendaraan

Tujuan berikutnya adalah mengetahui hubungan lama waktu *idle* dengan konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan pada tiap lengan simpang. Adapun volume lalu lintas lengan utara adalah 806,15 smp/jam, lengan selatan 1275,35 smp/jam, dan lengan timur 1689,15 smp/jam. Variasilama waktu *idle* yang digunakan 10, 30, 50, 70, 90, 110, dan 130 detik, sehingga diperoleh grafik hubungan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Konsumsi BBM dan Emisi Dengan Waktu *Idle*

Nilai konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan berbanding lurus dengan lama waktu *idle*. Saat lama waktu *idle* 10 detik besarnya konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan untuk berbagai volume lalu lintas tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Seiring bertambahnya lama waktu *idle*, konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan meningkat secara tajam yang ditunjukkan dengan sudut kemiringan grafik yang semakin besar. Selain itu makin bertambahnya lama waktu *idle* maka perbedaan konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan pada berbagai volume lalu lintas juga semakin signifikan.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada kondisi eksisting besarnya konsumsi BBM adalah 364,7529 liter/jam serta beban emisi kendaraan yang dihasilkan untuk parameter CO adalah 136,2104 kg/jam, HC 33,1165 kg/jam, NO_x 5,9968 kg/jam, PM₁₀ 1,1577 kg/jam, dan SO₂ 0,1505 kg/jam.
2. Setelah diterapkan skenario kebijakan *idling stop* besarnya konsumsi BBM menjadi 329,4333 liter/jam serta beban emisi kendaraan yang dihasilkan untuk parameter CO menjadi 122,9329 kg/jam, HC 29,8897 kg/jam, NO_x 5,4273 kg/jam, PM₁₀ 1,0463 kg/jam, dan SO₂ 0,1367 kg/jam. Konsumsi BBM mengalami penurunan sebesar 9,6831%, sedangkan beban emisi kendaraan berkurang pada kisaran 9,1314-9,7478%.
3. Besarnya konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan berbanding lurus dengan lama waktu *idle*. Semakin lama waktu *idle* maka nilai konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan meningkat semakin tajam. Selain itu semakin lama waktu *idle* maka perbedaan konsumsi BBM dan beban emisi kendaraan pada berbagai volume lalu lintas juga semakin signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Magister Sistem dan Teknik Transportasi Universitas Gadjah Mada atas bimbingan akademis yang diberikan, serta kepada Pusbindiklatren Bappenas untuk dukungan finansialnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akçelik, R., Smit, R. dan Besley, M. 2012. "Calibrating Fuel Consumption and Emission Models for Modern Vehicles" dalam IPENZ Transportation Conference (Rotorua, 18 – 21 Maret 2012).
- Badan Pusat Statistik. 2018. Kota Yogyakarta Dalam Angka 2018. Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta.
- Bloomberg, L. dan Dale, J. 2000. "Comparison of The VISSIM and Corsim Traffic Simulation Models" dalam Institute of Transportation Engineers Annual Meeting (Tennessee, 6 – 9 Agustus 2000).
- Dinas Perhubungan. 2019. Laporan Akhir Studi Evaluasi Kinerja Ruas Jalan dan Simpang Perkotaan D. I. Yogyakarta 2018. Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Fontes, T. dkk. 2015. How to Combine Different Microsimulation Tools to Assess The Environmental Impacts of Road Traffic? Lessons and Directions. Transportation Research Part D, Vol. 34, hal. 293 – 306. ISSN 1361-9209.
- Gaines, L., Rask, E. dan Keller, G. 2013. "Which is Greener: Idle, or Stop and Restart? Comparing Fuel Use and Emissions for Short Passenger-Car Stops" dalam TRB 2013 Annual Meeting (Washington, D.C., 13 – 17 Januari 2013).
- Guttikunda, S. 2009. Indicative Impacts of Vehicular Idling On Air Emissions. SIM-air Working Paper Series : 18-2009. <http://www.urbanemissions.info/wp-content/uploads/docs/SIM-18-2009.pdf>
- Jou, R. C., Wu, Y. C. dan Chen, K. H. 2011. Analysis of The Environmental Benefits of A Motorcycle Idling Stop Policy at Urban Intersections. Transportation Planning - Policy - Research - Practice, Vol. 38, No.6, hal. 1017 – 1033. ISSN 0049-4488.
- Julianto, E. N. 2007. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Bangkong dan Simpang Milo Semarang. Tesis untuk derajat Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro (tidak dipublikasikan).
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2010. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 12 Tahun 2010. Deputi Menteri Lingkungan Hidup Bidang Penataan Lingkungan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. 2017. Majalah Hijau Edisi III Tahun 2017. Biro Hubungan Masyarakat Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- Pandian, S., Gokhale, S. dan Ghoshal, A.K. 2009. Evaluating Effects of Traffic and Vehicle Characteristics on Vehicular Emissions Near Traffic Intersections. Transportation Research Part D, Vol. 14, hal. 180 – 196. ISSN 1361-9209.
- Sekhar, Ch. R. dkk. 2013. Estimation of Delay and Fuel Loss during Idling of Vehicles at Signalised Intersection in Ahmedabad. Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 104, hal. 1178 – 1187. ISSN 1877-0428.
- Shancita, I. dkk. 2014. A Review On Idling Reduction Strategies to Improve Fuel Economy and Reduce Exhaust Emissions of Transport Vehicles. Energy Conversion and Management, Vol. 88, hal. 794 – 807. ISSN 0196-8904.

Sharma, N.dkk. 2019. Idling Fuel Consumption and Emissions of Air Pollutants at Selected Signalized Intersections in Delhi. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 212, hal. 8 – 21. ISSN 0959-6526.

MASS RAPID TRANSIT (MRT) DAN ROAD PRICING: ANALISIS PERGESERAN MODA PENGGUNA KENDARAAN PRIBADI SEBAGAI RESPON ATAS KEBIJAKAN TRANSPORTASI BARU DI JAKARTA

Arif Luqman Affandi
Mahasiswa Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
arifaffandi11@gmail.com

Danang Parikesit
Dosen Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
parikesit.danang@gmail.com

Imam Muthohar
Dosen Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
i.muthohar76@gmail.com

ABSTRACT

One effort to overcome congestion in Jakarta is construction of MRT and implementation of ERP. However it is not easy to divert private vehicle users to move to new PT services. People still tend to choose private vehicles because of various factors. How is the effectiveness and probability of modal shift that occurs due to road pricing policies and MRT development? This research is expected to answer the factors that affect private vehicle users to switch modes to the MRT and its roles. Data is collected through questionnaires with stated preference methods, then by regression analyzed using the binary logit model. The results revealed that ERP tariff, travel time, transfers and stairs were influential factors for car users to move to the MRT. While for motorbike users only the ERP tariff and travel time have a significant influence. The influence of ERP and travel time on both types of users is quite large with the probability of shifting by 50-60 percent.

Keywords: *modal split, road pricing, MRT, ERP, transport policy*

ABSTRAK

Salah satu usaha untuk mengatasi kemacetan di Jakarta adalah pembangunan MRT dan penerapan ERP. Namun tidaklah mudah untuk mengalihkan pengguna kendaraan pribadi agar berpindah ke layanan PT yang baru. Orang masih cenderung memilih kendaraan pribadi karena berbagai faktor. Bagaimana efektifitas dan besar pergeseran moda yang terjadi akibat kebijakan *road pricing* dan pembangunan MRT? Penelitian ini diharapkan mampu menjawab tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pengguna kendaraan pribadi agar mau beralih moda ke MRT. Seberapa besar pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap pergeseran moda? Data preferensi dikumpulkan melalui kuesioner dengan metode *stated preference*, kemudian secara regresi dianalisis menggunakan model *binary logit*. Hasilnya diungkap bahwa tarif ERP, waktu perjalanan, transfer dan tangga menjadi faktor-faktor yang berpengaruh bagi pengguna mobil untuk berpindah ke MRT. Sementara pada pengguna sepeda motor hanya tarif ERP dan waktu perjalanan yang berpengaruh signifikan. Pengaruh ERP dan waktu perjalanan pada kedua jenis pengguna cukup besar dengan probabilitas berpindah sebesar 50-60 persen.

Kata kunci: *modal split, road pricing, MRT, ERP, transport policy*

PENDAHULUAN

Di negara-negara berkembang kesadaran akan pentingnya pembangunan moda transportasi massal telah memunculkan proyek-proyek pembangunan layanan transportasi baru yang diperkenalkan kepada publik. Salah satu mega proyek transportasi yang cukup prestisius di Indonesia adalah *Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta*.

Pembangunan moda transportasi massal tak selamanya berhasil. Banyak contoh bagaimana sebuah moda angkutan massal kurang diminati dan pelaku perjalanan tetap memilih menggunakan kendaraan pribadinya. Bahkan meski pun angkutan massal tersebut ditawarkan dengan berbagai layanan yang berkualitas, peralihan moda dari kendaraan pribadi ke transportasi publik tak cukup besar sehingga kemacetan masih kerap terjadi.

