

PENGEMBANGAN "REAL TIME TRAFFIC INFORMATION SYSTEM" BAGI PENGGUNA JALAN

Rusmadi Suyuti

Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi – BPPT

Jl. M.H. Thamrin No. 8, Gd II BPPT Lt. 10, Jakarta

Tel: (021) 316 9342, Fax: (021) 316 9345

E-mail: rusmadisuyuti@yahoo.com

Abstract

Traffic information condition is a very useful information for road user because road user can choose his best route for each trip from his origin to his destination. The final goal for this research is to develop real time traffic information system for road user using real time traffic volume. Main input for developing real time traffic information system is an origin-destination (O-D) matrix to represent the travel pattern. However, O-D matrices obtained through a large scale survey such as home or road side interviews, tend to be costly, labour intensive and time disruptive to trip makers. Therefore, the alternative of using traffic counts to estimate O-D matrices is particularly attractive. Models of transport demand have been used for many years to synthesize O-D matrices in study areas. A typical example of the approach is the gravity model; its functional form, plus the appropriate values for the parameters involved, is employed to produce acceptable matrices representing trip making behaviour for many trip purposes and time periods. The work reported in this paper has combined the advantages of acceptable travel demand models with the low cost and availability of traffic counts. Two types of demand models have been used: gravity (GR) and gravity-opportunity (GO) models. Four estimation methods have been analysed and tested to calibrate the transport demand models from traffic counts, namely: Non-Linear-Least-Squares (NLLS), Maximum-Likelihood (ML), Maximum-Entropy (ME) and Bayes-Inference (BI). The Bandung's Urban Traffic Movement survey has been used to test the developed method. Based on several statistical tests, the estimation methods are found to perform satisfactorily since each calibrated model reproduced the observed matrix fairly closely. The tests were carried out using two assignment techniques, all-or-nothing and equilibrium assignment.

Kata kunci : pemodelan transportasi, matriks asal-tujuan, metode estimasi

1. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas yang sering terjadi pada saat jam sibuk merupakan salah satu masalah transportasi yang banyak dijumpai khususnya di kota-kota besar. Salah satu penyebab terjadinya kemacetan lalu lintas tersebut adalah tidak seimbang volume lalu lintas di ruas jalan dibandingkan dengan kapasitas ruas jalan tersebut. Hal tersebut dapat terjadi akibat tidak adanya informasi tentang kondisi volume lalu lintas pada suatu ruas jalan.

Jika informasi kondisi arus lalu lintas dapat diketahui sebelum pengguna jalan melakukan perjalanan, maka pengguna jalan tersebut dapat memilih dan menentukan rute perjalanan terbaik (*best route*) yang akan dilaluinya.

Kriteria penetapan rute terbaik tersebut didasarkan pada nilai rasio volume dan kapasitas (V/C ratio) serta kecepatan rata-rata kendaraan

pada tiap ruas yang ada di dalam wilayah studi.

Penelitian ini mempunyai tujuan akhir mengembangkan sistem informasi arus lalu lintas bagi pengguna jalan untuk wilayah Kota Bandung, menggunakan data arus lalu lintas secara waktu nyata (*real time*). Masukan utama yang diperlukan adalah Matriks Asal-Tujuan (MAT) dinamis yang dikembangkan berdasarkan informasi arus lalu lintas (*real time*) yang diperoleh dari sistem pengaturan lalu lintas secara terkoordinasi (sistem *Automatic Traffic Control System* atau ATCS).

Sistem Pengaturan Lampu Lalu lintas Terkoordinasi (*Area Traffic Control System/ATCS*) yang telah dioperasikan pada beberapa kota di Indonesia (Jakarta, Bandung dan Surabaya) memungkinkan untuk mendapatkan informasi arus lalu lintas secara otomatis dan *real time* (di Kotamadya Bandung sudah beroperasi sejak tahun 1997). Teknologi transfer informasi (*internet*) memungkinkan untuk mendapatkan informasi

tersebut secara *real time* dengan biaya sangat murah.

