

KOMPETISI PEMILIHAN MODA ANGKUTAN PENUMPANG BERDASARKAN MODEL LOGIT-BINOMIAL-SELISIH DAN LOGIT-BINOMIAL-NISBAH

PASSENGER TRANSPORT MODE SELECTION COMPETITION BASED ON LOGIT MODELS-BINOMIAL-DIFFERENCE AND LOGIT MODELS-BINOMIAL-RATIO

Dwi Novi Wulansari, ST., MT.

Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

dwi.novi@uta45jakarta.ac.id

ABSTRAK

Dalam sistem transportasi di suatu perkotaan perlu diamati perilaku para pengguna jalan raya agar diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi dalam melakukan pemilihan moda. Sehingga diperoleh suatu model pemilihan moda yang dapat menjelaskan probabilitas pelaku perjalanan dalam memilih moda angkutan umum, serta dapat mengestimasi sensitivitas pelaku perjalanan dalam penentuan pemilihan moda apabila dilakukan perubahan terhadap atribut perjalanannya. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode analisis pemilihan diskrit terhadap perilaku individu. Model pemilihan moda yang digunakan adalah Model Logit-Binomial-Selisih dan Model Logit-Binomial-Nisbah. Pemilihan dua moda yang ditinjau adalah 1) Kereta api bandara dan Bus Damri, 2) Kereta api bandara dan taksi, 3) Kereta api bandara dan kendaraan pribadi (mobil). Selanjutnya berdasarkan hasil analisis sensitivitas, diketahui bahwa yang paling sensitif mempengaruhi probabilitas pemilihan moda adalah tarif (biaya perjalanan). Dimana perubahan pada biaya perjalanan akan mengakibatkan perubahan probabilitas pemilihan moda yang relatif lebih besar dibandingkan bila terjadi perubahan pada atribut lainnya.

Kata kunci : Analisis Pemilihan Diskrit, Logit Binomial Nisbah, Logit Binomial Selisih.

ABSTRACT

In the urban transport system, need to observe the behavior of road users in order to know the factors that affect in an election mode. In order to obtain a model that can explain the mode choice probability of the user in choosing public transport modes, as well as be able to estimate the sensitivity of user in determining the mode choice when to amend an attribute journey. This study was performed using a discrete choice analysis on the behavior of individuals. The model used is the mode choice logit-binomial-difference models and logit-binomial-ratio models. The selection of two modes being simulated is 1) Airports Train and Bus Damri, 2) Airport train and taxi, 3) Airport train and private vehicles (cars). Based on the results of the sensitivity analysis, it is known that the most sensitive influence modal choice probability is travel costs. Where changes in the cost of the trip will result in a change mode choice probability is relatively higher than when there is a change on other attributes.

Keyword : Discrete Choice Analysis, Logit Models-Binomial-Difference, Logit Models-Binomial-Ratio.

1 PENDAHULUAN

Sistem transportasi berperan penting dalam melayani perpindahan orang dan atau barang. Bandar udara merupakan simpul dalam jaringan sistem transportasi udara yang memiliki peran yang sangat penting. Salah satu bandara utama yang tersibuk di Indonesia adalah Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta. Akan tetapi, saat ini Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta belum didukung dengan aksesibilitas menuju bandar udara yang memadai. Sebagian besar aksesibilitas menuju bandara masih banyak menggunakan angkutan transportasi darat yang waktu perjalanannya tidak dapat diprediksi. Jika kondisi lalu lintas padat dan gangguan cuaca (banjir) seringkali membuat tidak ada kepastian waktu yang dibutuhkan untuk menuju bandara. Salah satu solusi untuk mengatasinya adalah angkutan rel sebagai pemadu moda menuju bandara. Kereta api merupakan moda transportasi yang bergerak di jalan rel (jalur terpisah dengan moda lainnya) dan mampu mengangkut penumpang dengan kapasitas besar, sehingga sangat cocok digunakan sebagai solusi menangani kemacetan dan juga dapat memberikan kepastian waktu yang dibutuhkan untuk menuju ke bandara.

Dalam rangka mendukung terciptanya angkutan menuju bandar udara tersebut, perlu dilakukan analisis pemilihan moda dengan menggunakan metode yang dapat menggambarkan perilaku/preferensi para pengguna jalan raya. Pemilihan moda tersebut bertujuan agar dapat diketahui kriteria yang dapat menarik pengguna kendaraan pribadi dan umum untuk beralih menggunakan kereta api bandara. Sehingga diperoleh suatu model pemilihan moda yang dapat menjelaskan probabilitas pelaku perjalanan dalam memilih moda angkutan umum, serta dapat mengestimasi sensitivitas pelaku perjalanan dalam penentuan pemilihan moda apabila dilakukan perubahan terhadap atribut perjalanannya.