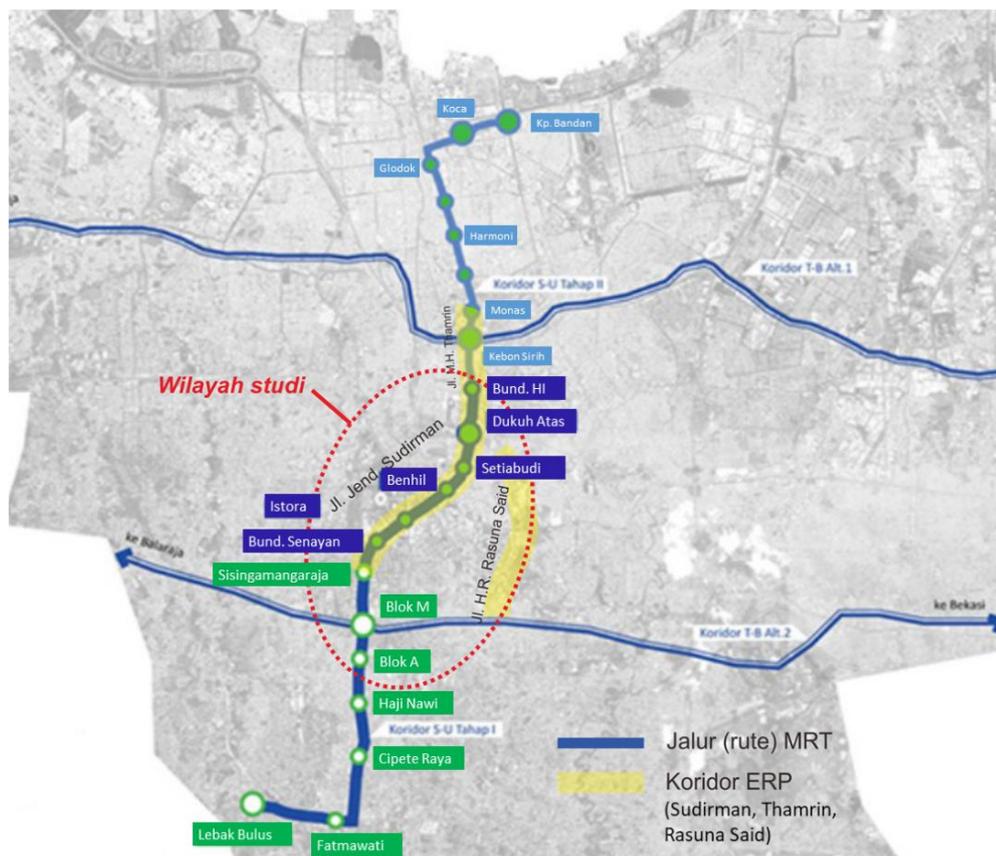
Dalam hal ini transportasi publik bisa dianggap gagal sebagai solusi pengurai kemacetan yang menjadi tujuan utama pembangunannya.

Untuk memaksa pengurangan atas penggunaan kendaraan pribadi di jalan, para ahli memperkenalkan konsep *congestion charging*. Konsep ini telah menjadi salah satu langkah regulasi yang paling efektif untuk menekan tingkat kemacetan yang parah dalam beberapa tahun terakhir (Agarwal dan Koo 2016). Skema yang juga dikenal dengan *roadpricing* ini telah sukses di beberapa kota di negara maju, seperti Singapura (1975), Roma (2001), London (2003), Stockholm pada 2006, dan Milan (2008) (Börjesson dkk. 2012, Eliasson 2008). Di Jakarta studi tentang *electronic road pricing* (RRP) juga sudah mulai dilakukan, antara lain oleh Sugiarto, dkk. (2018) dan Rizki dkk. (2016).

Studi ini mencoba untuk menganalisis faktor-faktor dan besar pergeseran moda yang terjadi ketika kedua kebijakan baru ini diterapkan. Selain itu juga untuk menganalisis peran atau pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap besar pergeseran moda yang terjadi.

METODOLOGI

Lokasi penelitian berada pada perpotongan jalur rencana penerapan *electronic road pricing* (ERP) dan rute MRT sekaligus, yaitu di sepanjang koridor jalan Sudirman – Thamrin, Jakarta. Survei preferensi dilakukan secara offline maupun online dengan sampel sebanyak 439 responden. Survei offline dilaksanakan di beberapa titik seperti gedung perkantoran, gedung pemerintahan dan pusat perbelanjaan.



Gambar 1. Peta jalur MRT, rencana koridor ERP dan wilayah studi

Terkait preferensi pengguna terhadap MRT, konsep dari fungsi utilitas digunakan. Konsep utilitas menyatakan daya Tarik terhadap suatu alternatif, didefinisikan sebagai sesuatu yang dimaksimumkan oleh setiap individu. Individu akan memilih dari pilihan yang menghasilkan tingkat kepuasan tertinggi bagi mereka (Ben-Akiva dan Bierlaire 1999, Tamin 2000).

Prinsip *transportation demand management* (Broaddus dkk. 2009) digunakan untuk mempertimbangkan atribut pemilihan moda (Ortúzar dan Willumsen 2011, Garcia-Martinez dkk. 2018), yaitu ‘PULL’ (waktu perjalanan, waktu tunggu dan antrian, waktu dan jarak berjalan kaki, jumlah transfer, ketinggian tangga) dan ‘PUSH’ (biaya perjalanan, tarif ERP, waktu ERP). Sebanyak sembilan skenario alternatif dibuat berdasarkan desain orthogonal dengan menggunakan maksimum tiga level (Tabel 1).

Tabel 1. Skenario Alternatif

Sk	waktu total perjalanan	waktu di dalam stasiun	waktu di luar stasiun	jarak berjalan kaki	tangga di stasiun MRT	jumlah transfer	biaya perjalanan		tarif ERP		waktu ERP
							mobil	sepeda motor	mobil	sepeda motor	
1	29 mnt	7 mnt	2 mnt	150 m	Eskalator (0 m)	1	Rp17.000	Rp4.000	Rp0	Rp0	--
2	35 mnt	7 mnt	8 mnt	600 m	Tangga 7 m	2	Rp40.000	Rp20.000	Rp23.000	Rp16.000	all days
3	41 mnt	13 mnt	8 mnt	600 m	Tangga 14 m	3	Rp27.000	Rp11.000	Rp10.000	Rp7.000	peak hours
4	35 mnt	13 mnt	2 mnt	150 m	Tangga 14 m	3	Rp17.000	Rp4.000	Rp0	Rp0	--
5	41 mnt	13 mnt	8 mnt	600 m	Eskalator (0 m)	1	Rp40.000	Rp20.000	Rp23.000	Rp16.000	all days
6	29 mnt	7 mnt	2 mnt	150 m	Tangga 7 m	2	Rp27.000	Rp11.000	Rp10.000	Rp7.000	all days
7	41 mnt	13 mnt	8 mnt	600 m	Tangga 7 m	2	Rp17.000	Rp4.000	Rp0	Rp0	--
8	35 mnt	7 mnt	8 mnt	600 m	Eskalator (0 m)	1	Rp27.000	Rp11.000	Rp10.000	Rp7.000	peak hours
9	29 mnt	7 mnt	2 mnt	150 m	Tangga 14 m	3	Rp40.000	Rp20.000	Rp23.000	Rp16.000	peak hours

Berdasarkan preferensi responden terhadap skenario alternatif dan karakteristiknya, dengan teknik regresi data dianalisis dan dikalibrasi untuk selanjutnya dibuat model utilitas, masing-masing untuk moda MRT dan kendaraan pribadi (mobil dan sepeda motor).

Probabilitas masing-masing moda dihitung dan dianalisis menggunakan model *binary logit*. Dengan menggantikan fungsi $(-\beta.C)$ dengan fungsi utilitas (U_i) didapat persamaan logit biner untuk menentukan probabilitas pemilihan moda sebagai berikut:

$$P_{mrt} = \frac{\exp U_{mrt}}{\exp U_{mrt} + \exp U_{kp}} \quad (2) \text{ dengan } P_{kp} = 1 - P_{mrt} \quad (3)$$

dimana,

P_{mrt} = probabilitas memilih moda MRT

P_{kp} = probabilitas memilih kendaraan pribadi (mobil atau sepeda motor)

Dengan menggunakan model logit biner selisih, probabilitas pengguna kendaraan pribadi untuk bergeser (berpindah) ke moda transportasi publik (MRT) merupakan fungsi selisih utilitas antara kedua moda, dapat ditulis dalam bentuk:

$$P_{mrt} - P_{kp} = \frac{\exp U_{mrt} - U_{kp}}{1 + \exp U_{mrt} - U_{kp}} \quad (4)$$

Untuk melihat pengaruh dan peran tiap atribut terhadap pergeseran moda yang terjadi, dilakukan simulasi dan uji sensitivitas dengan mengubah level atribut secara bertahap pada rentang tertentu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Model utilitas

Data preferensi terhadap moda MRT diestimasi dengan teknik regresi untuk mendapatkan model utilitas terbaik. Model utilitas (U_{mrt}) menggambarkan daya Tarik pengguna mobil dan sepeda motor terhadap moda MRT yang dipengaruhi berbagai variabel (atribut) yang disusun dalam 9 skenario alternatif.

