

ESTIMASI MATRIK INFORMASI LALU LINTAS MODEL GRAVITY ASAL TUJUAN ANGKUTAN PRIBADI-UMUM

Chairur Roziqin

Teknik Sipil Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145

e-mail: gindaeyu@yahoo.com

Abstract: The objective of this research is to estimate the origin destination matrix (O-D MATRIX) using secondary data such as socio-economy, average of daily traffic, and travel time, road networks and speeds, and travel cost. Currently, the O-D MATRIX estimation is using primary data obtained from origin-destination (OD) survey which is conducted once in five years. It consumed longer time and more expensive cost. The method used in this research is combined gravity, multinomial in condition of equilibrium traffic assignment. The estimation analysis is using EMME2 (Equilibre Multimode, Multimodal Equilibrium). The statistical test for private transportation traffic shows the value R^2 is 0.27118 and for public transportation shows the value of R^2 is 0.01044. The statistical test to compare O-D matrix estimated and prior matrix shows the R^2 is 0.002. The level of similarity of the model compared to the observed traffic is 41.7% and to the actual traffic is 50.9%.

Keywords: average of daily traffic, origin-destination, Multimodal Equilibrium

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi matrik asal tujuan (MAT) dengan memanfaatkan data-data sekunder seperti data sosio ekonomi, lintas harian rata-rata (LHR), waktu perjalanan (travel time), jaringan jalan dan kecepatan. Selama ini dalam pembuatan MAT selalu menggunakan data primer yang didapatkan dari survei asal-tujuan (O-D) yang dilakukan lima tahun sekali sehingga memerlukan biaya yang mahal dan waktu yang lama. Pembentukan matrik estimasi dalam penelitian ini menggunakan model kombinasi sebaran pergerakan yaitu *Gravity* dan pemilihan moda Multinomiallogit dalam kondisi pembebanan rute keseimbangan (model SPPM). Analisis perhitungan menggunakan program (*Equilibre Multimode, Multimodal Equilibrium*) EMME2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian statistik pada level arus angkutan pribadi menghasilkan R^2 sebesar 0,27118 dan pada pengujian statistik pada level arus angkutan umum menghasilkan R^2 sebesar 0,01044. Sedangkan pengujian statistik pada level matrik menghasilkan R^2 sebesar 0,002. Tingkat kemiripan arus lalu lintas hasil pemodelan terhadap arus pengamatan sebesar 41,8 % dan arus lalu lintas aktual sebesar 50,9 %.

Kata kunci: lintas harian rata-rata, survei asal tujuan, *Multimodal Equilibrium*

PENDAHULUAN

Kota Bandar Lampung saat ini terus mengalami perkembangan, hal ini akan mempengaruhi kapasitas jaringan jalan dan juga berdampak kepada permasalahan pengembangan transportasi. Disepanjang jalan utama yang ada, banyak yang telah berubah peruntukan lahannya, dari permukiman penduduk menjadi lahan terbangun diantaranya pertokoan. Munculnya pertokoan di sepanjang jalan utama ini akan menambah jumlah pergerakan, dimana pergerakan ini dapat mengganggu lalu

lintas menerus, yang kemudian dapat menurunkan tingkat pelayanan jalan. Dengan mengetahui kondisi yang ada, maka perlu

adanya perencanaan transportasi yang dapat meramalkan kebutuhan pergerakan dalam bentuk perjalanan orang, barang atau kendaraan sehingga dapat dilayani oleh sistem prasarana transportasi yang tersedia.

Para perencana transportasi telah menggunakan konsep matriks asal tujuan (MAT) yang dianggap mampu memaparkan suatu pola perjalanan. Sebagian besar teknik dan metode untuk menyelesaikan masalah-masalah transportasi membutuhkan informasi MAT sebagai informasi dasar untuk menggambarkan tingkat kebutuhan transportasi (Tamin, 2000) yang dapat diperoleh dengan metode konvensional dan metoda tidak konvensional. Untuk mengatasi kendala tersebut, diperlukan

metode yang murah dari segi data dan waktu yang singkat sehingga dirumuskanlah suatu metode yang disebut dengan metoda tidak konvensional.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi matrik asal tujuan (MAT) dengan memanfaatkan data-data sekunder seperti data sosio ekonomi, lintas harian rata-rata (LHR), waktu perjalanan (*travel time*), jaringan jalan dan kecepatan, dimana selama ini dalam pembuatan MAT selalu menggunakan data primer yang didapatkan dari survei asal-tujuan (O-D) yang dilakukan lima tahun sekali sehingga memerlukan biaya yang mahal dan waktu yang lama.