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Model Pemilihan Diskrit

Menurut **Tamin (2008)** [1], secara umum model pemilihan diskrit dinyatakan sebagai peluang setiap individu memilih suatu pilihan merupakan fungsi ciri sosio-ekonomi dan daya tarik pilihan tersebut. Untuk menyatakan daya tarik suatu alternatif, digunakan konsep utilitas (didefinisikan sebagai sesuatu yang dimaksimumkan oleh setiap individu). **Domencich and McFadden (1975)** dan **Williams (1977)**, sebagaimana dikutip dari **Tamin (2008)**, mengemukakan bahwa setiap set pilihan utilitas U_{in} untuk setiap individu n . Pemodel yang juga merupakan pengamat sistem tersebut tidak mempunyai informasi yang lengkap tentang semua unsur yang dipertimbangkan oleh setiap individu yang menentukan pilihan [2]. Sehingga dalam membuat model diasumsikan bahwa U_{in} dapat dinyatakan dalam dua komponen, yaitu :

1. V_{in} yang terukur sebagai fungsi dari atribut terukur.
2. Bagian acak ε_{in} , yang mencerminkan hal tertentu dari setiap individu, termasuk kesalahan yang dilakukan oleh pemodel.

Secara umum, pengaruh tersebut dapat diekspresikan menjadi :

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

dimana :

U_{in} = utilitas alternatif i bagi pembuat keputusan n

V_{in} = fungsi deterministik utilitas moda i bagi individu n

ε_{in} = kesalahan acak (*random error*) atau komponen stokastik dan berfungsi distribusi tertentu

Persamaan tersebut dapat menjelaskan hal-hal yang tidak rasional. Contohnya, dua individu dengan atribut yang sama dan mempunyai set pilihan yang sama mungkin memilih pilihan yang berbeda dan beberapa individu tidak

selalu memilih alternatif yang terbaik. Agar persamaan tersebut benar, dibutuhkan populasi yang homogen. Individu yang berada dalam suatu populasi yang homogen akan bertindak secara rasional dan memiliki informasi yang tepat sehingga biasanya dapat menentukan pilihan yang dapat memaksimalkan utilitas individunya masing-masing sesuai dengan batasan hukum, sosial, fisik, waktu dan uang.

2.2 Model Logit Binomial

Pengambilan keputusan pada model logit binomial ditentukan pada sepasang alternatif diskrit, dimana alternatif yang akan dipilih adalah yang mempunyai utilitas terbesar, utilitas dalam hal ini dipandang sebagai utilitas acak (*random utility*). Pada penelitian ini perilaku pemilihan moda angkutan penumpang yang akan diamati adalah antara kereta api bandara dan moda eksisting (Bus Damri, taksi dan mobil). Dengan dua alternatif moda maka persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$P_{KA} = \frac{\exp^{U_{KA}}}{\exp^{U_{KA}} + \exp^{U_{moda}}} \quad (2)$$

$$\text{dan } P_{moda} = 1 - P_{KA} \quad (3)$$

dimana:

P_{KA} adalah probabilitas untuk KA Bandara

P_{Moda} adalah probabilitas untuk moda eksisting, yaitu: Bus Damri/ taksi/ mobil

3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada umumnya perjalanan menuju bandara merupakan perjalanan sesekali (*occasional trip*). Sehingga dalam melakukan perjalanan tersebut, penentuan pemilihan moda transportasi ke bandara biasanya didasarkan pada utilitas (nilai guna) moda transportasi yang ditawarkan. Dalam pemilihan moda transportasi, pengambil keputusan (konsumen) cenderung memaksimalkan

utilitas suatu pilihan. Sehingga alternatif moda yang mempunyai utilitas yang tertinggi memiliki peluang besar untuk dipilih [3]. Pemilihan moda transportasi dapat dipengaruhi oleh variabel atribut perjalanan dan pelayanan dari setiap alternatif moda serta kondisi sosial ekonomi. Pada data penelitian ini, model pemilihan moda mempertimbangkan parameter tarif, waktu tempuh, waktu antara (*headway*) dan waktu berjalan. Dengan asumsi bahwa pemilihan moda angkutan umum penumpang yang akan digunakan oleh pelaku perjalanan merupakan keputusan individu maka penelitian ini dilakukan pendekatan pada *level disaggregate*.