Hasil estimasi data pada pengguna mobil memperhitungkan hanya ada 4 variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap pemilihan moda MRT, yaitu waktu perjalanan, tangga, jumlah transfer dan tarif ERP. Sementara variabel-variabel lain seperti waktu tunggu, jarak berjalan, biaya perjalanan dan waktu ERP ditemukan berpengaruh tidak signifikan dan terdapat gejala multikolinearitas. Fungsi utilitas MRT pada pangguna mobil setelah dilakukan validasi (kalibrasi) model adalah sebagai berikut:

$$U_{mrt} = 1,084 - 0,014 * \text{waktu perjalanan} - 0,005 * \text{tangga} - 0,043 * \text{transfer} + 8,922E-6 * \text{ERP}(5)$$

Sementara pada pengguna sepeda motor, hasil estimasi data memperhitungkan hanya tarif ERP dan waktu perjalanan yang memiliki pengaruh signifikan terhadap minat menggunakan MRT. Model utilitas setelah dilakukan validasi adalah sebagai berikut:

$$U_{mrt} = 0,584 + 1,874E-5 * \text{tarif ERP} - 0,005 * \text{waktu perjalanan} \quad (6)$$

Probabilitas pergeseran moda ke MRT

Pergeseran moda pengguna mobil

Probabilitas pengguna mobil untuk memilih MRT berada pada kisaran 50-60 persen atau hampir seimbang. Pada Skenario 1 ketika tarif ERP belum dikenakan dengan waktu perjalanan 29 menit probabilitas pengguna mobil untuk memilih MRT adalah sebesar 57%. Probabilitas tertinggi dicapai oleh skenario 2 dan skenario 9 ketika tarif ERP dikenakan sebesar Rp.23.000, masing-masing dengan probabilitas memilih MRT sebesar 61% dan 59%. Besar pergeseran moda yang terjadi jika dibandingkan dengan skenario 1 mengalami kenaikan, masing-masing sebesar 4% dan 2%.



Gambar 2. Probabilitas memilih MRT pengguna mobil

Sementara probabilitas terendah sebesar 42% dicapai pada kondisi skenario 7 ketika tarif ERP tidak dikenakan, sementara waktu perjalanan adalah 41 menit dengan jumlah transfer 3 kali pada stasiun dengan tangga setinggi 7 meter. Kondisi ini justru mengakibatkan peningkatan jumlah pengguna mobil dengan pergeseran sebesar 14%. Hal yang hampir sama terjadi ketika tarif ERP tidak dikenakan, sementara ketinggian tangga adalah 14 meter, dengan waktu perjalanan 35 menit dan 2 kali transfer (skenario 4), minat menggunakan MRT justru turun sebesar 10%.

Pergeseran moda pengguna sepeda motor

Hampir sama dengan pengguna mobil, probabilitas pengguna sepeda motor untuk memilih MRT berada pada kisaran 50-60 persen. Pada Skenario 1 ketika tarif ERP belum dikenakan dengan waktu perjalanan 29 menit, probabilitas pengguna sepeda motor untuk memilih MRT adalah sebesar 47%.

Probabilitas tertinggi dicapai oleh skenario 9 dan skenario 2 ketika tarif ERP dikenakan sebesar Rp.16.000, masing-masing dengan probabilitas memilih MRT sebesar 62% dan 60%. Besar pergeseran moda yang terjadi jika dibandingkan dengan skenario 1 mengalami kenaikan yang cukup besar, yaitu sebesar 15% dan 13%. Sementara probabilitas terendah sebesar 44% dan 45% dicapai masing-masing pada kondisi skenario 7 dan skenario 4, yaitu ketika tarif ERP tidak dikenakan, sementara waktu perjalanan adalah 41 menit dan 35 menit. Kondisi ini mengakibatkan penurunan minat terhadap MRT dan meningkatkan jumlah pengguna sepeda motor masing-masing sebesar 3% dan 2%.

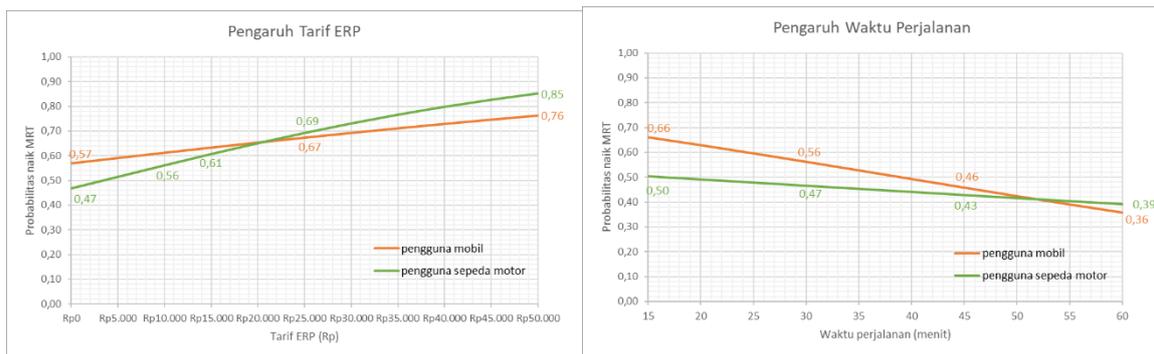


Gambar 3. Probabilitas memilih MRT pengguna sepeda motor

Sensitivitas

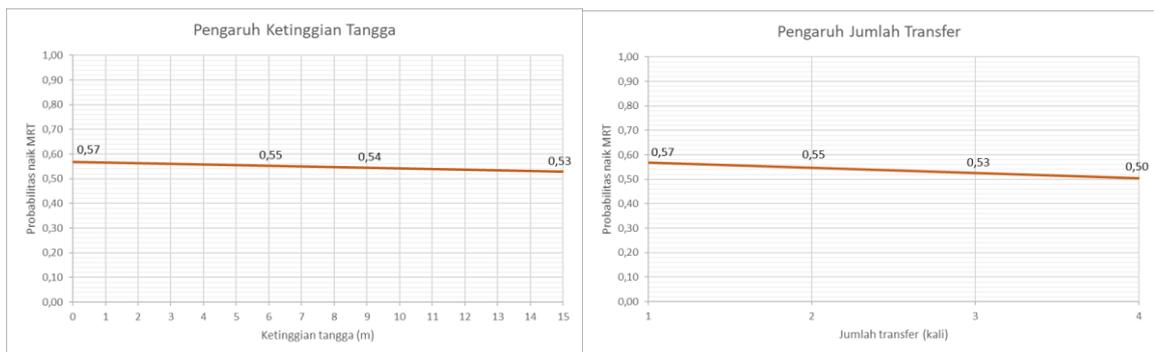
Pengaruh dikenakannya tarif ERP memberikan dampak cukup besar terhadap pergeseran ke moda MRT. Pengaruh tarif ERP memiliki arah yang positif, artinya semakin tinggi tarif ERP akan memberikan peluang pergeseran ke moda MRT semakin besar. Pada kondisi ketika mobil tidak dikenakan ERP (Rp.0), probabilitas orang untuk menggunakan MRT adalah sebesar 57%. Sementara ketika ERP diberlakukan dengan tarif Rp.25.000, probabilitas orang untuk menggunakan MRT akan naik menjadi 67%. Sementara pada pengguna sepeda motor, ketika tidak dikenakan ERP (Rp.0), probabilitas penggunaanya hanyalah sebesar 47%.Sementara ketika ERP diberlakukan dengan tarif Rp.10.000 misalnya, probabilitas pengguna sepeda motor untuk berpindah ke MRT akan menjadi 56% (naik sebesar 9%). Demikian juga ketika tarif ERP terus dinaikkan sampai di harga Rp.15.000 dan Rp.25.000, pergeseran modanya akan naik masing-masing sebesar 14% dan 22% dari kondisi sebelum dikenakan tarif ERP. (Gambar 4a).

Berbeda dengan tarif ERP, waktu perjalanan memiliki arah yang negatif, artinya semakin lama waktu, akan semakin mengurangi minat terhadap MRT. Ketika perjalanan ditempuh selama 30 menit, probabilitas pengguna mobil yang naik MRT hanyalah sebesar 56%. Sementara ketika waktu berselisih 15 menit lebih lama (menjadi 45 menit), pergeseran moda yang terjadi adalah -10%. Pada pengguna sepeda motor, ketika perjalanan ditempuh selama 30 menit, probabilitas pengguna sepeda motor yang naik MRT hanyalah sebesar 47%. Sementara ketika waktu berselisih 15 menit lebih lama (menjadi 45 menit), pergeseran moda yang terjadi adalah -4% (Gambar 4b).



Gambar 4. Pengaruh tarif ERP (a) dan waktu perjalanan (b)

Ketinggian tangga dan transfer berpengaruh terhadap minat penggunaan MRT tidak terlalu besar. Pada kondisi ketika terdapat fasilitas eskalator ataupun lift, probabilitas orang untuk menggunakan MRT adalah sebesar 57%. Sementara hanya berupa tangga biasa dengan ketinggian 9 meter, probabilitas orang untuk menggunakan MRT akan turun sebesar 3%, atau menjadi 54%. Demikian juga ketika stasiun terletak 15 meter dari jalan, kemungkinan penggunaan MRT adalah sebesar 53% (Gambar 5a).

