

PENGARUH JUMLAH DAN KESALAHAN DATA ARUS LALU LINTAS TERHADAP AKURASI ESTIMASI MATRIKS ASAL TUJUAN (MAT) MENGUNAKAN DATA ARUS LALU LINTAS

Rusmadi Suyuti

Mahasiswa Program S3
Pascasarjana Teknik Sipil ITB
Gedung Labtek I Lantai 2
Jln. Ganesha 10, Bandung 40132
Telp. (022) 2502350 Faks. (022) 2512395
E-mail: rusmadi@hotmail.com

Ofyar Z. Tamin

Staf Pengajar dan Peneliti
Departemen Teknik Sipil
Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganesha 10, Bandung 40132
Telp: (022) 250 2350 Fax: (022) 251 2395
E-mail: ofyar@trans.si.itb.ac.id

Abstrak

Dalam perencanaan dan pemodelan transportasi sangat diperlukan tersedianya informasi pola pergerakan yang biasanya diwakili dengan Matriks Asal Tujuan (MAT). Untuk memperkirakan MAT berdasarkan data arus lalu lintas, data arus lalu lintas merupakan input utama yang sangat berpengaruh terhadap akurasi MAT yang dihasilkan. Tingkat akurasi MAT bukan saja dipengaruhi oleh lokasi pengumpulan data arus lalu lintas, akan tetapi dipengaruhi juga oleh jumlah data arus lalu lintas (ruas jalan) dan tingkat kesalahan dalam pengumpulan data arus lalu lintas tersebut. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa tidak seluruh ruas jalan perlu didapatkan informasi arus lalu lintasnya. Sehingga, sangat dibutuhkan suatu metode yang dapat menentukan jumlah optimum data arus lalu lintas serta kajian dampak kesalahan pada arus lalu lintas terhadap akurasi MAT yang dihasilkan. Untuk memperoleh jumlah optimum ini dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) pendekatan, yaitu menggunakan data berdasarkan hasil urutan lokasi terbaik (*sorted*) serta berdasarkan hasil urutan secara acak (*random*). Sedangkan analisis kajian dampak kesalahan pada data arus lalu lintas dilakukan dengan cara memberikan variasi skenario kesalahan terhadap data arus lalu lintas. Hasil analisis untuk Kota Bandung menunjukkan bahwa penggunaan 500 buah data arus lalu lintas sudah menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dalam estimasi MAT. Jumlah tersebut merupakan 22% dari total ruas jalan yang ada di Kota Bandung. Sedangkan tingkat kesalahan sampai dengan 20% merupakan kesalahan yang masih dapat ditolerir untuk menghasilkan MAT dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Kata-kata kunci: perencanaan transportasi, pemodelan transportasi, pemilihan rute

PENDAHULUAN

Hampir seluruh teknik dan metoda pemecahan masalah transportasi (baik perkotaan maupun regional) membutuhkan informasi Matriks Asal-Tujuan (MAT) sebagai informasi dasar dan utama dalam merepresentasikan pola pergerakan. Metoda konvensional yang ada membutuhkan survei yang sangat besar (*home interview* dan *roadside interview*), biaya yang sangat mahal, waktu proses yang sangat lama, membutuhkan banyak tenaga kerja, serta sangat mengganggu arus lalu lintas yang ada.

Tantangan ini menuntut suatu jawaban, apalagi dengan tingginya tingkat pertumbuhan tata guna tanah, populasi, lapangan kerja, dan lain-lainnya menyebabkan sangat dibutuhkannya informasi MAT yang bisa didapat dengan biaya yang murah dan waktu proses yang cepat. Metode estimasi MAT berdasarkan data arus lalu lintas yang termasuk kelompok Metode Tidak Konvensional (MTK) merupakan suatu metode estimasi yang cukup efektif dan ekonomis namun memiliki tingkat kehandalan yang tinggi karena data utama yang dibutuhkannya adalah berupa

informasi data arus lalu lintas yang umumnya untuk memperolehnya membutuhkan biaya yang cukup murah, banyak tersedia dan mudah didapat.

Untuk itulah dapat dipahami bahwa metode estimasi MAT dengan menggunakan data arus lalu lintas menjadi sangat menguntungkan untuk dipakai. MTK ini terasa sekali sangat diperlukan untuk negara sedang berkembang, terutama bagi kota yang membutuhkan pemecahan masalah transportasi yang bersifat cepat tanggap. Ini diperkuat dengan keterbatasan yang biasanya ada di negara sedang berkembang, yaitu dalam hal sumber daya manusia, waktu dan biaya yang kurang memadai. Hal ini pada akhirnya menyebabkan kualitas data survei menjadi rendah terutama bila menggunakan metode estimasi MAT secara konvensional (Tamin, dkk. 1999).