Lingkup penelitian ini adalah pembentukan matrik estimasi dalam penelitian ini menggunakan model kombinasi sebaran pergerakan yaitu Gravity dan pemilihan moda *Multinomiallogit* dalam kondisi pembebanan rute keseimbangan (model SPPM) yang sudah dikembangkan oleh Sulistyorini (2010); wilayah studi adalah di kota Bandar Lampung, Propinsi Lampung; membuat *data base* kota Bandar Lampung dengan tingkat resolusi sistem 25 zona; pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder (kondisi sosio ekonomi, data populasi, data sektoral, peta administrasi, LHR, data jaringan jalan, *travel time* dan kecepatan, data angkutan umum) yang diperoleh dari instansi terkait dan hasil studi-studi yang telah dilakukan sebelumnya; biaya perjalanan (C_{id}) yang merupakan hambatan transportasi yang digunakan dalam penelitian ini sebagai *data input*, berupa hambatan waktu dengan menggunakan fungsi hambatan eksponensial negatif, seperti yang terlihat pada persamaan (1); batasan yang digunakan dalam model Gravity (GR) pada penelitian ini adalah jenis model Gravity dengan dua batasan atau *Double Constraint*. Syarat batas model gravity jenis ini mengikuti Persamaan (2), (3), (4), (5), dan (6); analisis perhitungan menggunakan program *EMME2 (Equilibre Multimode, Multimodal Equilibrium)*; pengujian model secara statistik dengan menggunakan indikator penguji adalah koefisien determinasi (R^2); bangkitan dan tarikan perjalanan sebagai masukan utama model ini diperoleh dari persamaan hasil studi terdahulu pada tahun 2006.

$$f(C_{id}) = e^{-C_{id}} \tag{1}$$

$$T_{id} = \sum_{id} t_{id} \tag{2}$$

$$\sum_d T_{id} \neq O_i \tag{3}$$

$$\sum_i T_{id} \neq D_d \tag{4}$$

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \tag{5}$$

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})} \tag{6}$$

Model Gravity

Pada model *gravity* penyebaran pergerakan didasarkan pada aksesibilitas, bangkitan dan tarikan dari zona asal ke zona tujuan. Gambaran tingkat kemudahan dalam mencapai zona tujuan dalam model ini dinyatakan dalam fungsi biaya perjalanan atau fungsi hambatan (*impedance function*). Fungsi hambatan yang akan diterapkan dalam perhitungan MAT mencakup dua fungsi yaitu eksponensial dan *power*. Model ini diilhami oleh konsep hukum *gravity Newton* (Tamin, 1997). Persamaan model *gravity* dapat dilihat pada persamaan (3).

$$A_i = \left[\sum_d (D_d \cdot B_d \cdot f(C_{id})) \right]^{-1} \tag{7}$$

$$B_d = \left[\sum_i (O_i \cdot A_i \cdot f(C_{id})) \right]^{-1} \tag{8}$$

$$T_{id} = A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_d \cdot f(C_{id}) \tag{9}$$

dengan: T_{id} = jumlah pergerakan dari zona asal i ke zona tujuan d, A_i ; B_d = faktor penyeimbang masing-masing untuk setiap asal i dan tujuan d; O_i = total pergerakan dari zona asal i; D_d = total pergerakan ke zona tujuan d; $f(C_{id})$ = fungsi hambatan (waktu, jarak, dan biaya).

Faktor keterpisahan atau fC_{id} merepresentasikan hambatan seseorang melakukan perjalanan dalam berbagai selang waktu maupun jarak. Secara umum faktor hambatan menyatakan bahwa semakin meningkat waktu perjalanan maupun jarak, orang akan berkurang

keinginannya untuk melakukan perjalanan. Kalibrasi model Gravity termasuk dalam menentukan faktor keterpisahan.