Dengan menggunakan informasi *real time* tersebut, metode penelitian ini dilakukan melalui serangkaian simulasi pada suatu sistem pemodelan yang menghasilkan MAT secara dinamis dan *real time* pula. Keluaran MAT *real time* tersebut termasuk beberapa aplikasinya akan disajikan dalam **Website** yang dirancang khusus sesuai dengan kebutuhan (baik numerik maupun grafis) sehingga dapat langsung diakses dan digunakan oleh para pengguna (Bappeda, DLLAJ, Konsultan, Bina Marga, Departemen Perhubungan, Polantas, dan instansi terkait lainnya) melalui fasilitas *internet*.

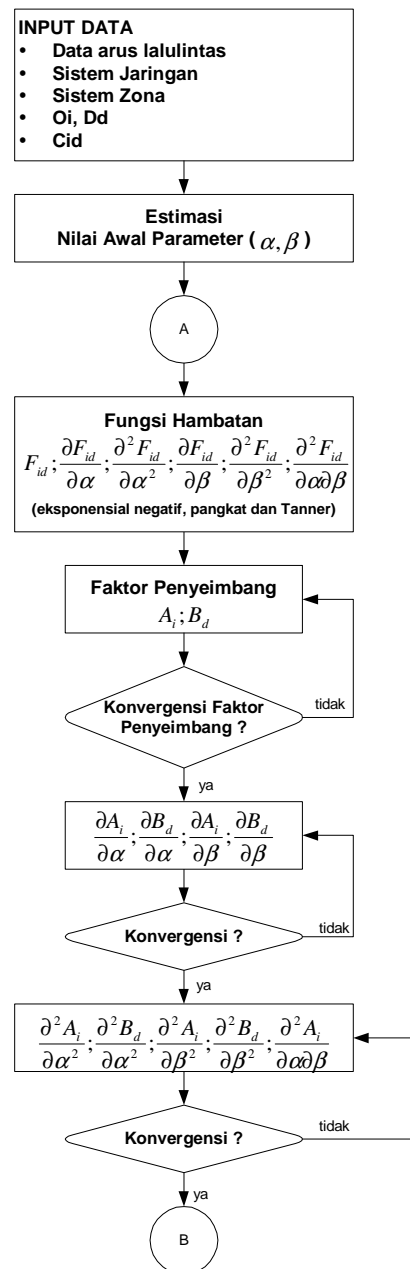
2. BAHAN DAN METODE

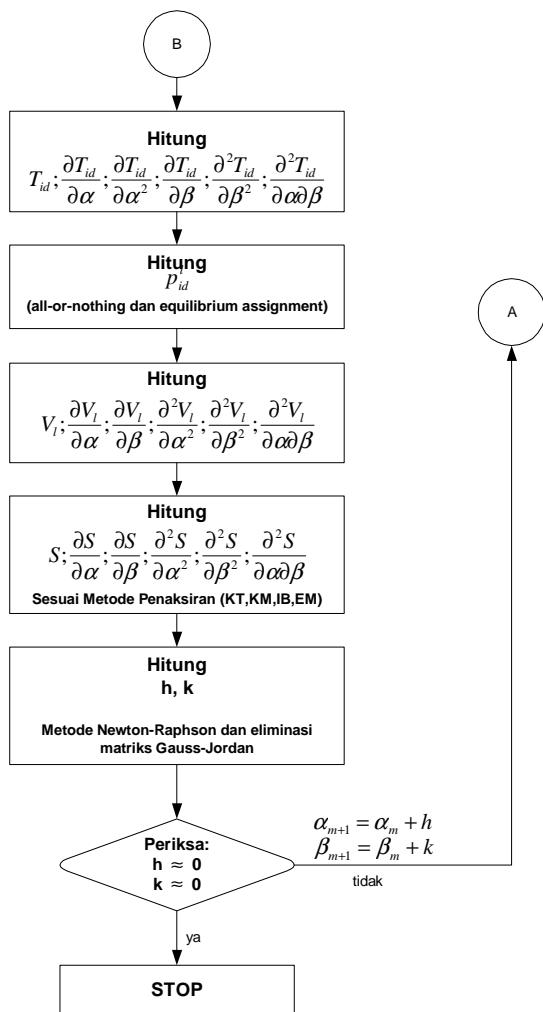
Informasi arus lalulintas secara *real time* dapat diakses langsung dari pusat kontrol proyek ATCS melalui fasilitas *internet*. Sebelum informasi tersebut digunakan dalam proses estimasi MAT, beberapa proses harus dilakukan agar informasi arus lalulintas tersebut dapat digunakan, misalnya seperti: penetapan format, pembuatan *data base* sistem zona dan sistem jaringan dari daerah studi, dan lain-lain. Setelah proses tersebut, maka informasi arus lalulintas baru dapat digunakan untuk menghasilkan MAT. Keluaran MAT *real time* harus diolah sedemikian rupa sesuai kebutuhan sehingga dapat bermanfaat bagi pengguna. Hasil pengolahan MAT tersebut beserta beberapa aplikasinya akan disajikan dalam **Website** yang akan dirancang khusus dalam penelitian ini sesuai dengan kebutuhan (baik dalam bentuk numerik maupun grafis). Informasi mengenai kebutuhan pergerakan dalam bentuk MAT yang paling terkini dan berpola dinamis (*real time*) bisa didapatkan dengan **biaya yang sangat murah** dan **waktu yang sangat cepat**. Dengan kata lain, kita bisa mendapatkan informasi MAT untuk Kota Bandung untuk kondisi 5 menit yang lalu dengan biaya yang sangat murah serta dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi sehingga ketergantungan dengan data MAT tahun 1992 ataupun tahun 1995 sudah dapat kita tinggalkan.