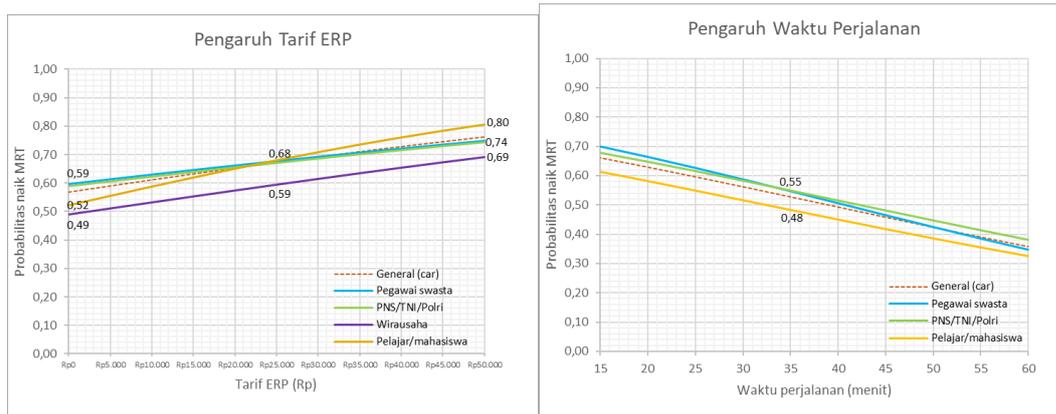


Gambar 5. Pengaruh tangga (a) dan jumlah transfer (b)

Ketika jumlah transfer yang dilakukan hanya satu kali, probabilitas pengguna untuk naik MRT adalah sebesar 57%. Ketika pengguna melakukan transfer sebanyak 2 kali, probabilitas pengguna akan turun menjadi 55%. Demikian seterusnya ketika pengguna melakukan transfer sebanyak 3 dan 4 kali (Gambar 5b).

Karakteristik pengguna

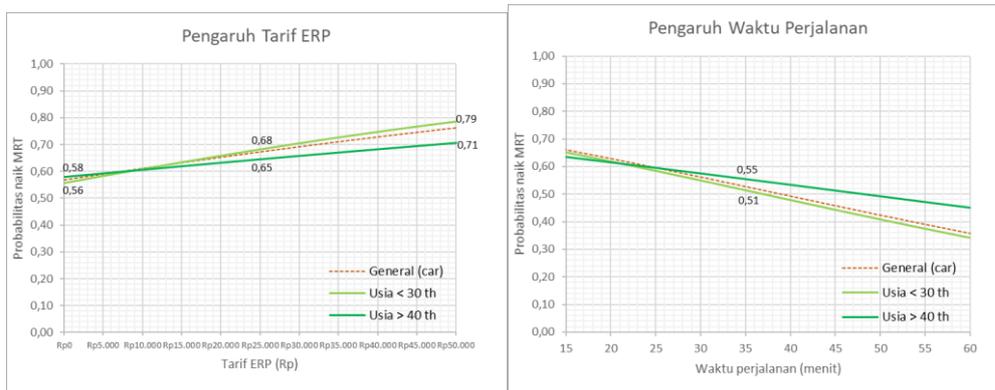
Kelompok pekerja, baik pegawai swasta maupun pegawai pemerintah memiliki minat paling tinggi terhadap MRT. Pada kondisi tanpa tarif ERP dengan waktu perjalanan 29 menit, minat kelompok pegawai terhadap MRT cukup tinggi yaitu sebesar 59%. Hal ini dimungkinkan karena tuntutan waktu pekerjaan yang ketat bagi para pekerja. Kemiringan variabel waktu perjalanan pada kategori pegawai swasta yang lebih curam menunjukkan alasan ini, dimana pegawai swasta bisa dianggap memiliki sensitivitas terhadap waktu lebih tinggi dari pada pegawai pemerintah, dan atau kelompok profesi yang lain (Gambar 6).



Gambar 6. Karakteristik pengguna berdasarkan jenis pekerjaan

Pelajar/mahasiswa menjadi kelompok yang paling sensitif terhadap tarif ERP dibandingkan dengan kelompok lain. Hal ini cukup logis mengingat kelompok ini pada umumnya belum mempunyai penghasilan secara mandiri. Sementara kelompok wirausaha menjadi jenis pengguna yang paling rendah minatnya terhadap MRT. Dengan kebebasan waktu dan penghasilan yang cenderung lebih besar, menjadikan jenis pengguna ini paling tidak sensitif baik terhadap perubahan waktu maupun biaya.

Ditinjau dari faktor usia, waktu perjalanan dan tarif ERP menjadi faktor yang cukup sensitif bagi kelompok usia muda. Kelompok usia muda merepresentasikan para pengguna yang aktif dan produktif, tetapi secara materi memiliki penghasilan yang lebih rendah. Dibandingkan dengan kelompok usia tua (lebih dari 40 tahun), kelompok ini memiliki *slope* yang lebih tajam. Hal ini merepresentasikan bahwa waktu perjalanan MRT yang singkat menjadi daya tarik utama pengguna usia muda terhadap moda ini. Sementara tarif ERP bisa menjadi pendorong (*push*) bagi kelompok ini untuk memaksa mereka berpindah ke moda MRT (Gambar 7).

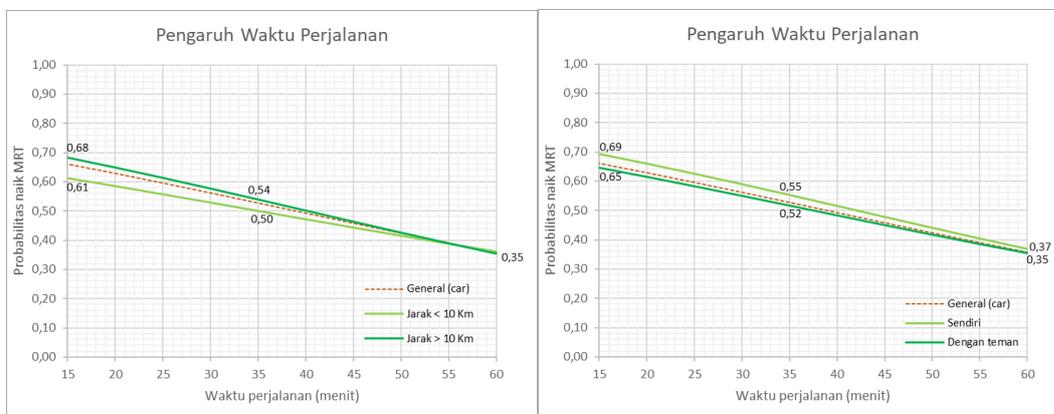


Gambar 7. Karakteristik pengguna berdasarkan usia

Bagi kelompok usia yang lebih tua, *slope* waktu perjalanan dan tarif ERP tidak terlalu tajam, tetapi dengan probabilitas yang lebih tinggi. Hal ini menggambarkan minat yang lebih tinggi terhadap MRT dibandingkan dengan kelompok usia muda. Ketertarikan terhadap MRT tidak hanya karena faktor waktu dan biaya semata, tetapi dimungkinkan juga karena faktor kenyamanan di dalam kereta. Faktor ketinggian tangga menjadi penghalang bagi kelompok usia yang lebih tua untuk memilih MRT.

Ditinjau dari jarak perjalanan, orang yang melakukan perjalanan jarak jauh dan menengah (lebih dari 10 km) memiliki minat yang lebih tinggi terhadap MRT daripada orang yang melakukan perjalanan jarak pendek (kurang dari 10 km). Hal ini dimungkinkan karena dampak dari kemacetan dan lamanya perjalanan paling dirasakan oleh orang yang melakukan perjalanan dengan jarak yang lebih jauh. Moda alternatif seperti MRT yang menawarkan kecepatan dengan waktu perjalanan yang lebih singkat akan menjadi pilihan.

Sensitivitas grafik yang lebih curam pada variabel waktu perjalanan mengindikasikan penjelasan ini (Gambar 8a). Sementara pengguna yang melakukan perjalanan tanpa teman (*single traveler*) lebih mungkin untuk berpindah ke MRT daripada pengguna yang biasa melakukan perjalanan bersama-sama dengan teman. Waktu perjalanan menjadi alasan utama bagi pelaku *single traveler* untuk berpindah moda (Gambar 8b).

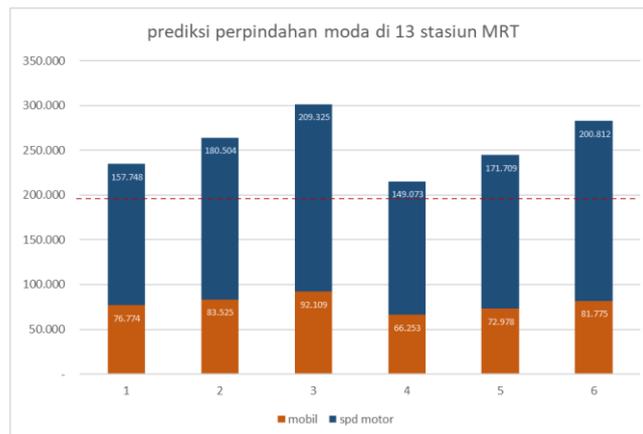


Gambar 8. Karakteristik pengguna berdasarkan jarak perjalanan (a) dan jumlah teman seperjalanan (b)