Hal yang terpenting untuk diketahui adalah $f(C_{id})$ harus dianggap sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antara zona i dengan zona d . Hyman (1969) dalam Tamin (2000) menyarankan tiga jenis fungsi hambatan yang dapat digunakan dalam model GR yaitu fungsi pangkat (pers. (9)), fungsi eksponensial (pers. (10)), dan fungsi Tanner Persamaan (11).

$$f(C_{id}) = C_{id}^{-\alpha} \tag{10}$$

$$f(C_{id}) = e^{-\beta C_{id}} \tag{11}$$

$$f(C_{id}) = C_{id}^{-\alpha} \cdot e^{-\beta C_{id}} \tag{12}$$

Fungsi hambatan tersebut mengandung unsur parameter yang belum diketahui yaitu parameter α dan β .

Menurut Tamin (2000), jenis model gravity berdasarkan batasan yang dipakai dapat dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu model Gravity tanpa batasan *Unconstrained Gravity* (UCGR), model Gravity dengan batasan tarikan *Attraction Constrained Gravity* (ACGR), model Gravity dengan dua batasan *Fully/Double Constrained Gravity* (DCGR), model Gravity dengan batasan bangkitan *Production Constrained Gravity* (PCGR).

Model Sebaran Pergerakan-Pemilihan Moda (SPPM)

Tamin (1988), Tamin, dkk. (2000), Purwanti (2002), dan Sulistyorini (2010) mengembangkan model kombinasi Sebaran Pergerakan Pemilihan Moda (SPPM). Persamaan dasar estimasi model transportasi kombinasi SPPM dengan menggunakan data arus lalu lintas yang mengikuti Persamaan (13).

Persamaan (12) adalah sistem persamaan dengan L persamaan simultan yang mempunyai beberapa parameter yang belum diketahui.

$$V_i = \sum_d \left(\frac{\exp(-\alpha C_{id}^k)}{\sum_m \exp(-\alpha C_{id}^m)} \right) \cdot \sum_m P_{id}^m \tag{13}$$

dengan α dan β

Menurut Sulistyorini (2010), untuk mengestimasi nilai parameter tersebut, dibutuhkan suatu metode estimasi tertentu.

Metode Estimasi Kuadrat Terkecil (KT)

Tamin (2000) menjelaskan bahwa ide dari metode ini adalah mengkalibrasi parameter yang tidak diketahui dengan meminimumkan jumlah perbedaan atau deviasi kuadrat antara arus lalu lintas hasil estimasi dengan arus lalu lintas hasil pengamatan. Fungsi obyektif dari metode estimasi kuadrat terkecil untuk data arus lalu lintas mengikuti persamaan (13).

$$\text{Minimumkan } S = \sum_i \left[\frac{1}{Y} (V_i - \hat{V}_i)^2 \right] \tag{14}$$

dengan $Y=1$ untuk Kuadrat-Terkecil-Tidak-Linier (KTTL), $Y = \hat{V}_i$ untuk Kuadrat-Terkecil-Tidak-Linier-Berbobot (KTTLB), $\hat{V}_i =$ jumlah arus lalu lintas pada ruas hasil pengamatan, $V_i =$ jumlah arus lalu lintas pada ruas hasil pemodelan Persamaan (14) dapat ditulis ulang menjadi Persamaan (15).