Data penelitian ini didapatkan melalui teknik *Stated Preference* (SP) dimana alternatif hipotesa yang akan diberikan merupakan pilihan antara kereta api bandara dengan moda eksisting (Bus Damri, taksi dan mobil). Teknik SP ini dicirikan oleh adanya penggunaan desain eksperimen untuk membangun alternatif hipotesa terhadap situasi (*hypothetical situation*), yang kemudian disajikan kepada responden [4]. Teknik tersebut dilakukan dengan perpaduan dua metode dasar, yaitu survei kuesioner (*questionnaire survey*) dan survei wawancara (*interview survey*). Pemodelan pemilihan moda untuk data *set* menggunakan skenario dengan atribut tarif, waktu tempuh, toleransi keterlambatan, tingkat pelayanan (*service*) dan waktu antara (*headway*).

Menurut **Pearmain, D. dan Swanson, J. (1991)**, dikatakan bahwa penentuan ukuran sampel dengan pendekatan *rule-of-thumb* adalah sebanyak 30 sampel wawancara per segmen. Akan tetapi **Steer Davier Gleave** mengusulkan jumlah 75 sampai 100 sampel akan lebih baik sedangkan **Bradley dan Kroes** dalam laporan tersendiri juga memberikan kesimpulan yang sama [5]. Berdasarkan pertimbangan tersebut, untuk memperoleh hasil yang baik, maka pada

penelitian ini survei dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 75 sampel per segmen, dimana segmen ditentukan berdasarkan tujuan perjalanan responden, yaitu bisnis dan non-bisnis.

Selanjutnya pemilihan akan membandingkan antara moda rencana yang ditawarkan dengan moda eksisting, yaitu :

- Pemilihan antara kereta api bandara dan Bus Damri
 - Pemilihan antara kereta api bandara dan taksi
 - Pemilihan antara kereta api bandara dan kendaraan pribadi (mobil)
- dengan menggunakan metode penaksiran regresi-linear, terdapat 2 (dua) jenis model yang digunakan, yaitu model logit-binomial-selisih dan model logit-binomial-nisbah.

3.1 Model Logit-Binomial-Selisih

Dengan menggunakan metode penaksiran regresi-linear, terdapat jenis model yang sering digunakan, yaitu model logit-binomial-selisih. Pada model logit-binomial-selisih ini, probabilitas bahwa individu memilih kereta api bandara adalah fungsi selisih utilitas antara kedua moda. Dengan menganggap bahwa fungsi utilitas linier, maka perbedaan utilitas dapat diekspresikan dalam bentuk perbedaan dalam sejumlah n atribut yang relevan diantara kedua moda, dirumuskan sebagai berikut:

$$U_{KA} - U_{moda} = \beta_0 + \beta_1 \cdot (X_{1KA} - X_{1moda}) + \beta_2 \cdot (X_{2KA} - X_{2moda}) + \dots + \beta_n \cdot (X_{nKA} - X_{nmoda}) \quad (4)$$

Dimana :

$U_{KA} - U_{moda}$ adalah respon individu terhadap pernyataan pilihan, β_0 adalah konstanta, β_1 , β_2 dan β_n adalah koefisien masing-masing atribut yang ditentukan melalui *multiple linear regression*.

$(X_{1KA} - X_{1moda})$: Selisih biaya perjalanan kereta api bandara dan moda eksisting (Rp.)

$(X_{2KA} - X_{2moda})$: Selisih waktu tempuh kereta api bandara dan moda eksisting (menit)

$(X_{3KA} - X_{3moda})$: Selisih waktu antara (*headway*) kereta api bandara dan moda eksisting (menit)

$(X_{4KA} - X_{4moda})$: Selisih waktu berjalan kereta api bandara dan moda eksisting (menit)

Sehingga, nilai probabilitas kedua moda yang ditinjau dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$P_{KA} = \frac{\exp^{U_{KA}}}{\exp^{U_{KA}} + \exp^{U_{moda}}} = \frac{\exp^{(U_{KA} - U_{moda})}}{1 + \exp^{(U_{KA} - U_{moda})}} \quad (5)$$

$$P_{moda} = 1 - P_{KA} = \frac{1}{1 + \exp^{(U_{KA} - U_{moda})}} \quad (6)$$

Nilai utilitas sebagai respon individu dapat juga dinyatakan dalam bentuk probabilitas memilih moda tertentu, yang dikenal dengan transformasi Berkson-Theil, persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\ln \left[\frac{P_{KA}}{1 - P_{KA}} \right] = \beta_1 + \beta_1 \cdot (X_{1KA} - X_{1moda}) + \beta_2 \cdot (X_{2KA} - X_{2moda}) + \beta_3 \cdot (X_{3KA} - X_{3moda}) + \beta_4 \cdot (X_{4KA} - X_{4moda}) \quad (7)$$