Informasi MAT ini sangat dibutuhkan dan sangat membantu berbagai pihak, misalnya: instansi, departemen, konsultan, pengguna jalan, penentu kebijaksanaan, lembaga baik kelompok maupun perorangan yang terkait dengan sektor

Metode penelitian untuk **tahap awal** diarahkan untuk meninjau faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tingkat keakurasian MAT yang dihasilkan dari informasi arus lalu lintas. Model kebutuhan akan transportasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *Gravity* (GR). Sedangkan faktor-faktor pengaruh yang akan ditinjau adalah sebagai berikut:

- Pengaruh metode estimasi untuk mengkalibrasi parameter model kebutuhan transportasi. Metode estimasi yang akan ditinjau adalah meliputi: Kuadrat-Terkecil (KT), Kemiripan-Maksimum (KM), Inferensi-Bayes (IB) dan Entropi-Maksimum (EM).
 - Pengaruh metode pemilihan rute. Metode pemilihan rute yang akan ditinjau adalah metode *all-or-nothing* dan metode pemilihan rute keseimbangan (*equilibrium assignment*)
- Proses kalibrasi untuk estimasi Matriks Asal-Tujuan dengan menggunakan data arus lalulintas, jika digunakan model *Gravity* (GR) adalah ditunjukkan pada **Gambar 1** di bawah ini





Gambar 1. Proses Kalibrasi Dengan Menggunakan Model Gravity

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil riset dilakukan dengan meninjau faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan akurasi MAT yang dihasil dari data arus lalu lintas.

3.1. Sistem Zona dan Sistem Jaringan

Wilayah studi yang digunakan untuk penelitian ini adalah wilayah Kota Bandung dan sekitarnya. Pembagian zona internal didasarkan pada batas administrasi kelurahan, sedangkan penetapan zona eksternal didasarkan pada gabungan kelurahan dan kecamatan, sehingga tingkat produksi perjalanan di zona internal dan eksternal memiliki keseragaman. Dari hasil analisis diperoleh model sistem zona di wilayah studi terdiri dari 125 zona dengan perincian 100 zona internal di wilayah Kota Bandung dan 25 zona eksternal di wilayah Kabupaten Bandung, Kota Cimahi dan Kabupaten

Sumedang.