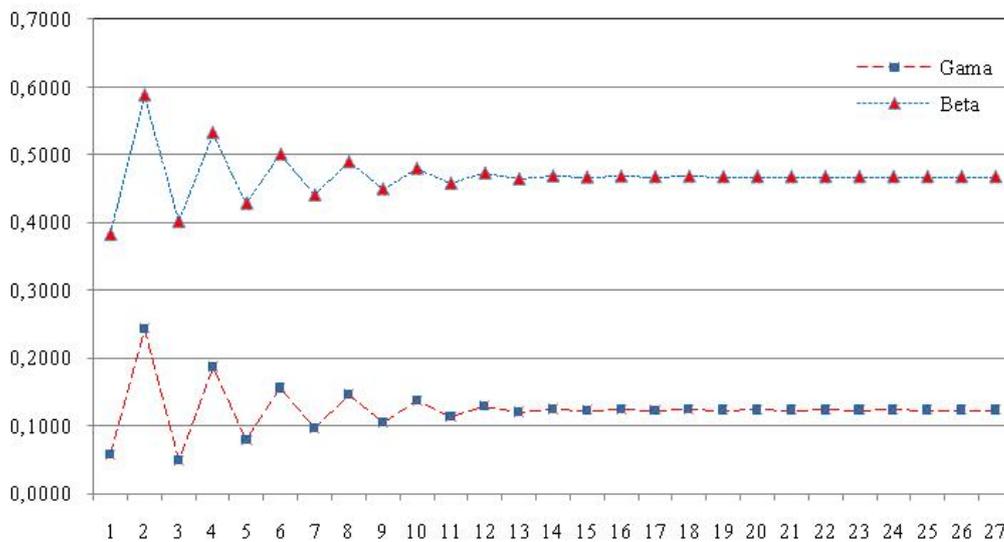
$$\text{Minimumkan } S = \sum_i \left[\frac{1}{Y} \left(\left(\sum_d \sum_m T_{id} \cdot P_{id}^m \right) - \hat{V}_i \right)^2 \right] \tag{15}$$

PEMBAHASAN

Estimasi Parameter dan

Nilai merupakan biaya perjalanan rata-rata di wilayah studi, semakin kecil nilai biaya rerata perjalanan. Sedangkan nilai merupakan representasi dari proporsi pemilihan angkutan pribadi dan angkutan umum.

$$p_{id}^1(\text{bus}) = \{0, 1\} \quad p_{id}^1(\text{mobil}) = [0; 1]$$



Gambar 2. Grafik nilai gamma () dan beta () pada setiap iterasi

Tabel 1. Nilai beta () dan gamma () pada setiap iterasi

Iterasi	Beta	Gamma
Awal	0.3823	-0.3244
1	0.5877	-0.3445
2	0.4015	-0.3521
10	0.4577	-0.3439
11	0.4727	-0.3429
12	0.4641	-0.3437
20	0.4674	-0.3439
21	0.4676	-0.3438
22	0.4675	-0.3439
23	0.4676	-0.3438
24	0.4675	-0.3438
25	0.4676	-0.3438
26	0.4675	-0.3438

Berdasarkan data pada Tabel 1 dan Gambar 2 terlihat konvergensi nilai beta () dan gamma () sangat tergantung pada pemberian nilai awal dan . Semakin jauh nilai awal, maka akan semakin banyak jumlah iterasi yang akan diperlukan untuk mencapai kondisi konvergensi. Dengan nilai parameter awal seperti tercantum pada Tabel 1, maka dilakukan iterasi, pada iterasi pertama sampai dengan iterasi ke-12 untuk nilai dan masih memperlihatkan nilai yang belum konvergen, pada iterasi ke-20 sampai dengan iterasi ke-26 untuk nilai sudah mencapai konvergensi dan untuk nilai konvergensi sudah terlihat pada iterasi ke-23 sampai dengan iterasi ke-26. Maka

setelah 26 kali iterasi dapat mencapai konvergensi dengan nilai beta () = 0,4675 dan gamma () = -0,3438.

Dengan hasil yang diperoleh pada tahap estimasi parameter nilai adalah positif, nilai positif pada parameter tersebut mempunyai arti bahwa biaya perjalanan rata-rata di wilayah studi menjadi bahan pertimbangan bagi pelaku perjalanan dalam menentukan zona tujuan. Sedangkan nilai adalah negatif, artinya dalam pemilihan moda tidak terdapat pilihan sehingga ketidaknyamanan dalam hal jarak perjalanan tidak menjadi suatu pertimbangan.