Simulasi

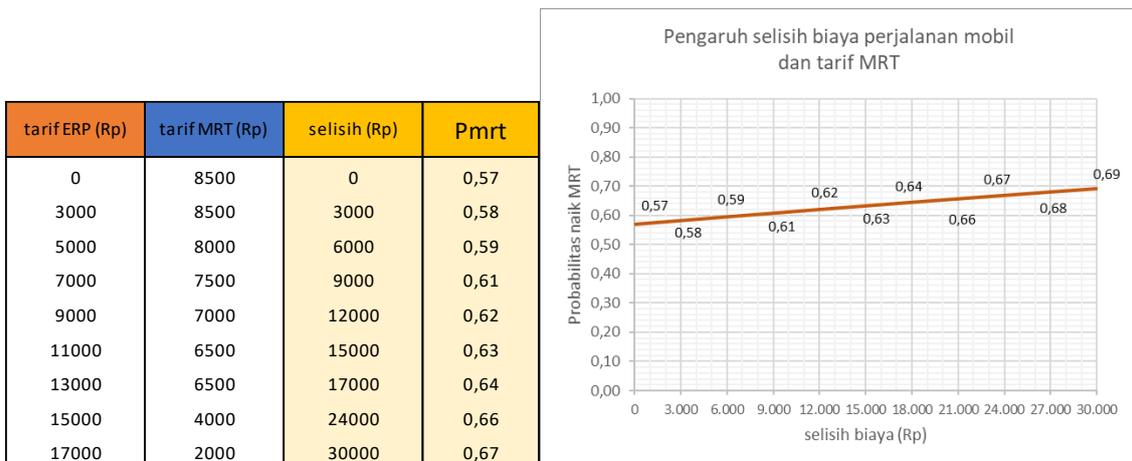
Jika diasumsikan volume lalu-lintas rata-rata 13 stasiun MRT adalah 11.685 mobil dan 26.748 sepeda motor, maka dengan waktu perjalanan rata-rata 35 menit tanpa ERP, pengguna kendaraan pribadi yang diprediksi berpindah ke MRT adalah sekitar 230.000. Sementara dengan waktu yang berselisih 10 menit lebih lama, minat pengguna diprediksi berkurang sekitar 20.000 orang. Maka perlu diperhatikan untuk senantiasa menerapkan manajemen pelayanan stasiun yang baik, sehingga memastikan waktu perjalanan penumpang tidak terganggu.

Di awal beroperasinya MRT Jakarta ditargetkan bisa mengangkut 190.000 penumpang per hari. Maka untuk menaikkan target di tahun berikutnya, beberapa opsi kebijakan *road pricing* bisa dipilih. Misalnya dengan target penumpang sejumlah 260.000 orang per hari, tarif ERP bisa diterapkan di angka Rp.10.000 untuk mobil dan Rp.7.000 untuk sepeda motor. Sementara dengan target penumpang yang lebih besar yaitu sekitar 300.000 penumpang per hari, tarif ERP bisa diterapkan di angka Rp.23.000 untuk mobil dan Rp.16.000 untuk sepeda motor.



Gambar 9. Simulasi perpindahan moda di 13 stasiun MRT

Simulasi lain bisa diterapkan untuk penentuan besaran tarif MRT dan tarif ERP sekaligus. Pada kondisi tarif MRT sebesar Rp.8.500 tanpa ERP, pergeseran moda yang terjadi adalah maksimal sebesar 57%. Pemerintah bisa mulai menekan (*push*) pengguna mobil dengan menerapkan kebijakan ERP pada tarif sebesar Rp.7.000, dan secara bersamaan menurunkan tarif MRT menjadi Rp.7.500 (*pull*). Dengan selisih biaya sebesar Rp.9.000, pengguna mobil yang akan bergeser ke MRT diprediksi bisa mencapai 61%. Dengan target pergeseran yang lebih besar (misalnya 67%), pemerintah bisa menaikkan tarif ERP menjadi Rp.15.000 dan menekan tarif MRT jauh lebih rendah menjadi Rp.4.000 (gambar 10).



Gambar 10. Simulasi besaran tarif ERP dan tarif MRT yang bisa diterapkan dan pengaruhnya terhadap pergeseran moda ke MRT

KESIMPULAN

Survei preferensi memberikan hasil bahwa tarif ERP, waktu perjalanan, jumlah transfer dan tangga menjadi faktor-faktor yang berpengaruh bagi pengguna mobil untuk beralih moda ke MRT. Tidak seperti pengguna mobil, pertimbangan transfer dan tangga bukanlah faktor yang diperhitungkan oleh pengguna sepeda motor. Jumlah transfer dan tangga bisa dianggap sebagai *disutilitas* (ketidaksukaan) pengguna mobil terhadap transportasi publik.

Pengguna mobil merespon keberadaan kereta cepat seperti MRT dengan lebih tinggi dibandingkan dengan pengguna sepeda motor karena faktor waktu perjalanan, dengan pergeseran moda maksimal sebesar 57%. Keberadaan MRT bisa dianggap sebagai *substitusi* bagi mobil pribadi yang mengalami *discomfort* karena tingginya tingkat kemacetan dan *lose time*. Di lain sisi pengguna sepeda motor merespon keberadaan MRT dengan lebih rendah (*shifting* maksimal 47%). Hal ini dimungkinkan dengan pertimbangan bahwa sepeda motor masih dianggap lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan MRT. Pengelolaan *time management* yang baik harus dilakukan di setiap stasiun MRT. Selisih waktu 10 menit bisa menurunkan minat pengguna MRT hingga 7%.

Pengaruh kebijakan *road pricing* bagi kedua jenis pengguna kendaraan pribadi adalah cukup besar. Hanya saja pengguna sepeda motor memiliki sensitivitas terhadap aspek biaya yang lebih tinggi. Dengan tarif MRT sebesar Rp.8.500, untuk meningkatkan pergeseran moda ke MRT minimal sebesar 60%, tarif ERP bagi kendaraan pribadi masing-masing haruslah seharga Rp.23.000 untuk mobil dan Rp.16.000 untuk sepeda motor. Berbagai kombinasi tarif ERP dan tarif MRT dapat diterapkan secara bersamaan (*push & pull*) untuk mendapatkan pergeseran moda yang lebih tinggi.

Adapun karakteristik pengguna kendaraan pribadi yang berpotensi besar untuk berpindah ke MRT sebagian besar adalah dari kalangan pegawai swasta yang berada pada usia produktif, dengan tingkat penghasilan menengah, dan melakukan perjalanan dengan jarak lebih dari 10 km secara *single traveler*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal S, Koo KM. 2016. Impact of electronic road pricing (ERP) changes on transport modal choice. *Reg. Sci. Urban Econ*, 60:1–11.
- Ben-Akiva M, Bierlaire M. 1999. Discrete Choice Methods and their Applications to Short Term Travel Decisions. *Transp. Sci. Hand*, (MIT press), 5–33.
- Börjesson M, Eliasson J, Hugosson MB, Brundell-Freij K. 2012. The Stockholm congestion charges-5 years on Effects, acceptability and lessons learnt. *Transp. Policy*, 20:1–12.
- Broadbent A, Litman TA, Menon G. 2009. *Transportation Demand Management: Training Document P. DG für TZ (GTZ) G*, ed. (Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, Germany).
- Eliasson J. 2008. Lessons from the Stockholm congestion charging trial. *Transp. Policy*, 15(6):395–404.
- Garcia-Martinez A, Cascajo R, Jara-Diaz SR, Chowdhury S, Monzon A. 2018. Transfer penalties in multimodal public transport networks. *Transp. Res. Part A Policy Pract*, (xxxx):0–1.
- Ortúzar J de D, Willumsen LG. 2011. *Modelling Transport* 4th ed. (JohnWiley & Sons, Ltd Previous).
- Rizki M, Karsaman RH, Santoso I, Frazila RB. 2016. Route divert behavior in jakarta electronic road pricing policy implementation. *Int. J. Technol*, 7(4):571–580.
- Sugiarto S, Miwa T, Morikawa T. 2018. The tendency of public's attitudes to evaluate urban congestion charging policy in Asian megacity perspective: Case a study in Jakarta, Indonesia. *Case Stud. Transp. Policy*, (February 2017):0–1.
- Tamin OZ. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* 2nd ed. (Penerbit ITB, Bandung).

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PELANGGARAN PENGUNAAN LAJUR KHUSUS ANGKUTAN UMUM (LKAU)

Kornelius Jepriadi
Mahasiswa Magister Sistem dan
Teknik Transportasi
Fakultas Teknik – UGM
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta
kornelius.jp@gmail.com

Dewanti
Dosen Magister Sistem dan
Teknik Transportasi
Fakultas Teknik – UGM
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta
dewanti@ugm.ac.id

Imam Muthohar
Dosen Magister Sistem dan
Teknik Transportasi
Fakultas Teknik – UGM
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta
i.muthohar76@gmail.com

ABSTRACT

Infrastructures construction near Jakarta – Cikampek Toll Road cause a congestion. Government made policies to reduce it, including regulation of a public transportation lane (Lajur Khusus Angkutan Umum – LKAU). LKAU should be used by buses, however other vehicles, which are non-bus, also use this lane. This study aims to identify a segment profile of toll road and find the factors which can be the cause of private vehicles drivers using the LKAU. MKJI is used as analysis method using road inventory data and traffic volume, and Logistic regression analysis is conducted to the interview data. The results show that the highest traffic volume is on Monday at 6 a.m. until 7 a.m. with 5645 vehicles/hour. Road segment capacity is 9476 pcu/hour and provides 6 LKAU road markings. Several factors that cause violation of LKAU are the traffic condition, understanding of LKAU policy and markings, law enforcement, drivers condition and road surface.