Sementara itu, model jaringan jalan dibentuk sebagai wakil suplai jaringan jalan dan terdiri dari 1238 ruas (total 2279 ruas jalan per arah) yang meliputi semua jalan arteri, kolektor, dan beberapa ruas jalan lokal penting di Kota Bandung dan beberapa jalan utama penghubung ke wilayah Kabupaten Bandung dan Kabupaten Sumedang. Model jaringan jalan yang dibentuk tersebut meliputi panjang jalan sekitar 775,74 km dengan kapasitas rata-rata sebesar 1394 smp/jam.

3.2. Pengaruh Jenis Model Gravity (GR)

Jenis model *gravity* yang ditinjau dalam penelitian ini adalah model *gravity* dengan batasan-bangkitan, batasan-tarikan dan batasan-bangkitan-tarikan.

Model batasan-bangkitan dihasilkan dengan menetapkan nilai $B_d=1$, untuk semua d untuk menghilangkan batasan tarikan pergerakan (D_d). Selanjutnya dengan menetapkan nilai $A_i=1$, untuk semua i untuk menghilangkan batasan bangkitan pergerakan (O_i), model batasan-tarikan bisa dihasilkan. Sedangkan model GR dengan-batasan-bangkitan-tarikan dihasilkan dengan melakukan iterasi terhadap nilai A_i dan B_d .

Hasil estimasi parameter model kebutuhan transportasi yang dihasilkan untuk berbagai jenis model GR ditunjukkan pada Tabel 1. Proses tersebut dilakukan dengan metode estimasi Kuadrat-Terkecil-Berbobot (KTB), fungsi hambatan eksponensial-negatif dan metode pemilihan rute keseimbangan (*equilibrium assignment*).

Tabel 1 Hasil Estimasi Parameter Model Transportasi Menurut Jenis Model GR

No	Model Gravity	Fungsi Eksponensial-Negatif	
		β	Fungsi Tujuan
1	Batasan-bangkitan	0,117298	167710,515
2	Batasan-tarikan	0,146357	245954,062
3	Batasan-bangkitan-tarikan	0,060252	58142,598

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari ketiga jenis model GR (batasan-bangkitan, batasan-tarikan dan batasan-bangkitan-tarikan), model GR dengan batasan-bangkitan-tarikan menghasilkan tingkat keakurasian yang paling baik dibandingkan jenis model GR lainnya. Hal tersebut ditunjukkan berdasarkan nilai minimum dari fungsi tujuan dari metode estimasi KTB, dimana jenis batasan-bangkitan-tarikan nilainya paling kecil.

Setelah model batasan – bangkitan - tarikan, urutan selanjutnya adalah model batasan-bangkitan. Model ini kinerjanya lebih baik

dibandingkan model batasan-tarikan.

Dari hasil estimasi, penggunaan nilai awal yang berbeda pada proses iterasi akan selalu menghasilkan nilai estimasi yang relatif sama. Kalaupun terjadi perbedaan, perbedaan tersebut nilainya sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Dari sini dapat disimpulkan bahwa metode estimasi tersebut selalu menghasilkan satu solusi tunggal yang sama nilainya (*a unique solution*). Perbedaan yang terjadi hanya pada cepat atau lambatnya konvergensi tercapai. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin jauh nilai awal dari nilai yang dituju, akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konvergensi.

Hasil uji statistik untuk tiap-tiap jenis model GR adalah seperti ditunjukkan pada **Tabel 2** untuk tingkat MAT. Parameter uji statistik yang digunakan adalah: *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Normalized Mean Absolute Error* (NMAE) dan Koefisien Determinasi (R^2 dan SR^2).

Dari **Tabel 2**, dapat dilihat bahwa ditinjau dari indikator uji statistik untuk tingkat MAT, model GR dengan batasan-bangkitan-tarikan atau *Doubly-Constrained-Gravity Model* (DCGR) memberikan tingkat kinerja yang terbaik.