Akan tetapi, penelitian terdahulu (Tamin, dkk 2000, 2001) yang berupa penelitian Hibah Tim (Batch IV) menyimpulkan bahwa tingkat akurasi dari MAT yang diestimasi dari informasi arus lalu lintas sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: (i) pemilihan model transportasi dalam menggambarkan pola pergerakan, (ii) teknik pemilihan rute yang digunakan dalam menentukan pemilihan rute, (iii) lokasi dan jumlah data arus lalu lintas yang digunakan, (iv) kesalahan pada data arus lalu lintas, dan (v) tingkat kedalaman (resolusi) sistem zona dan sistem jaringan.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan metode penentuan jumlah optimum data arus lalu lintas yang dibutuhkan serta kajian dampak kesalahan pada data arus lalu lintas terhadap akurasi MAT yang dihasilkan.

METODOLOGI STUDI

Analisis Penentuan Jumlah Data Arus Lalu Lintas Optimum

Pada tahap ini akan dilakukan studi mengenai penentuan jumlah data arus lalu lintas optimum. Data arus lalu lintas diperoleh dari hasil survei pengumpulan data lalu lintas (*traffic count*), sehingga dengan demikian jumlah data arus lalu lintas yang diperoleh berbanding lurus dengan jumlah lokasi *traffic count* yang digunakan. Untuk memperoleh jumlah yang optimum ini akan dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) buah metode, yaitu:

Metode I (Berdasarkan Urutan Lokasi Terbaik)

Pada metode ini akan dipilih kombinasi-kombinasi jumlah data arus lalu lintas yang akan digunakan dalam penaksiran MAT yang diperoleh dari proses pembebanan suatu MAT pembanding. Kombinasi-kombinasi jumlah data tersebut dipilih bervariasi dari 1 buah data, 5 buah, 10 buah, 20 buah dan seterusnya sampai penggunaan seluruh data arus lalu lintas yang ada berdasarkan jumlah lokasi terbaik terpilih yang digunakan sebagai lokasi survei *traffic count*, serta pada metode ini dilakukan berdasarkan urutan (*rank*) dari lokasi-lokasi terbaik yang diperoleh dari studi penentuan lokasi terbaik (Suyuti dan Tamin, 2003). Jadi untuk kombinasi 10 buah data misalnya, akan dipergunakan data arus lalu lintas pada 10 buah data dari lokasi terbaik pertama dan demikian pula selanjutnya untuk kombinasi data-data lainnya.

Masing-masing kombinasi jumlah data tersebut akan dipergunakan untuk membentuk MAT yang selanjutnya disebut sebagai MAT model. Masing-masing MAT model untuk tiap kombinasi jumlah data arus lalu lintas kemudian dibandingkan kecocokannya dengan MAT pembanding.

Dengan membandingkan kesesuaian antara MAT model dan MAT pembanding (MAT 100% data) menggunakan GOF statistik, maka akan diketahui perilaku perubahan tingkat akurasi MAT terhadap jumlah data arus lalu lintas yang digunakan serta selanjutnya dapat ditentukan suatu jumlah data yang optimum.

Metode II (Berdasarkan Random Approach)

Metode ini hampir serupa dengan Metode I di atas, hanya saja pada metode ini lokasi-lokasi yang digunakan data arus lalu lintasnya diambil secara acak. Jadi lokasi mana saja yang termasuk lokasi terbaik berpeluang untuk digunakan data arus lalu lintas baik untuk kombinasi 1 buah data, 5 buah data, 10 buah data, 20 buah data, 30 buah data, dan seterusnya sampai dengan penggunaan seluruh data.

Sebagaimana halnya pada metode sebelumnya, pada metode ini akan diperoleh suatu jumlah data arus lalu lintas yang optimum. Hasil dari kedua metode ini kemudian dibandingkan dan kembali diuji tingkat keakurasian MAT-nya berdasarkan masing-masing hasil sedemikian rupa sehingga jumlah data arus lalu lintas yang optimum dan mewakili dapat diperoleh. Secara lengkap diagram alir untuk analisis penentuan jumlah data arus lalu lintas optimum dapat dilihat pada Gambar 1.