Keywords: Construction of infrastructures, traffic jam, Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU), Logistic regression, MKJI

ABSTRAK

Proyek pembangunan infrastruktur di lingkungan Jalan Tol Jakarta – Cikampek menjadi penyebab kemacetan di jalan tersebut. Pemerintah membuat paket kebijakan untuk mengurangi kemacetan yang salah satunya yaitu penyediaan Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU). LKAU yang seharusnya digunakan bus justru digunakan oleh kendaraan nonbus. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi profil segmen ruas jalan tol dan menemukan faktor pelanggaran LKAU. Analisis yang digunakan yaitu perhitungan berdasarkan MKJI menggunakan data inventarisasi jalan, volume lalu lintas dan regresi logistik menggunakan data survei wawancara. Hasil analisis menunjukkan bahwa volume lalu lintas tertinggi terjadi pada Hari Senin pukul 06.00 – 07.00 WIB yaitu sebesar 5645 kendaraan/jam, segmen jalan dilengkapi 6 marka LKAU dan memiliki kapasitas sebesar 9476 smp/jam, faktor pelanggaran LKAU yang berpengaruh signifikan meliputi kondisi lalu lintas, pengetahuan kebijakan LKAU, pemahaman marka LKAU, penegakan hukum, kondisi pengemudi dan kondisi permukaan jalan.

Kata Kunci: Proyek pembangunan infrastruktur, kemacetan, Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU), Regresi Logistik, MKJI

PENDAHULUAN

Di lingkungan Jalan Tol Jakarta – Cikampek sedang dibangun 3 (tiga) proyek infrastruktur meliputi *Light Rail Transit* (LRT) Jakarta – Bekasi Timur, Kereta Cepat Jakarta – Bandung dan Jalan Tol Jakarta – Cikampek II (*elevated*). Pembangunan proyek tersebut terindikasi menjadi salah satu penyebab kemacetan di ruas ini. Berdasarkan data Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek, nilai *vc ratio* (perbandingan volume lalu lintas dengan kapasitas

jalan) sekarang ini sudah ada yang segmen jalannya memiliki *vc ratio* lebih dari 1 dimana sebelumnya tercatat hanya 0,96 (Rahayu, 2018).

Pemerintah telah melakukan upaya untuk mengurangi kemacetan dengan menetapkan suatu paket kebijakan pada Jalan Tol Jakarta – Cikampek. Salah satu kebijakan yang dibuat adalah penyediaan Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU) pada dari Bekasi Timur arah Jakarta pada pukul 06.00 – 09.00 WIB pada Hari Senin – Jum’at (kecuali hari libur nasional) yang diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 99 Tahun 2017 tentang Penggunaan LKAU untuk Mobil Bus pada Jalan Tol di Wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi.

Kondisi di lapangan sekarang, LKAU tersebut kurang mendapat perhatian dari masyarakat, hal ini dapat dilihat dari masih banyaknya pengemudi yang mengemudikan kendaraan bukan bus baik itu mobil penumpang maupun angkutan barang tetap mengemudi di lajur tersebut. Hal tersebut tentunya tergolong sebagai suatu bentuk pelanggaran atau ketidakpatuhan terhadap peraturan yang berlaku.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi profil segmen Ruas Jalan Tol Jakarta – Cikampek yaitu dari *Ramp On* Bekasi Barat sampai *Ramp Off* Cikunir dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pengemudi mobil penumpang menggunakan LKAU.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu segmen Ruas Jalan Tol Jakarta – Cikampek yang dilengkapi dengan LKAU yaitu antara *Ramp On* Bekasi Barat dengan *Ramp Off* Cikunir dengan panjang jalan 2 km. Penelitian dilaksanakan di *Rest Area* km 6 Jalan Tol Jakarta – Cikampek arah Jakarta dan di jembatan Jalan Sersan Marjuki.

Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini terdiri data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi data inventarisasi ruas jalan (jumlah lajur, lebar lajur, lebar bahu jalan) dan volume lalu lintas Jalan Tol Jakarta – Cikampek arah Jakarta yang diperoleh dari PT. Jasa Marga sedangkan pengumpulan data primer dilakukan dengan pengamatan langsung volume lalu lintas di lapangan dan melakukan wawancara pengemudi mobil penumpang.

Penentuan Jumlah Sampel

Penentuan jumlah sampel dihitung berdasar rumus Slovin (Amirin, 2011). Penentuan jumlah sampel didasarkan dari jumlah populasi yang ada dan merupakan sampel acak atau didasarkan pada teori peluang dimana semua populasi berpeluang untuk menjadi sampel.

$$n = \frac{N}{1+(Ne^2)} \quad (1)$$

dimana,

n = Ukuran sampel

N = Ukuran populasi

e = Batas ketelitian (*margin error*) dalam perhitungan sampel dalam penelitian ini sebesar 10%

Perhitungan Kapasitas Segmen Ruas Jalan

Perhitungan kapasitas menggunakan perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997 yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \quad (2)$$

dimana,

C = Kapasitas

C_o = Kapasitas dasar (Tabel 1)

FC_{SP} = Faktor koreksi pemisahan arah (hanya untuk tipe 2/2UD) (Tabel 2)

FC_w = Faktor koreksi lebar lajur lalu lintas (Tabel 3)

Tabel 1. Nilai Kapasitas Dasar Jalan Bebas Hambatan

Geometri	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Keterangan
Datar	2.300	Per lajur

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2. Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah

Pemisah arah SP%-%	50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
Jalan bebas hambatan tak terbagi	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 3. Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas

Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas	Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur
W _C (m)	FC _w
3,75	1,03

(Sumber MKJI, 1997)

Variabel Penelitian dalam Analisis Regresi Logistik

Variabel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 2 (dua) variabel yaitu variabel bebas dan tidak bebas. Variabel tidak bebas merupakan variabel yang memberikan reaksi atau respon jika dihubungkan dengan variabel bebas. Variabel bebas adalah variabel yang keberadaannya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas.

Pada penelitian ini yang menjadi variabel tidak bebas adalah penggunaan LKAU. Dalam penentuan variabel bebas pelatihan mengemudi mengacu pada Haque dan Udin (2003) dalam Libania (2012) yang menjelaskan salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku pengemudi adalah pengalaman pengemudi mengikuti pelatihan mengemudi. Penentuan variabel bebas mengetahui kebijakan LKAU, pemahaman marka dan rambu berdasarkan Ubaidillah (2006) yang menjelaskan pengetahuan yang dimiliki seseorang menjadi salah satu faktor dalam mematuhi peraturan lalu lintas dimana semakin tinggi pengetahuan yang dimiliki seseorang maka semakin tinggi kemungkinan untuk mematuhi peraturan dalam berlalu lintas. Variabel bebas kondisi lalu lintas mengacu pada Hobbs (1995) yang menjelaskan bahwa faktor yang mempengaruhi perilaku pengemudi adalah lingkungan dimana perilaku pengemudi dipengaruhi oleh lancar dan teratur atau tidaknya kondisi lalu lintas yang sedang dialaminya. Penentuan variabel bebas kondisi permukaan jalan didasari oleh pernyataan Erwanda (2018) yang mengemukakan bahwa faktor kondisi jalan merupakan salah satu faktor yang melatar belakangi pelanggaran lalu lintas. Safitri dkk (2013) menyatakan bahwa pengemudi patuh disebabkan adanya rasa takut akan sanksi yang berlaku lalu dan Rakhmani (2013) mengungkapkan bahwa dengan adanya program tindakan langsung (tilang) secara efektif akan mempengaruhi tingkat kepatuhan pengemudi kemudian

dapat disimpulkan tinggi rendahnya penegakkan hukum mempengaruhi tingkat kepatuhan pengemudi kemudian penelitian ini menjadikan penegakkan hukum sebagai salah satu variabel bebas. Penentuan variabel bebas kondisi pengemudi yang tergesa-gesa didasari oleh penelitian Beck dkk (2012) sikap mengemudi tergesa-gesa dapat mempengaruhi perilaku mengemudi yang menimbulkan perilaku mengemudi yang berisiko yang kemudian tidak mematuhi peraturan berlalu lintas.

Dari setiap variabel perlu adanya klasifikasi yang diperlukan dalam pemodelan. Pengkodean ini disebut dengan istilah pengkodean variabel *dummy* (Al-Ghamdi, 2002). Variabel tidak bebas didefinisikan sebagai menggunakan LKAU (kode = 1) dan tidak menggunakan LKAU (kode = 0). Skala yang digunakan untuk variabel bebas pada penelitian ini yaitu skala *dummy*. Pengkodean variabel tidak bebas dan variabel bebas ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengkodean Variabel

No	Variabel	Kode
1	Penggunaan LKAU (Y)	0 → Tidak menggunakan LKAU
		1 → Menggunakan LKAU
2	Pelatihan mengemudi (X ₁)	0 → Pernah
		1 → Tidak pernah
3	Mengetahui adanya LKAU (X ₂)	0 → Mengetahui
		1 → Tidak Mengetahui
4	Pemahaman marka LKAU (X ₃)	0 → Paham
		1 → Tidak paham
5	Pemahaman rambu LKAU (X ₄)	0 → Paham
		1 → Tidak paham
6	Kondisi lalu lintas (X ₅)	0 → Tidak Macet
		1 → Macet
7	Kondisi permukaan jalan (X ₆)	0 → Tidak rusak
		1 → Rusak
8	Penegakan hukum (X ₇)	0 → Tinggi
		1 → Rendah
9	Kondisi pengemudi (X ₈)	0 → Tidak tergesa - gesa
		1 → Tergesa – gesa