Tabel 2 Indikator Uji Statistik Untuk Masing-Masing Model GR Dengan Menggunakan Metode Estimasi Kuadrat-Terkecil Untuk Tingkat MAT

No	Indikator Uji Statistik	Fungsi Eksponensial-Negatif		
		Batasan-Bangkitan	Batasan-Tarikan	Batasan-Bangkitan-Tarikan
1	RMSE	4,593072	5,744880	4,332783
2	%RMSE (%)	77,198669	96,557853	72,823829
3	MAE	2,360288	2,901026	2,132322
4	NMAE (%)	39,670856	48,759395	35,839282
5	R^2	0,722734	0,566237	0,753269
6	SR^2	0,650865	0,491824	0,759040

Tabel 3 Hasil Estimasi Parameter Model Transportasi Menurut Jenis Fungsi Hambatan

No	Fungsi Hambatan	Batasan-Bangkitan-Tarikan		
		α	β	Fungsi Tujuan
1	Eksponensial-Negatif	-	0,06025	58142,5
2	Pangkat	-	0,72848	50267,9
3	Tanner	0,959	-0,0212	44839,2

Dari **Tabel 3** dapat dilihat bahwa hasil perbandingan antara tiap jenis fungsi hambatan menunjukkan bahwa fungsi hambatan Tanner memberikan tingkat kinerja yang terbaik. Hal tersebut ditunjukkan berdasarkan nilai minimum dari fungsi tujuan dari metode estimasi KTB. Setelah fungsi Tanner, urutan terbaik selanjutnya

3.3. Pengaruh Fungsi Hambatan

Salah satu parameter penting dalam menentukan MAT adalah fungsi hambatan atau $f(C_{id})$. Hal yang terpenting untuk diketahui adalah $f(C_{id})$ harus dianggap sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antara zona i dengan zona d . Hyman (1969) seperti ditulis dalam Tamin (2000) menyarankan tiga jenis fungsi hambatan yang dapat digunakan dalam model GR, yaitu fungsi eksponensial-negatif, fungsi pangkat, fungsi Tanner (gabungan fungsi eksponensial-negatif dan fungsi pangkat).

Hasil estimasi parameter model kebutuhan transportasi yang dihasilkan untuk berbagai jenis fungsi hambatan adalah ditunjukkan pada **Tabel 3**. Proses tersebut dilakukan dengan metode estimasi Kuadrat-Terkecil-Berbobot (KTB), jenis model batasan-bangkitan-tarikan dan metode pemilihan rute keseimbangan (*equilibrium assignment*).

adalah fungsi pangkat. Fungsi ini kinerjanya lebih baik dibandingkan dengan fungsi eksponensial-negatif.

Jika dikombinasikan dengan jenis model GR, seperti telah dibahas sebelumnya, maka kinerja terbaik ditunjukkan oleh jenis model GR batasan-bangkitan-tarikan (DCGR) dengan fungsi hambatan Tanner.

Hasil uji statistik untuk tiap-tiap jenis fungsi hambatan adalah seperti ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Dari **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa ditinjau dari indikator uji statistik, maka model GR dengan fungsi Tanner yang dikombinasikan dengan model batasan-bangkitan-tarikan memberikan tingkat kinerja yang terbaik.

Tabel 4 Indikator Uji Statistik Untuk Masing-Masing Fungsi Hambatan Untuk Tingkat MAT

No	Indikator Uji Statistik	Model Batasan-Bangkitan-Tarikan		
		Fungsi Eksponensial-Negatif	Fungsi Pangkat	Fungsi Tanner
1	RMSE	4,332783	4,053458	4,013545
2	%RMSE (%)	72,823829	68,129035	67,458198
3	MAE	2,132322	2,031995	2,023216
4	NMAE (%)	35,839282	34,153026	34,005466
5	R ²	0,753269	0,784056	0,788287
6	SR ²	0,759040	0,776553	0,779582

3.4. Pengaruh Metode Pemilihan Rute

Asumsi yang digunakan pada pemodelan dengan menggunakan data arus lalu lintas adalah bahwa pergerakan arus lalu lintas dari suatu zona ke zona lainnya dapat direpresentasikan pada besarnya arus lalu lintas pada suatu ruas jalan yang sangat tergantung pada besarnya proporsi pergerakan yang terjadi antara kedua zona tersebut yang menggunakan ruas tersebut sebagai bagian dari rute terbaiknya.