Nilai *Goodness of Fit* (GOF) statistik digunakan untuk membandingkan antara MAT observasi yang dihasilkan dari pembentukan 100% data arus lalu lintas dan MAT estimasi dari pembentukan dengan data lalu lintas menggunakan metode berdasarkan urutan lokasi terbaik (*sorted*) maupun berdasarkan urutan secara acak (*random*). Untuk studi ini nilai GOF yang digunakan adalah nilai R^2 (koefisien determinasi), yang mempunyai rumus sebagai berikut.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{d=1}^N (\hat{T}_{id} - T_{id})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{d=1}^N (\hat{T}_{id} - T_1)^2} \tag{1}$$

$$T_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{d=1}^N T_{id} \tag{2}$$

dengan:

\hat{T}_{id} = Jumlah perjalanan dari MAT hasil estimasi dari zona \underline{i} ke zona \underline{d}

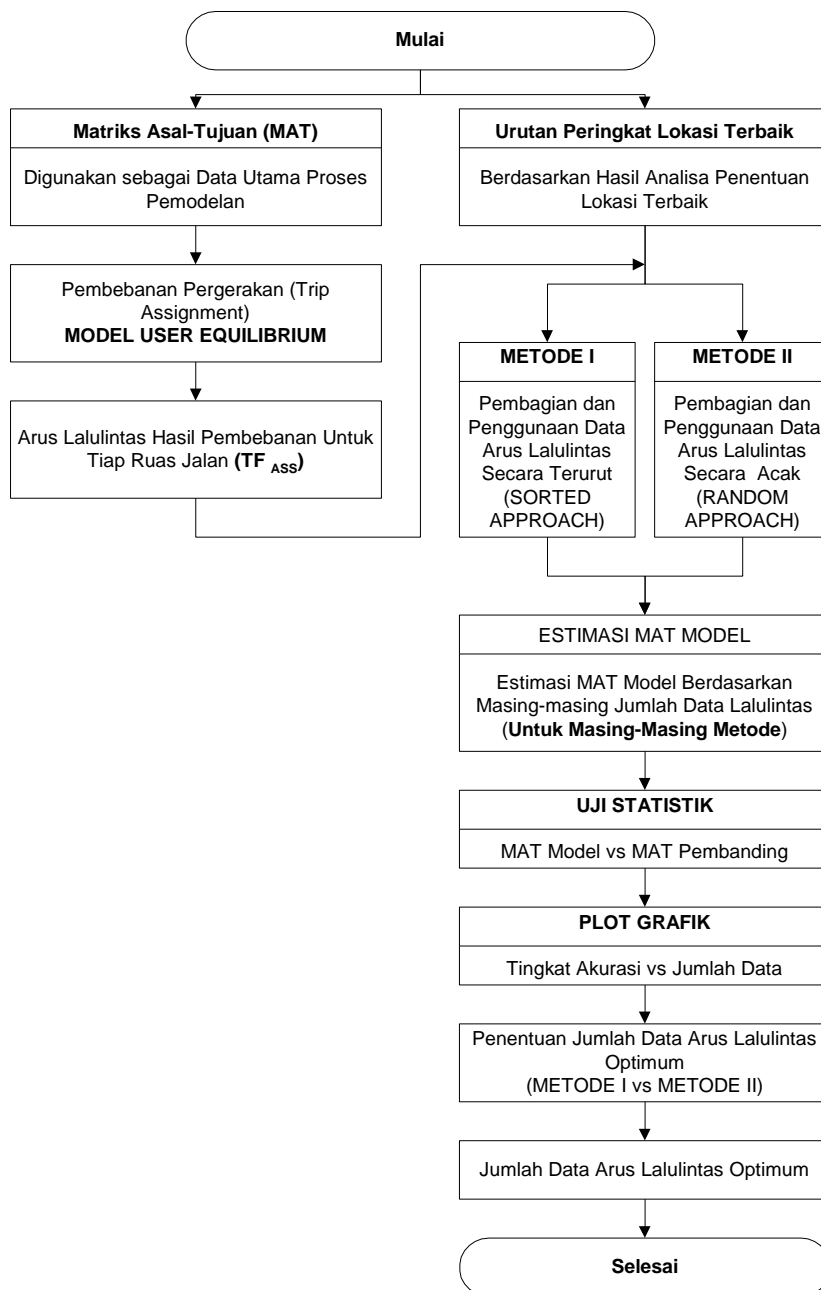
T_{id} = Jumlah perjalanan dari MAT observasi dari zona \underline{i} ke zona \underline{d}

N = Jumlah zona di dalam Sistem Jaringan

Koefisien determinasi ini mempunyai batas limit sama dengan satu (*perfect explanation*) dan nol (*no explanation*). Nilai antara kedua batas limit ini ditafsirkan sebagai persentase total variasi yang dijelaskan oleh analisis regresi.