Tahapan Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Penelitian dimulai dengan perumusan masalah dari kondisi atau fenomena yang terjadi di lapangan;
2. Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi-referensi dari berbagai macam sumber serta teori-teori yang ada untuk menyelesaikan penelitian yang dilakukan;
3. Persiapan penelitian dilakukan untuk mempersiapkan sesuatu hal yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian antara lain lokasi penelitian, jenis data penelitian, metode penelitian, peralatan yang dibutuhkan, formulir survei lalu lintas dan kuesioner wawancara pada pengemudi mobil penumpang;
4. Pengumpulan data terdiri dari 2 (dua) jenis data yaitu data sekunder dan data primer.
5. Pengolahan data dilakukan untuk mengolah data-data yang telah diperoleh, baik itu data sekunder dan data primer untuk kebutuhan analisis yang dilakukan;
6. Analisis data dibagi menjadi 2 (dua) yaitu analisis Regresi Logistik menggunakan perangkat lunak SPSS dan analisis profil segmen ruas jalan menggunakan MKJI;

7. Pembahasan dilakukan untuk menjelaskan hasil dari masing-masing analisis yang telah dilakukan sebelumnya yang kemudian dibuat kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume lalu lintas

Data volume lalu lintas diperoleh melalui survei pencacahan lalu lintas pada hari Senin dan Selasa selama 3 (tiga) jam sesuai dengan waktu pengoperasian LKAU. Hasil survei pencacahan lalu lintas menunjukkan bahwa terjadi perbedaan antara lalu lintas pada Hari Senin dan Selasa. Total kendaraan selama 3 (tiga) jam pada Hari Senin sebanyak 16181 kendaraan sedangkan pada Hari Selasa sebanyak 15314 kendaraan, terdapat selisih sebesar 867 kendaraan. Jenis kendaraan yang paling mendominasi pada Hari Senin yaitu mobil penumpang sebesar 11228 kendaraan atau 69,39% dari total seluruh kendaraan di Hari Senin dan jenis kendaraan yang paling mendominasi Hari Selasa yaitu mobil penumpang dengan jumlah 9635 kendaraan atau sebesar 62,92% dari total seluruh kendaraan di Hari Selasa. Volume lalu lintas terklasifikasi selama 3 (tiga) jam disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Volume Lalu Lintas selama 3 (tiga) Jam Hari Senin dan Selasa

Ha	Mobil		Bus	Truk	Truk 2	Truk 3	Truk 4	Truk 5	Jum	
	P e n u m p a n g	Pick up								
Se	11.228	487	161	624	2.016	933	487	153	92	16.
	69,39%	3,01%	0,99%	3,86%	12,46%	5,77%	3,01%	0,95%	0,57%	100
Sel	9.635	434	125	634	2.397	1.052	495	320	222	15.
	62,92%	2,83	0,82%	4,14%	15,65%	6,87%	3,23%	2,09%	1,45%	100

Volume lalu lintas pada jam tersibuk Hari Senin diperoleh komposisi kendaraan yang melintas didominasi oleh mobil penumpang sebesar 4084 kendaraan atau 72,35% dari total seluruh kendaraan sedangkan kendaraan dengan jumlah terendah yaitu terdapat pada kendaraan truk 5 as sebesar 22 kendaraan atau 0,39% dari jumlah seluruh kendaraan.

Penggunaan Lajur Khusus Angkutan Umum

Kendaraan yang mendominasi menggunakan LKAU yaitu mobil penumpang dengan persentase sebesar 60,61% atau 2060 kendaraan sedangkan jumlah kendaraan terendah yaitu bus sedang dengan persentase 0,62% atau 21 kendaraan. Jumlah dan persentase komposisi kendaraan yang menggunakan LKAU ditunjukkan pada Tabel 6.

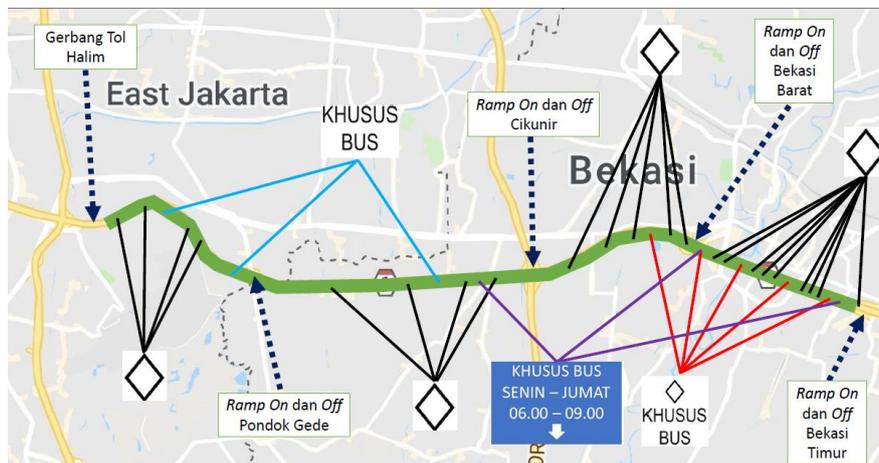
Tabel 6. Jumlah dan Persentase Kendaraan pada LKAU

Mobil	Truk								Juml
	Pick up	Bus Sedang	Bus Besar	Truk 2	Truk 3	Truk 4	Truk 5		
2060	65	21	113	511	394	159	45	31	3399
60,61%	1,91%	0,62%	3,32%	15,03%	11,59%	4,68%	1,32%	0,91%	100%

Inventarisasi rambu dan marka lajur khusus angkutan umum

Bentuk, ukuran, gambar dan tata cara pemasangan rambu dan marka diatur dalam Peraturan Kepala Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek No. PR.364/AJ.206/BPTJ-2017 tentang Perlengkapan Jalan Lajur Khusus Angkutan Umum untuk Mobil Bus pada Jalan Tol di Wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi.

Rambu dan marka LKAU disediakan di beberapa titik pada Ruas Jalan Tol Jakarta – Cikampek arah ke Jakarta. Berdasarkan survei yang dilakukan dengan menyusuri ruas jalan tol tersebut, didapatkan beberapa titik rambu dan marka dimana penyediaan hanya disediakan pada segmen dari *Ramp Off* Bekasi Timur sampai Gerbang Tol Halim. Rambu LKAU disediakan sebanyak 3 buah dan marka LKAU disediakan sebanyak 30 titik marka dimana terdiri dari 3 jenis marka antara lain marka LKAU berlambang belah ketupat, marka bertuliskan “khusus bus” dan marka LKAU serta bertuliskan “khusus bus”. Titik Lokasi Rambu dan Marka LKAU ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik Lokasi Rambu dan Marka LKAU

Geometri dan Kapasitas Segmen Ruas Jalan

Segmen ruas jalan pada penelitian ini yaitu Jalan Tol Jakarta – Cikampek arah ke Jakarta pada segmen *Ramp On* Bekasi Barat sampai *Ramp Off* Cikunir. Tipe jalan pada segmen ini yaitu 8/2 *divided* dimana masing-masing arah memiliki lajur sebanyak 4 lajur. Lebar masing-masing lajur sebesar 3,75 meter dengan bahu jalan luar sebesar 2,5 meter. Kapasitas lajur 1 (LKAU) yaitu sebesar 2369 smp/jam sedangkan kapasitas lajur 2, 3, 4 sebesar 7107 smp/jam dimana total kapasitas jalan sebesar 9476 smp/jam. Perhitungan kapasitas lebih jelas ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Kapasitas Ruas Jalan

Lajur	Kapasitas Dasar (Co)	Faktor Koreksi		Kapasitas Per Lajur (Smp/Jam)	Jumlah Lajur	Kapasitas Total (Smp/Jam)
		Lebar Lajur Lalu Lintas (FCw)				
Lajur 1 (LKAU)	2.300	1,03		2.369	1	2.369
Lajur 2, 3, 4	2.300	1,03		2.369	3	7.107

Data survei wawancara pada pengemudi mobil penumpang

Survei wawancara dilakukan pada pengemudi kendaraan mobil penumpang yang menggunakan Jalan Tol Jakarta – Cikampek arah ke Jakarta. Pengambilan sampel responden berdasarkan hasil survei volume lalu lintas terklasifikasi. Berdasarkan hasil survei volume lalu lintas yang dilakukan menjelaskan bahwa terdapat perbedaan jumlah kendaraan mobil penumpang dimana jumlah kendaraan mobil penumpang yang melintas pada Hari Senin memiliki selisih lebih besar 1196 kendaraan dibandingkan Hari Selasa. Jumlah kendaraan mobil penumpang pada Hari Senin dijadikan sebagai populasi untuk menghitung jumlah sampel yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai responden. Jumlah sampel yang didapat setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus Slovin dengan taraf kesalahan 10% yaitu 100 responden pengemudi mobil penumpang. Karakteristik responden dijelaskan pada Tabel 8.

Tabel 8. Karakteristik Responden

Karakteristik Responden	Keterangan	Penggunaan LKAU		Jumlah
		Ya	Tidak	
Jenis Kelamin	Laki-Laki	41	53	94
	Perempuan	3	3	6
Usia	21 - 30	11	10	21
	31 - 40	15	27	42
	41 - 50	14	12	26
	51 - 60	4	7	11
	SLTP	1	4	5
Pendidikan Terakhir	SMA/ SMK/ STM	15	17	32
	DI/ DIII	4	4	8
	S1/ S2	24	31	55

Analisis Regresi Logistik

1. Hasil Uji Keseluruhan Model

Hasil uji keseluruhan model menjelaskan bahwa untuk model penggunaan LKAU memiliki nilai *chi-square* sebesar $74,852 > \text{chi-square tabel pada df } 8 \text{ sebesar } 15,51$ dan tingkat signifikansi $0,000 < 0,05$, dapat disimpulkan bahwa paling tidak terdapat satu variabel bebas yang secara bersama-sama berpengaruh terhadap penggunaan LKAU.