Besarnya proporsi pergerakan tersebut sangat tergantung pada jenis model pemilihan rute yang digunakan. Untuk penelitian disertasi ini, jenis pemilihan rute yang ditinjau adalah pemilihan rute *all-or-nothing* dan pemilihan rute keseimbangan.

Hasil estimasi parameter model kebutuhan transportasi yang dihasilkan pada kondisi pemilihan rute keseimbangan (*equilibrium assignment*) dan pemilihan rute *all-or-nothing* untuk berbagai jenis metode estimasi adalah ditunjukkan pada Tabel 5. Proses tersebut dilakukan dengan model GR dengan batasan-bangkitan-tarikan, fungsi hambatan eksponensial-negatif serta metode estimasi KTB.

Tabel 5 Hasil Estimasi Parameter Model Transportasi Menurut Jenis Pemilihan Rute

No	Metode Pemilihan Rute	GR	
		β	Fungsi Tujuan
1	Keseimbangan	0,068619	62175,14
2	All-Or-Nothing	0,127845	144568,33

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa jika dibandingkan dari nilai fungsi tujuan, maka penggunaan metode pemilihan rute keseimbangan jauh lebih baik dari pada penggunaan metode pemilihan rute *all-or-nothing*.

Untuk menentukan tingkat keakurasian pada metode pemilihan rute keseimbangan dan *all-or-nothing* akan didasarkan pada perbandingan nilai uji statistik untuk masing-masing metode

pemilihan rute tersebut. Hasil uji statistik pada kondisi pemilihan rute keseimbangan dan *all-or-nothing* adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Indikator Uji Statistik Untuk Masing-Masing Metode Pemilihan Rute

No	Indikator Uji Statistik	GR	
		Pemilihan Rute Keseimbangan	Pemilihan Rute All-Or-Nothing
1	RMSE	4,276519	6,049265
2	%RMSE (%)	71,878158	101,673820
3	MAE	2,107042	2,430328
4	NMAE (%)	35,414382	40,848056
5	R ²	0,759635	0,519054
6	SR ²	0,759238	0,653679

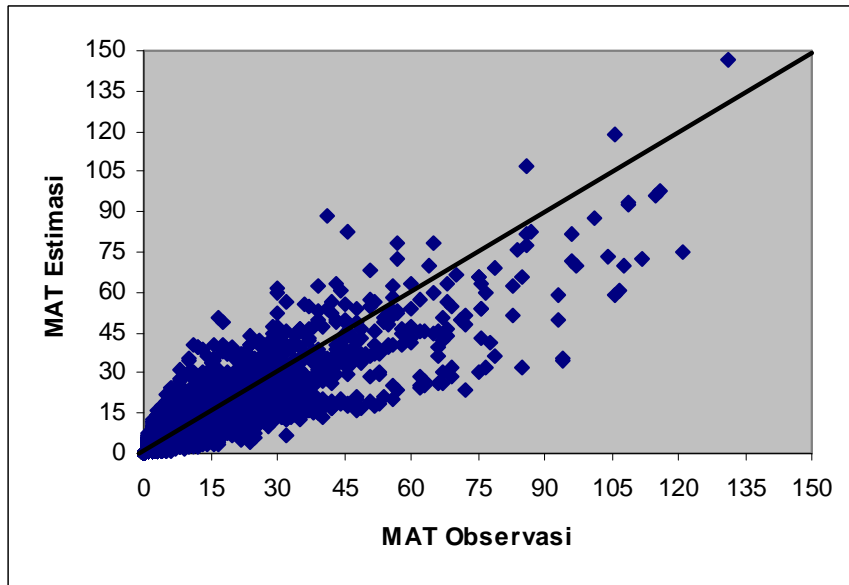
Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa jika dilakukan perbandingan antara penggunaan pemilihan rute keseimbangan dan pemilihan rute *all-or-nothing*, dan dari hasil uji statistik untuk tingkat arus maupun tingkat MAT, pemilihan rute keseimbangan menghasilkan kinerja yang lebih baik dalam melakukan estimasi parameter model kebutuhan transportasi. Hal tersebut bisa dilihat dari nilai koefisien determinasi (R²). Dari sisi MAT, nilai R² yang dihasilkan dari pemilihan rute keseimbangan adalah sebesar 0,75 sedangkan jika digunakan metode *all-or-nothing*, R² yang dihasilkan adalah sebesar 0,51. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan metode pemilihan rute keseimbangan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keakurasian estimasi parameter model kebutuhan transportasi. Hal tersebut berlaku untuk model GR maupun GO.