3.2 Model Logit Binomial Nisbah

Sedangkan untuk model logit-binomial-nisbah, proporsi PKA dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{KA} = \frac{1}{1 + a \left(\frac{C_{KA}}{C_{moda}} \right)^\beta} \quad (8)$$

dan

$$P_{moda} = 1 - P_{KA} \quad (9)$$

dimana $\left(\frac{C_{KA}}{C_{moda}} \right)$ adalah rasio atribut kereta api bandara dengan moda eksisting. Dengan melakukan beberapa penyederhanaan, persamaan tersebut

dapat ditulis kembali menjadi persamaan berikut.

$$\left. \begin{aligned} P_{KA} \left[1 + a \left(\frac{C_{KA}}{C_{moda}} \right)^\beta \right] &= 1 \\ P_{KA} + P_{KA} \cdot a \left(\frac{C_{KA}}{C_{moda}} \right)^\beta &= 1 \\ P_{KA} \cdot a \left(\frac{C_{KA}}{C_{moda}} \right)^\beta &= 1 - P_{KA} \\ \frac{1-P_{KA}}{P_{KA}} &= a \left(\frac{C_{KA}}{C_{moda}} \right)^\beta \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Persamaan tersebut selanjutnya dapat ditulis kembali dalam bentuk logaritma seperti persamaan berikut.

$$\log \left(\frac{1-P_{KA}}{P_{KA}} \right) = \log a + \beta \log \frac{C_{KA}}{C_{moda}} \quad (11)$$

4 HASIL DAN ANALISIS

Dari 450 kuesioner yang telah disebar, diperoleh 402 jawaban yang memenuhi syarat dan sisanya sebanyak 48 jawaban dinyatakan tidak memenuhi syarat. Data-data responden penumpang keberangkatan tersebut terdiri dari 139 orang pengguna Bus Damri, 141 orang pengguna taksi dan 122 orang pengguna mobil pribadi. Selanjutnya data tersebut akan dilihat data karakteristik dari responden untuk masing-masing jenis moda, yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Data Karakteristik Responden

No.	Data	Persentase (%)		
		Bus Damri	Taksi	Mobil
1	Jenis Kelamin			
	a. Laki-Laki	74,82	66,67	63,11
	b. Perempuan	25,18	33,33	36,89
2	Usia			
	a. < 20 Tahun	2,88	6,38	6,56
	b. 20 - 50 Tahun	82,73	85,82	85,25
	c. > 50 Tahun	14,39	7,80	8,20
3	Jenis Pekerjaan			
	a. Pelajar/Mahasiswa	9,35	7,09	11,48
	b. PNS	23,02	16,31	11,48
	c. Pegawai Swasta	38,85	51,06	50,00
	d. Wiraswasta/Pengusaha	20,86	21,99	22,13
	e. Pensiunan	0,72	0,00	0,00
	f. Pegawai BUMN/BUMD	5,76	3,55	4,10
	g. TNI/POLRI	0,72	0,00	0,82
	h. Ibu Rumah Tangga	0,72	0,00	0,00
4	Tingkat Pendapatan			
	a. ≤ Rp 3.000.000	18,71	10,64	22,95
	b. Rp 3.000.001 - 4.000.000	14,39	14,18	13,93
	c. Rp 4.000.001 - 5.000.000	12,95	22,70	12,30
	d. Rp 5.000.001 - 6.000.000	10,79	17,02	13,93

No.	Data	Persentase (%)		
		Bus Damri	Taksi	Mobil
	e. Rp 6.000.001 - 7.000.000	3,60	7,80	5,74
	f. Rp 7.000.001 - 8.000.000	12,23	4,26	4,92
	g. Rp 8.000.001 - 9.000.000	3,60	1,42	3,28
	h. Rp 9.000.001 - 10.000.000	7,91	4,96	5,74
	i. > Rp 10.000.000	15,83	17,02	17,21
5	Biaya Transportasi per Bulan			
	a. ≤ Rp 100.000	2,88	2,13	7,38
	b. Rp 100.001 - 200.000	6,47	2,84	5,74
	c. Rp 200.001 - 300.000	10,07	10,64	10,66
	d. Rp 300.001 - 400.000	10,79	14,18	11,48
	e. Rp 400.001 - 500.000	8,63	7,80	4,92
	f. Rp 500.001 - 600.000	13,67	12,06	12,30
	g. Rp 600.001 - 700.000	5,04	8,51	2,46
	h. Rp 700.001 - 800.000	9,35	7,80	10,66
	i. > Rp 800.000	33,09	34,04	34,43