Estimasi Matrik Asal Tujuan

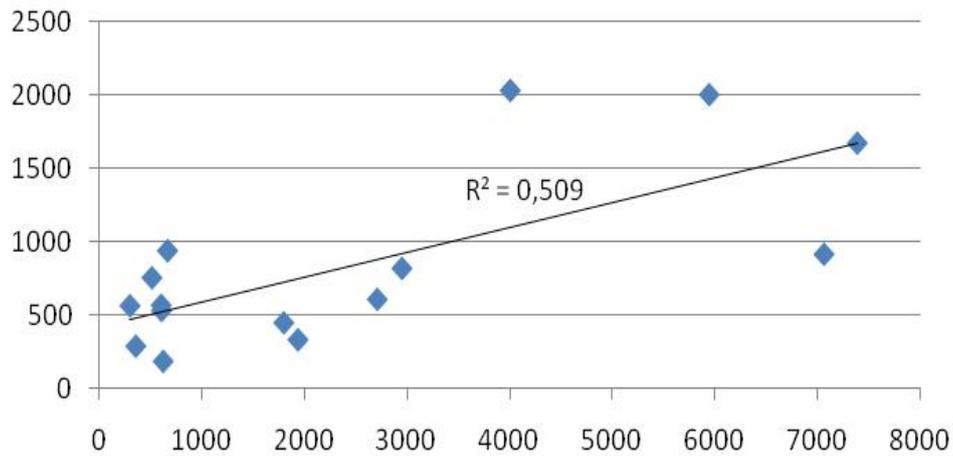
Dengan mengaplikasikan nilai parameter dan γ yang telah konvergen, maka selanjutnya dilakukan proses estimasi MAT sesuai dengan tujuan penelitian ini, yaitu membangun MAT angkutan pribadi, angkutan umum dan total (Gambar 6) dengan menggunakan Persamaan (12).

Dari pengujian yang telah dilakukan, terlihat bahwa dari pemodelan pada beberapa ruas jalan yang ditinjau dapat menggambarkan tingkat kemiripan atau kesesuaian yang cukup baik.

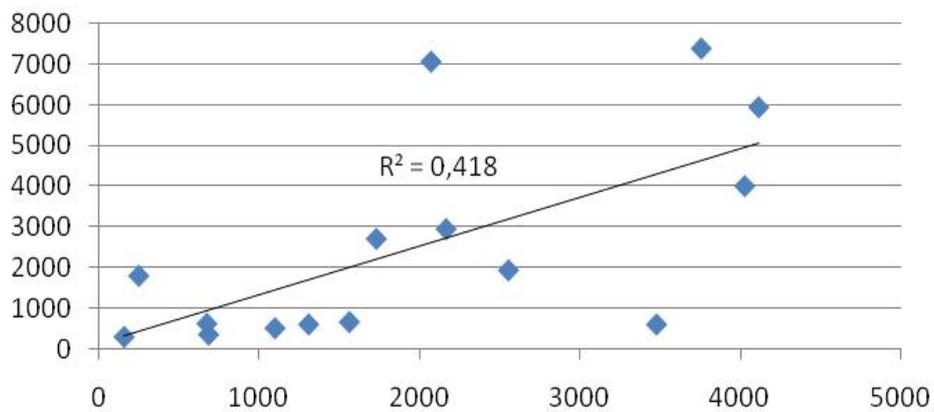
Tabel 2. Hasil uji arus lalu lintas model terhadap arus lalu lintas pengamatan dan arus lalu lintas aktual

Nama Ruas	From	to	Arus input*	Arus Model*	Volume lalu lintas Aktual*
Raden Intan	298	311	3757	7393	1676
Gajah Mada	305	359	248	1798	448
Gajah Mada	359	305	157	297	564
W. Mangonsidi	413	395	3478	601	568
W. Mangonsidi	395	413	2554	1936	332
P.Antasari	173	174	1730	2710	608
P.Antasari	174	173	2071	7068	916
Sudirman	397	398	1562	663	940
Sudirman	398	397	1098	511	756
Sultan Agung	72	95	1308	605	532
Sultan Agung	95	72	2165	2950	820
Urip Sumoharjo	126	130	683	354	288
Urip Sumoharjo	130	126	673	621	184
Kartini	307	297	4115	5948	2008
A. Yani	393	385	4028	4007	2036

Keterangan: (* smp/jam) (lanjutan)



Gambar 3. Grafik perbandingan arus model dengan arus aktual



Gambar 4. Grafik perbandingan arus model dengan arus input

Dengan hasil nilai R^2 untuk pengujian arus lalu lintas hasil pemodelan dibandingkan dengan arus lalu lintas pengamatan (*data input*) sebesar 41,8% dan arus lalu lintas aktual sebesar 50,9% memperlihatkan bahwa semakin banyak data input arus lalu lintas dalam pembangunan MAT sangat mempengaruhi terbangunnya MAT yang baik.