Berdasarkan faktor-faktor pengaruh yang telah disebutkan sebelumnya, kombinasi yang terbaik dalam melakukan estimasi parameter model kebutuhan transportasi adalah menggunakan: model batasan-bangkitan-tarikan, fungsi hambatan Tanner, metode estimasi KTB dan pemilihan rute keseimbangan.

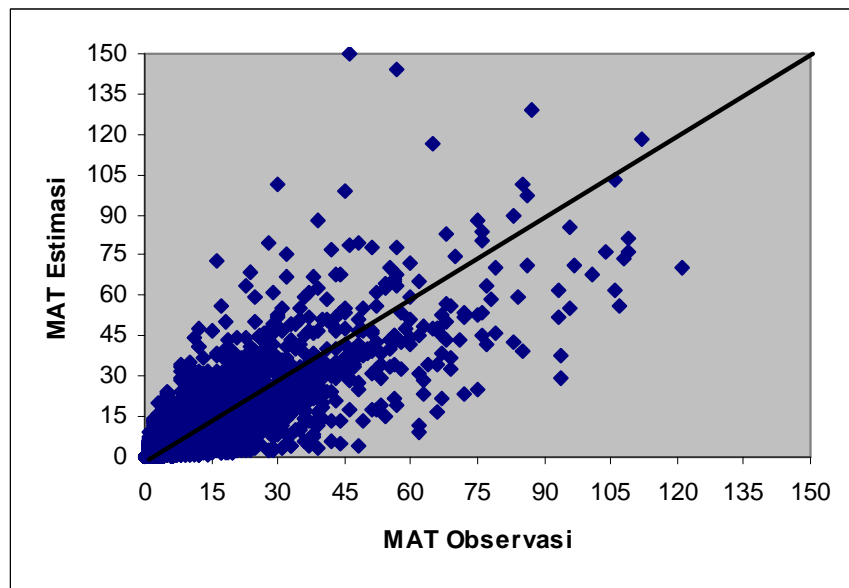
Secara grafis, persamaan regresi yang

menghubungkan antara volume lalu lintas hasil pengamatan (\hat{V}_i) dan volume lalu lintas hasil estimasi (V_i) untuk masing-masing metode

pemilihan rute adalah seperti ditunjukkan pada **Gambar 2 – Gambar 3**.



Gambar 2 Hubungan MAT Hasil Pengamatan dan Hasil Estimasi – Metode Pemilihan Rute Keseimbangan



Gambar 3 Hubungan MAT Hasil Pengamatan dan Hasil Estimasi –Metode Pemilihan Rute *All-Or-Nothing*

Dari **Gambar 2** dan **Gambar 3** dapat dilihat bahwa penggunaan metode pemilihan rute keseimbangan mempunyai pengaruh yang sangat signifikan dalam meningkatkan tingkat keakurasian dalam estimasi parameter model kebutuhan transportasi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji pengaruh model gravity terhadap akurasi perkiraan MAT berdasarkan data arus lalu lintas dalam kondisi pemilihan rute keseimbangan (*equilibrium assignment*). Dalam kondisi tersebut nilai p_{id} (proporsi pemilihan ruas jalan l untuk pergerakan dari zona i ke zona d) adalah antara 0 dan 1, serta tergantung dari nilai

sel-sel di dalam MAT.