Tabel 2. Data Karakteristik Perjalanan Responden

No.	Data	Persentase (%)		
		Bus Damri	Taksi	Mobil
1	Frekuensi Perjalanan			
	a. Penerbangan Domestik			
	- Tidak Ada	0,00	0,71	0,82
	- 1 - 2 kali per 6 Bulan	43,88	43,97	43,44
	- 3 - 4 kali per 6 Bulan	25,90	33,33	29,51
	- ≥ 5 kali per 6 Bulan	30,22	21,99	26,23
	b. Penerbangan Internasional			
	- Tidak Ada	66,19	68,09	58,20
	- 1 - 2 kali per 6 Bulan	28,06	21,99	30,33
	- 3 - 4 kali per 6 Bulan	4,32	6,38	8,20
	- ≥ 5 kali per 6 Bulan	1,44	3,55	3,28
2	Tujuan Perjalanan			
	a. Penerbangan Domestik			
	- Tidak Ada	0,00	0,71	0,82
	- Bisnis	61,15	52,48	49,18
	- Non-Bisnis	38,85	46,81	50,00
	b. Penerbangan Internasional			
	- Tidak Ada	65,47	68,09	58,20

No.	Data	Persentase (%)		
		Bus Damri	Taksi	Mobil
	- Bisnis	16,55	21,28	15,57
	- Non-Bisnis	17,99	10,64	26,23
3	Pemilihan Moda	34,58	35,07	30,35
4	Biaya Transportasi Menuju Bandara			
	a. Rp 0 - 20.000	0,00	0,00	2,46
	b. Rp 20.001 - 40.000	33,09	0,00	3,28
	c. Rp 40.001 - 60.000	37,41	0,00	24,59
	d. Rp 60.001 - 80.000	15,11	0,71	18,03
	e. Rp 80.001 - 100.000	12,95	9,22	31,97
	f. Rp 100.001 - 120.000	0,00	8,51	4,10
	g. Rp 120.001 - 140.000	1,44	19,15	1,64
	h. > Rp 140.000	0,00	62,41	13,93
5	Waktu Tempuh Menuju Bandara			
	a. 0 - 30 menit	4,32	0,00	0,00
	b. 31 - 60 menit	58,27	60,28	52,46
	c. 61 - 90 menit	17,99	30,50	28,69
	d. 91 - 120 menit	16,55	9,22	18,03
	e. > 120 menit	2,88	0,00	0,82
6	Daerah Asal Perjalanan			
	a. Barat	0,00	17,02	4,92
	b. Pusat	52,52	30,50	36,07
	c. Selatan	38,13	29,79	44,26
	d. Timur	8,63	20,57	12,30
	e. Utara	0,72	2,13	2,46

Tabel 3. Data Karakteristik Pemilihan Moda

No.	Data	Persentase (%)				
		Pasti Pilih KA	Mungkin Pilih KA	Tidak Tahu	Mungkin Pilih Moda Eksisting	Pasti Pilih Moda Eksisting
	a. Distribusi Pemilihan KA Bandara-Bus Damri					
	- Skenario A	71,94	12,95	2,88	4,32	7,91
	- Skenario B	33,81	29,50	8,63	17,27	10,79
	- Skenario C	28,06	21,58	8,63	22,30	19,42
	- Skenario D	20,86	17,27	16,55	18,71	26,62
	- Skenario E	18,71	19,42	16,55	21,58	23,74

No.	Data	Persentase (%)				
		Pasti Pilih KA	Mungkin Pilih KA	Tidak Tahu	Mungkin Pilih Moda Eksisting	Pasti Pilih Moda Eksisting
	- Skenario F	14,39	10,79	13,67	32,37	28,78
	- Skenario G	9,35	11,51	12,23	28,78	38,13
	- Skenario H	9,35	10,79	13,67	27,34	38,85
	- Skenario I	10,07	11,51	14,39	27,34	36,69
	b. Distribusi Pemilihan KA Bandara-Taksi					
	- Skenario A	72,34	15,60	3,55	5,67	2,84
	- Skenario B	58,87	23,40	4,96	8,51	4,26
	- Skenario C	42,55	27,66	9,22	12,77	7,80
	- Skenario D	42,55	27,66	9,22	13,48	7,09
	- Skenario E	42,55	33,33	7,09	9,93	7,09
	- Skenario F	39,01	25,53	10,64	16,31	8,51
	- Skenario G	31,21	15,60	12,77	24,82	15,60
	- Skenario H	23,40	17,02	14,18	27,66	17,73
	- Skenario I	27,66	17,73	11,35	21,99	21,28
	c. Distribusi Pemilihan KA Bandara-Mobil					
	- Skenario A	63,93	25,41	2,46	4,92	3,28
	- Skenario B	52,46	30,33	7,38	5,74	4,10
	- Skenario C	36,89	28,69	9,02	15,57	9,84
	- Skenario D	27,87	32,79	10,66	17,21	11,48
	- Skenario E	27,05	33,61	9,84	18,03	11,48
	- Skenario F	22,13	23,77	15,57	23,77	14,75
	- Skenario G	16,39	17,21	16,39	25,41	24,59
	- Skenario H	13,93	13,93	17,21	26,23	28,69
	- Skenario I	16,39	14,75	14,75	22,13	31,97