Perbandingan Arus Angkutan Umum Hasil Model dengan Survei

Pada level arus angkutan umum pada penelitian ini, arus angkutan umum estimasi dibanding dengan arus angkutan umum pengamatan, nilai R^2 yang dihasilkan dari pengujian model secara statistik adalah sebesar 0,01044. Hasil tersebut menggambarkan bahwa hasil arus model dapat menggambarkan arus sebenarnya sebesar 1,044%. Dengan hasil tersebut dapat dilihat ternyata pengguna angkutan umum (DAMRI) tidak dapat menggambarkan secara baik pergerakan antar zona, hal tersebut dikarenakan terdapat kemungkinan pengguna lebih banyak menggunakan angkutan kota. Hal lain yang menjadikan nilai tersebut kecil adalah dalam penelitian ini, data pengguna angkutan kota tidak menjadi data masukan.

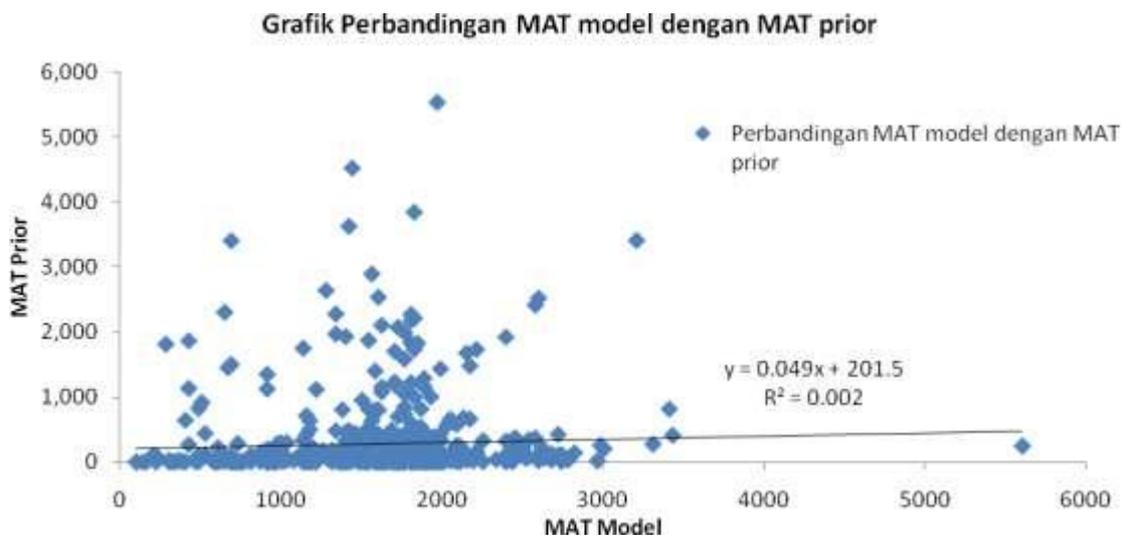
Perbandingan Matrik Total dengan Matrik Prior