2. Hasil Uji Kelayakan Model

Hasil uji kelayakan model menunjukkan bahwa nilai signifikansi yang dimiliki berdasarkan uji *Hosmer-Lemeshow* sebesar $0,726 > 0,05$ maka model regresi logistik yang telah terbentuk dapat digunakan untuk memprediksi nilai observasi dengan tingkat kepercayaan 95%.

3. Koefisien Determinansi Model

Jika nilai semakin mendekati 1 maka model dianggap semakin *goodness of fit*, sementara jika semakin mendekati 0 maka model dianggap tidak *goodness of fit* (Ghozali, 2005). Hasil analisis menjelaskan nilai Nagelkerke R Square sebesar 0,706 dan Cox & Snell R Square 0,527 yang menunjukkan bahwa kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan variabel terikat sebesar 0,706 atau 70,6% dan terdapat 29,4% faktor lain di luar model yang menjelaskan variabel terikat.

4. Hasil Uji Ketepatan Klasifikasi Model

Model regresi logistik mampu memprediksi pengemudi yang menggunakan LKAU dengan tepat sebesar 47 pengemudi (83,9%) dari 56 pengemudi sedangkan pengemudi yang tidak menggunakan LKAU diprediksi dengan tepat sebesar 37 pengemudi (84,1%) dari 44 pengemudi. Model yang dihasilkan dapat mengklasifikasikan secara tepat sebesar 84%.

5. Hasil Uji Signifikansi Parameter secara Parsial

Hasil uji signifikansi parameter secara parsial menjelaskan bahwa pada tingkat signifikansi 5%, terdapat beberapa variabel yang memiliki nilai lebih besar dari 0,05 dan lebih kecil dari 0,05. Variabel tidak mengetahui kebijakan LKAU $X_2(1)$, tidak memahami marka LKAU $X_3(1)$, kondisi lalu lintas macet $X_5(1)$, kondisi permukaan jalan rusak $X_6(1)$, penegakan hukum rendah $X_7(1)$ dan kondisi pengemudi yang tergesa-gesa $X_8(1)$ memiliki nilai signifikansi $< 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa variabel mengetahui kebijakan LKAU, pemahaman marka LKAU, kondisi lalu lintas, kondisi permukaan jalan, penegakan hukum dan kondisi pengemudi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penggunaan LKAU. Hasil uji signifikansi parameter secara parsial dijelaskan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Signifikansi secara Parsial

Variabel	β	Sig.
$X_1(1)$	0,003	0,997
$X_2(1)$	2,156	0,008
$X_3(1)$	2,146	0,009
$X_4(1)$	0,292	0,707
$X_5(1)$	3,592	0,000
$X_6(1)$	1,742	0,013
$X_7(1)$	2,129	0,005
$X_8(1)$	1,766	0,018
Constant	-9,033	0,000

Model regresi logistik yang terbentuk dari hasil uji signifikansi parameter secara parsial sebagai berikut.

$$\ln \left[\frac{p}{(1-p)} \right] = -9,033 + 0,003X_1(1) + 2,156X_2(1) + 2,146X_3(1) + 0,292X_4(1) + 3,592X_5(1) + 1,742X_6(1) + 2,129X_7(1) + 1,766X_8(1)$$

6. Perankingan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pelanggaran LKAU

Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan tersebut kemudian dibuat perankingan berdasarkan nilai *odds ratio* (OR) dari faktor yang memiliki pengaruh yang tertinggi sampai terendah. Variabel kondisi lalu lintas macet merupakan faktor tertinggi yang mempengaruhi untuk menggunakan LKAU. Perankingan faktor pada masing-masing variabel dijelaskan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perankingan faktor yang mempengaruhi pelanggaran LKAU

No	Variabel	OR
1	Kondisi lalu lintas macet	36,313
2	Ketidaktahuan tentang kebijakan LKAU	8,635
3	Ketidakpahaman pada marka LKAU	8,554
4	Penegakan hukum rendah	8,409
5	Kondisi pengemudi tergesa-gesa	5,845
6	Kondisi permukaan jalan rusak	5,707

Berdasarkan hasil perankingan tersebut maka dibuat program-program untuk mengurangi pelanggaran LKAU yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Meningkatkan kelancaran lalu lintas di jalan tol, contohnya dengan meningkatkan kualitas pelayanan angkutan umum yang mampu menarik minat masyarakat untuk menggunakan angkutan umum sehingga dapat mengurangi jumlah kendaraan pribadi di jalan tol, melakukan manajemen dan rekayasa lalu lintas, dan lain-lain;
2. Memberikan sosialisasi kepada masyarakat atau pengguna jalan tol melalui media cetak dan media elektronik tentang kebijakan LKAU secara komprehensif;
3. Meningkatkan penegakan hukum di jalan tol, misalnya dengan melakukan patroli secara rutin oleh Polisi Jalan Raya (PJR), melakukan tindakan langsung (tilang) pada pengemudi kendaraan nonbus yang menggunakan LKAU;
4. Memberikan sosialisasi kepada masyarakat tentang keselamatan berlalu lintas karena perilaku mengemudi yang tergesa-gesa dapat mempengaruhi perilaku hingga menimbulkan perilaku yang berisiko sampai terjadinya kecelakaan;
5. Memperbaiki kerusakan permukaan jalan dengan melakukan perbaikan jalan secara berkala dan rutin.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Volume lalu lintas tertinggi terdapat pada Hari Senin pada pukul 06.00 – 07.00 WIB dengan volume 5645 kend/jam atau 6.092 smp/jam. Tipe jalan segmen *Ramp On* Bekasi Barat sampai *Ramp Off* Cikunir yaitu 8/2 terbagi atau *divided* (8/2 D) dengan lebar masing-masing lajur sebesar 3,75 meter dan bahu jalan sebesar 2,5 meter. Kapasitas jalan pada LKAU sebesar 2369 smp/jam dan pada lajur 2, 3, 4 sebesar 7107 smp/jam. Segmen ruas jalan *Ramp On* Bekasi Barat sampai *Ramp Off* Cikunir hanya dilengkapi dengan 6 marka LKAU.
2. Faktor-faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan pada pelanggaran LKAU oleh pengemudi mobil penumpang yaitu variabel mengetahui kebijakan LKAU (X_2), pemahaman marka LKAU (X_3), kondisi lalu lintas (X_5), kondisi permukaan jalan (X_6), penegakan hukum (X_7) dan kondisi pengemudi (X_8). Model penggunaan LKAU yang terbentuk menggunakan Regresi Logistik sebagai berikut.

$$\ln \left[\frac{p}{(1-p)} \right] = -9,033 + 0,003X_1(1) + 2,156X_2(1) + 2,146X_3(1) + 0,292X_4(1) + 3,592X_5(1) + 1,742X_6(1) + 2,129X_7(1) + 1,766X_8(1)$$

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ghamdi, A. S. 2002. Using Logistic Regression to Estimate the Influence of Accident Factors on Accident Severity. *Accident Analysis and Prevention*, hal. 729-741.
- Amirin, T. 2011. *Populasi dan Sampel Penelitian 4: Ukuran Sampel Rumus Slovin*. Jakarta: Erlangga.

- Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek. 2017. Peraturan Kepala Badan Pengelola Transportasi Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi No. PR.364/AJ.206/BPTJ – 2017. Bidang Lalu Lintas dan Angkutan.
- Beck, K. H., Daughters, S. B., Ali B. 2012. Hurried Driving: Relationship to Distress Tolerance, Driver Anger, Aggressive and Risky Driving in Colleger Students. *Accident Analysis and Prevention*, hal. 51-55.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta
- Erwanda, A. 2018. Analisa Perilaku Lalu Lintas Pengguna Jalan di Sekitar Simpang Gendengan. Naskah Publikasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ghozali, I. 2005. Aplikasi: Analisis Multivariate dengan Program SPSS Edisi 3. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hobbs, F. D. 1995. Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kementerian Perhubungan RI. 2017. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 99 Tahun 2017. Jakarta
- Libania, R. 2012. Pemahaman dan Perilaku Pengguna Jalan Terkait dengan Konflik Lalu Lintas dan Resiko Kecelakaan. Tesis untuk derajat Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada (tidak dipublikasikan).
- Rahayu, I. R. S. 2018. Latar Belakang BPTJ Terapkan 3 Kebijakan Tol Jakarta – Cikampek. <https://www.inews.id/finance/read/68671/latar-belakang-bptj-terapkan-3-kebijakan-di-tol-jakarta-cikampek>.
- Rakhmani, F. 2013. Kepatuhan Remaja dalam Berlalu Lintas. *Jurnal S1 Ilmu Sosiatri*. Vol. 2. No. 1.
- Safitri, A., Rahman, T. 2013. Kepatuhan Hukum terhadap Etika Berlalu lintas: Tingkat Kepatuhan Hukum Siswa SMA Kartika IV – 3 Surabaya terhadap Etika Berlalu Lintas menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. *Kajian Moral dan Kewarganegaraan*, hal. 485-499.
- Ubaidillah. 2006 Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Pengemudi Sepeda Motor Terhadap Pelanggaran Lalu lintas dan Dampaknya terhadap Kinerja Sistem Simpang Ber-APILL di Yogyakarta. Tesis untuk derajat Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada (tidak dipublikasikan).