A. Model Logit-Binomial-Selisih

Dengan metode penaksiran regresi-linear menggunakan model logit-binomial-selisih, Probabilitas pemilihan moda kereta api bandara diketahui dengan rumusan sebagai berikut.

$$P_{KA} = \frac{\exp(U_{KA} - U_{moda})}{1 + \exp(U_{KA} - U_{moda})} \quad (12)$$

dan probabilitas pemilihan moda eksisting adalah,

$$P_{moda} = 1 - P_{KA} = \frac{1}{1 + \exp(U_{KA} - U_{moda})} \quad (13)$$

dengan fungsi selisih utilitas yang digunakan sebagai berikut.

- Untuk fungsi selisih utilitas pemilihan KA Bandara – Bus Damri
 $U_{KA} - U_{Damri} = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_3.X_3 + \beta_4.X_4$

$$U_{KA}-U_{Damri} = 0,688 + (-0,00002.X_1) + (-0,018.X_2) + (-0,014.X_3) + (-0,031.X_4)$$

- Untuk fungsi selisih utilitas pemilihan KA Bandara – Taksi

$$U_{KA}-U_{Taksi} = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_3.X_3$$

$$U_{KA}-U_{Taksi} = 0,311 + (-0,00001.X_1) + (-0,011.X_2) + (-0,010.X_3)$$

- Untuk fungsi selisih utilitas pemilihan KA Bandara – Mobil

$$U_{KA}-U_{Mobil} = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_3.X_3$$

$$U_{KA}-U_{Mobil} = 1,760 + (-0,00002.X_1) + (-0,014.X_2) + (-0,009.X_3)$$

B. Model Logit-Binomial-Nisbah

Dengan metode penaksiran regresi-linear menggunakan model logit-binomial-nisbah, Probabilitas pemilihan moda kereta api bandara diketahui dengan rumusan sebagai berikut.

$$P_{KA} = \frac{1}{1 + \alpha \left(\frac{C_{KA}}{C_{Moda}} \right)^\beta} \quad (14)$$

dan probabilitas pemilihan moda eksisting adalah,

$$P_{moda} = 1 - P_{KA} \quad (15)$$

untuk mendapatkan nilai α dan β digunakan persamaan logaritma sebagai berikut.

- Untuk pemilihan KA Bandara – Bus Damri

$$\text{Log} \left[\frac{1-P_{KA}}{P_{KA}} \right] = \text{Log} \quad (-0,506) + 1,392.\text{Log} \left(\frac{C_{1KA}}{C_{1Moda}} \right) +$$

$$0,757.\text{Log} \left(\frac{C_{2KA}}{C_{2Moda}} \right) + 0,658.\text{Log} \left(\frac{C_{3KA}}{C_{3Moda}} \right)$$

- Untuk pemilihan KA Bandara – Taksi

$$\text{Log} \left[\frac{1-P_{KA}}{P_{KA}} \right] = \text{Log} \quad (-0,002) + 0,989.\text{Log} \left(\frac{C_{1KA}}{C_{1Moda}} \right) + 0,496.\text{Log} \left(\frac{C_{2KA}}{C_{2Moda}} \right)$$

- Untuk pemilihan KA Bandara – Mobil

$$\text{Log} \left[\frac{1-P_{KA}}{P_{KA}} \right] = \text{Log} \quad (-0,894) + 1,358.\text{Log} \left(\frac{C_{1KA}}{C_{1Moda}} \right) + 0,624.\text{Log} \left(\frac{C_{2KA}}{C_{2Moda}} \right)$$

dimana :

X_1 : Selisih biaya perjalanan kereta api bandara dan moda eksisting (Rp.)