Perbandingan MAT estimasi dengan matrik prior, nilai R^2 yang dihasilkan dari pengujian

model secara statistik adalah sebesar 0,002 (Gambar 5), sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa matrik hasil model tidak dapat menggambarkan matrik prior. Dengan melihat hasil tersebut, terdapat kemungkinan hasil yang didapatkan dipengaruhi beberapa faktor, seperti data-data yang digunakan tidak mendukung (seperti matrik prior yang digunakan tidak diketahui dalam proses pembangunannya) selain itu data-data lain seperti jumlah data volume lalu lintas angkutan pribadi dan angkutan umum yang digunakan kurang memadai secara jumlah atau kuantitas, hal itu disebabkan data yang ada dan yang terbaik pada tahun yang ditinjau adalah data-data tersebut.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa penentuan nilai awal parameter model merupakan masalah utama yang dijumpai dalam proses estimasi parameter model, nilai awal parameter ini memegang peranan penting untuk tercapainya konvergensi; kelemahan Metode Newton Raphson dalam penetapan nilai awal dan dengan cara *trial error* atau coba-coba, sehingga untuk mencapai *global optimum* sangat sulit, dalam penelitian ini pencapaian konvergen pada pencarian nilai parameter dalam kondisi *local optimum*; pada model *gravity* nilai adalah negatif, nilai ini merupakan representasi dari proporsi pemilihan angkutan pribadi, artinya dalam pemilihan moda tidak terdapat pilihan sehingga



Gambar 5. Grafik perbandingan MAT model dengan MAT prior

ketidaknyamanan dalam hal jarak perjalanan tidak menjadi suatu pertimbangan, sedangkan untuk adalah positif, nilai ini merupakan biaya perjalanan rata-rata di wilayah studi, dengan kata lain faktor representasi dari biaya perjalanan rata-rata di wilayah studi menjadi bahan pertimbangan bagi pelaku perjalanan dalam menentukan zona tujuan; dari hasil analisa tersebut, jaringan jalan yang digunakan hanya ruas-ruas tertentu atau tidak ada ruas jalan alternatif untuk menuju suatu lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Junaedi, Tas'an, 2008, Analisa Perubahan Arus Lalu lintas dan Pengaruhnya Terhadap Matrik Asal Tujuan, *Media Teknik Sipil*, Januari.
- Khisty, C. J. dan Lall, B. K., 2006, *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi, Jilid 2, Edisi III*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Kresnanto, N.C, 2003, Pengembangan Model Perencanaan Transportasi Dengan Sistem Informasi Geografis (Analisa Kinerja Jaringan Transportasi Jalan dengan Model Dynamic Segmentation), *Thesis Magister Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung*, Bandung.
- Ortuzar, J.D. and Willumsen, L.G., 1994, *Modelling Transport, Third Edition*, John Wiley and Sons Ltd.
- Priyanto, S. dan Fathoni, M., 2005, Estimasi Matrik Asal Tujuan Perjalanan Penumpang Umum Trans Jawa – Sumatera Melalui Lintasan Penyeberangan Merak – Bakauheni, *Symposium VIII FSTPT*, Palembang.
- Sulistiyorini, R., 2000, Dampak Adanya Informasi MAT Parsial Terhadap Akurasi MAT Yang Didapat dari Arus Lalu Lintas, *Thesis Magister, Magister Transportasi, Institut Teknologi Bandung*, Bandung.
- Sulistiyorini, R., 2010, Estimasi Parameter Model Kombinasi Sebaran Pergerakan Dan Pemilihan Moda Dalam Kondisi Pembebanan Keseimbangan, *Disertasi Doktor, Institut Teknologi Bandung*, Bandung.
- Syafii, *Estimasi Asal Tujuan (MAT) Perjalanan Dinamis (Time-Dependent OD) dari Data Lalu Lintas*, dari: <http://www.lontar.ui.ac.id>.
- Tamin, O.Z., 1997, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi I*, Penerbit ITB, Bandung.
- Tamin, O.Z., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi II*, Penerbit ITB, Bandung.
- Tamin, O.Z., Santoso, Idwan, Ruswandi, dan Didi, 1999, Studi Pengaruh Model Sebaran Pergerakan Terhadap Akurasi Perkiraan Matrik Asal Tujuan Berdasarkan Data Arus Lalu lintas, *Symposium II FSTPT, Graha 10 November*, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Tamin, O.Z., dan Suyuti, R., 2007, Kajian Peningkatan Akurasi Matriks Asal-Tujuan yang Dihasilkan dari Data Arus Lalu lintas pada Kondisi Keseimbangan, *PROC. ITB Sains & Tek.*, Vol. 39 A, No. 1&2, 2007, 23-39.