Sehingga penelitian ini bertujuan untuk meninjau tingkat keakuratan MAT yang dihasilkan dari informasi data arus lalu lintas yang dipengaruhi oleh faktor-faktor:

- Metode Sebaran Pergerakan “Gravity”
- Metode Estimasi Kuadrat-Terkecil (KT), Kuadrat-Terkecil-Berbobot (KTB), Kemiripan-Maksimum (KM), Inferensi-Bayes (IB) dan Entropi-Maksimum (EM)
- Teknik Pemilihan Rute *All-Or-Nothing* dan Keseimbangan (*Equilibrium Assignment*)

Hasil estimasi menunjukkan bahwa proses estimasi MAT yang mempunyai tingkat kinerja terbaik adalah menggunakan: model batasan-bangkitan-tarikan, fungsi hambatan Tanner, metode estimasi KTB dan pemilihan rute keseimbangan. Hal tersebut didasarkan pada nilai hasil uji statistik dan nilai optimum dari fungsi tujuan untuk masing-masing metode estimasi.

Penelitian tahap selanjutnya diarahkan pada usaha pengembangan proses pengolahan tampilan dari keluaran MAT beserta beberapa aplikasi sehingga informatif dan mudah dimengerti (numerik maupun grafis). Pada tahap ini juga akan dirancang suatu Website yang akan digunakan sebagai tempat seluruh keluaran tersebut dapat diakses secara langsung. Termasuk juga usaha diseminasi dan sosialisasi hasil penelitian akan dilakukan dalam bentuk penyusunan manual teknis dan manual pelaksanaan yang ditindaklanjuti dengan kegiatan seminar dan pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

Suyuti, R. (2006) Estimasi Model Kebutuhan Transportasi Berdasarkan Informasi Data Arus Lalu Lintas Pada Kondisi Pemilihan Rute Keseimbangan. **Disertasi Doktor Institut Teknologi Bandung (ITB).**

Tamin, O.Z. (1988) The Estimation of Transport

Demand Models From Traffic Counts. **PhD Dissertation of the University of London**, University College London.

Tamin, O.Z. and Willumsen, L.G. (1988) Transport Demand Model Estimation From Traffic Counts. **Journal of Transportation**, UK.

Tamin, O.Z., Sjafruddin, A. dan Hidayat, H (1999) Dynamic Origin-Destination (O-D) Matrices Estimation From Real Traffic Count Information. **3rd EASTS Conference Proceeding, Taipei 15 – 17 September 1999**, hosted by Chinese Institute of Transportation, Taipei.

Tamin, O.Z. (2000) Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi 2, **Penerbit ITB**, Bandung.

Tamin, O.Z. et al (2000) Dynamic Origin-Destination (OD) Matrices Estimation From Real Time Traffic Count Information, **Laporan Tahap I**, Graduate Team Research Grant, Batch IV, University Research for Graduate Education (URGE) project.

Tamin, O.Z. et al (2001) Dynamic Origin-Destination (OD) Matrices Estimation From Real Time Traffic Count Information, **Laporan Akhir**, Graduate Team Research Grant, Batch IV, University Research for Graduate Education (URGE) project.

Tamin, O.Z. (2005) Pengembangan Sistem Informasi Arus Lalu Lintas Sebagai Upaya Pemecahan Masalah Transportasi di Kota Bandung, **Laporan Akhir Program Riset ITB.**

Willumsen, L.G. (1981) An Entropy Maximising Model for Estimating Trip Matrices From Traffic Counts, **PhD Thesis**, Department of Civil Engineering, University of Leeds.