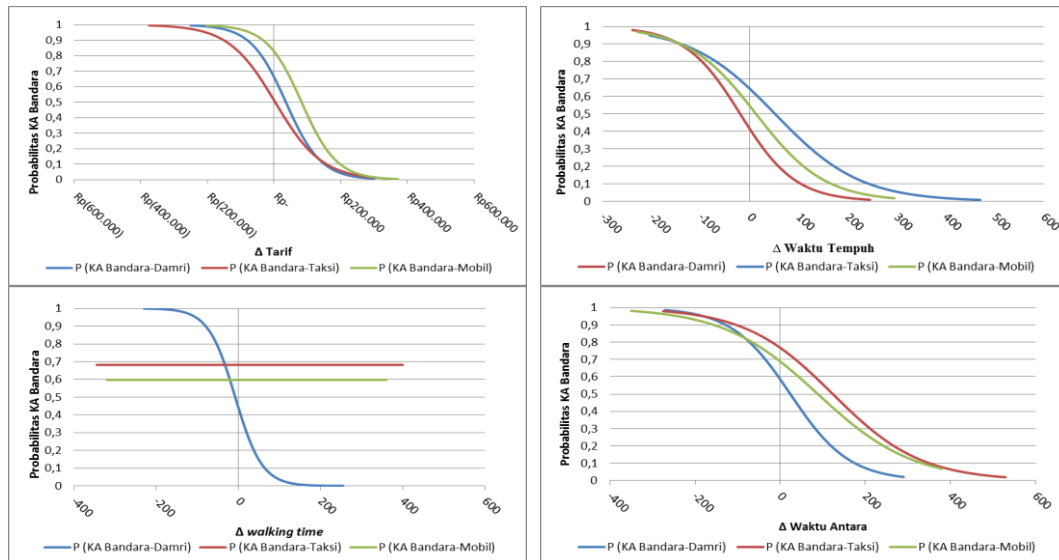
X_2 : Selisih waktu tempuh kereta api bandara dan moda eksisting (menit)

X_3 : Selisih waktu antara (*headway*) kereta api bandara dan moda eksisting (menit)

X_4 : Selisih waktu berjalan kereta api bandara dan moda eksisting (menit).

C. Sensitivitas Model

Selanjutnya, untuk mengetahui sensitivitas model pemilihan Kereta Api Bandara, maka perlu digambarkan grafik sensitivitas model terhadap perubahan atribut. Grafik tersebut menggambarkan sensitivitas model sehingga dapat diketahui perubahan nilai probabilitas pemilihan kereta api bandara seandainya dilakukan perubahan nilai atribut secara gradual.



Gambar 1 Grafik Sensitivitas Atribut Pemilihan

Dari grafik sensitivitas untuk ketiga model pemilihan moda dapat diketahui kemiringan garis menunjukkan arah negatif, yaitu menyatakan bahwa semakin besar/lama nilai atribut KA Bandara maka akan semakin memperkecil probabilitas memilih kereta api bandara. Grafik tersebut juga memiliki kemiringan yang cukup tajam (curam), hal ini berarti jika terjadi perubahan pada nilai atribut dalam model pemilihan maka akan menyebabkan adanya perubahan pada probabilitas pemilihan moda.

Elastisitas model diperlukan untuk mengevaluasi sensitivitas respon, yaitu dengan mengukur persentase perubahan probabilitas pemilihan moda sebagai akibat berubahnya persentase pada suatu atribut tertentu didalam fungsi utilitas pada masing-masing model. Penentuan elastisitas sangat tergantung pada titik mana (*point elasticity*) yang ditinjau karena setiap titik pada grafik fungsi probabilitas memiliki elastisitas yang berbeda, yang artinya nilai elastisitas sangat ditentukan oleh nilai atribut yang dipilih.

D. Elastisitas Model

Tabel 4. Nilai Elastisitas Langsung Model Logit-Binomial Selisih

No.	Atribut	Elastisitas Langsung		
		KA Bandara-Bus Damri	KA Bandara-Taksi	KA Bandara-Mobil
1	Tarif	-0,396	0,227	-0,476
2	Waktu Tempuh	0,139	0,055	0,086
3	Waktu Antara (<i>Headway</i>)	-0,226	-0,138	-0,163
4	Waktu Berjalan	0,080	0	0

Tabel 5. Nilai Elastisitas Langsung Model Logit-Binomial Nisbah

No.	Atribut	Elastisitas Langsung		
		KA Bandara-Bus Damri	KA Bandara-Taksi	KA Bandara-Mobil
1	Tarif	1,583	0,209	2,663

No.	Atribut	Elastisitas Langsung		
		KA Bandara-Bus Damri	KA Bandara-Taksi	KA Bandara-Mobil
2	Waktu Tempuh	0,311	0,123	0,199
3	Toleransi Keterlambatan	1,124	0	0
4	Tingkat Pelayanan (<i>Service</i>)	0	0	0

Dari hasil analisis elastisitas model, dapat diketahui untuk ketiga model pemilihan bahwa atribut tarif

merupakan atribut yang paling sensitif dalam mempengaruhi ketiga pemilihan moda.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian pemilihan moda angkutan penumpang berdasarkan model logit-binomial-selisih dan logit-binomial-nisbah untuk Kereta Api Bandara Internasional Soekarno-Hatta, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengguna bus Damri dan taksi lebih banyak melakukan perjalanannya dengan tujuan bisnis (bekerja, tugas, dinas atau berdagang) dan pengguna mobil mayoritas tujuan perjalanannya adalah untuk perjalanan non bisnis (keluarga, wisata atau belajar).
2. Hasil analisis diperoleh model logit binomial selisih sebagai berikut :
Probabilitas pemilihan kereta api :

$$P_{KA} = \frac{e^{U_{KA}}}{e^{U_{KA}} + e^{U_{Moda}}}$$

Probabilitas pemilihan moda eksisting: $P_{Moda} = \frac{1}{1 + e^{U_{KA} - U_{Moda}}}$

dengan persamaan selisih utilitas kereta api dan moda eksisting :

$$U_{KA} - U_{Damri} = 0,688 + (-1,9E-05X_1) + (-0,018X_2) + (-0,014X_3) + (-0,031X_4)$$

$$U_{KA} - U_{Taksi} = 0,311 + (-0,00001.X_1) + (-0,011.X_2) + (-0,010.X_3)$$

$$U_{KA} - U_{Mobil} = 1,760 + (-0,00002.X_1) + (-0,014.X_2) + (-0,009.X_3)$$

Dimana faktor - faktor yang dipertimbangkan adalah selisih biaya perjalanan (X_1), selisih waktu tempuh perjalanan (X_2), selisih *headway* (X_3) dan selisih *walking time* (X_4) antara kereta api dan moda eksisting (bus Damri/taksi/mobil).

3. Hasil analisis diperoleh model logit binomial nisbah sebagai berikut :

- Untuk pemilihan KA Bandara – Bus Damri

$$\text{Log} \left[\frac{1 - P_{KA}}{P_{KA}} \right] = \text{Log} (-0,506) + 1,392 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{1KA}}{C_{1Moda}} \right) + 0,757 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{2KA}}{C_{2Moda}} \right) + 0,658 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{3KA}}{C_{3Moda}} \right)$$

- Untuk pemilihan KA Bandara – Taksi

$$\text{Log} \left[\frac{1 - P_{KA}}{P_{KA}} \right] = \text{Log} (-0,002) + 0,989 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{1KA}}{C_{1Moda}} \right) + 0,496 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{2KA}}{C_{2Moda}} \right)$$

- Untuk pemilihan KA Bandara – Mobil

$$\text{Log} \left[\frac{1 - P_{KA}}{P_{KA}} \right] = \text{Log} (-0,894) + 1,358 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{1KA}}{C_{1Moda}} \right) + 0,624 \cdot \text{Log} \left(\frac{C_{2KA}}{C_{2Moda}} \right)$$

Dimana faktor - faktor yang dipertimbangkan adalah selisih biaya perjalanan (X_1), selisih waktu tempuh perjalanan (X_2), selisih *headway* (X_3) dan selisih *walking*

- time* (X4) antara kereta api dan moda eksisting (bus Damri/taksi/mobil).
4. Dari grafik sensitivitas atribut dapat diketahui kemiringan garis menunjukkan arah negatif, yaitu menyatakan bahwa semakin besar/lama nilai atribut (KA Bandara – Moda Eksisting) maka akan semakin memperkecil probabilitas memilih kereta api bandara.
 5. Berdasarkan hasil analisis elastisitas, untuk ketiga model pemilihan moda diketahui bahwa atribut yang paling sensitif mempengaruhi probabilitas pemilihan moda adalah atribut tarif.

6 DAFTAR REFERENSI

- [1] Tamin, Ofyar Z. 2009. *Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi: Teori, Contoh Soal, dan Aplikasi*, Penerbit ITB, hal. 388-433.
- [2] Hensher, David A., and Lester W.J. 1981. *Applied Discrete-Choice Modelling*, Halsted Press, John Wiley & Sons, Inc, New York, hal. 100-193.
- [3] Ortuzar, J.D and Willumsen, L.G. 2011. *Modelling Transport*, Fourth Edition, Jonh Wiley & Sons, hal. 269-329.
- [4] SANKO, Nobuhiro. 2001. *Guidelines for Stated Preference Experiment Design*, hal. 4-36.
- [5] Permain, D. and Swanson, J. 1991. *Stated Preference Techniques : A Guide to Practice*, Steer Davies Gleave and Haque Consulting Group, London, hal. 2-59.