Analisis Dampak Kesalahan pada Data Arus Lalu Lintas Terhadap Akurasi MAT

Setelah dilakukan analisis untuk menentukan jumlah optimum data arus lalu lintas seperti telah diuraikan di atas, maka tahapan selanjutnya adalah mengkaji dampak kesalahan pada data arus lalu lintas terhadap akurasi MAT yang dihasilkannya.



Gambar 1 Diagram Alir Analisis Penentuan Jumlah Data Arus Lalu lintas Optimum

Dalam proses estimasi MAT maka masukan utama yang diperlukan adalah data arus lalu lintas. Proses pengumpulan data arus lalu lintas akan selalu mengandung kesalahan. Hal ini dapat disebabkan karena kesalahan pada saat pencatatan (*human error*). Dalam hal praktis, hal ini sangat dimungkinkan karena keterbatasan tenaga surveyor atau karena tingginya arus lalu lintas. Secara umum, besarnya kesalahan sangat ditentukan dari kualitas dan kondisi survei, surveyor dan peralatan survei yang digunakan. Akan tetapi, peningkatan kualitas survei, surveyor dan lain-lain hanya dapat mengurangi tingkat kesalahan, tetapi bukan menghilangkannya. Oleh sebab itu, maka sangatlah

diperlukan pengkajian pengaruh tingkat kesalahan pada data arus lalu lintas terhadap akurasi MAT yang dihasilkan dari data tersebut.

Proses pengkajian pengaruh tingkat kesalahan pada data arus lalu lintas terhadap akurasi MAT adalah dengan cara pengujian dengan skenario kesalahan. Skenario kesalahan yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah pemberian suatu faktor kesalahan pada data arus lalu lintas. Data arus lalu lintas diestimasi sehingga menghasilkan suatu matriks estimasi. Selanjutnya matriks estimasi tersebut dibebankan dan hasilnya dianggap sebagai arus dengan kesalahan 0%. Selanjutnya arus tersebut diberi faktor kesalahan dan kemudian diestimasi lagi. Arus hasil pembebanan matriks estimasi dengan skenario kesalahan tersebut dibandingkan dengan arus skenario kesalahan 0%, untuk melihat pengaruh dari pemberian skenario kesalahan pada data arus lalu lintas.

Faktor kesalahan yang diberikan merupakan suatu kelompok bilangan yang memiliki sebaran normal dengan rentang kesalahan tersebut, misalnya berkisar dari -10% sampai +10%. Pengujian dengan skenario kesalahan pada studi ini diberikan pada rentang 10%, dimulai dari 0% sampai 100%.

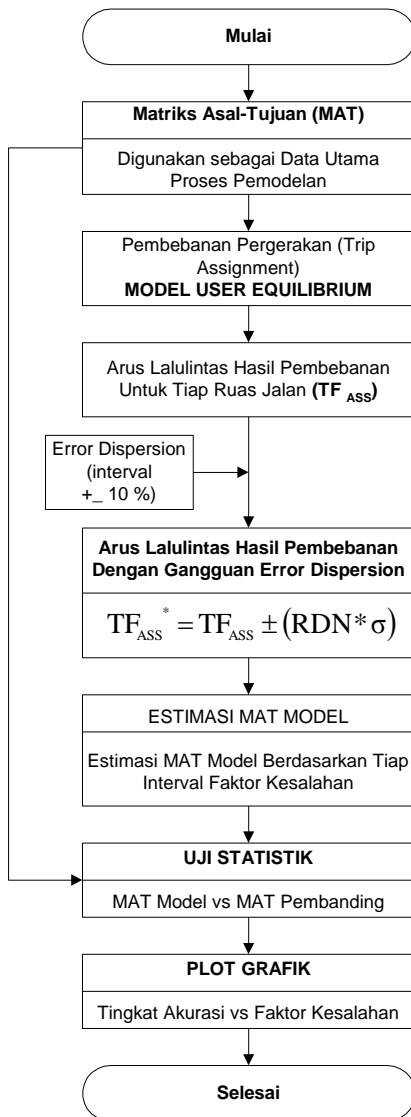
Masing-masing rentang faktor kesalahan tersebut dilakukan dengan cara menambahkan suatu *error dispersion* (untuk mengakomodasi kemungkinan terjadinya kesalahan pada saat survei *traffic count*). Selanjutnya arus lalu lintas dengan *error dispersion* akan dipergunakan untuk membentuk MAT yang selanjutnya disebut sebagai MAT model. Masing-masing MAT model untuk tiap rentang kesalahan (dari 10% sampai dengan 100%) kemudian dibandingkan kecocokannya dengan MAT pembandingan.

Nilai *Goodness of Fit* (GOF) statistik juga digunakan untuk membandingkan antara MAT observasi yang dihasilkan dari pembentukan data arus lalu lintas dengan *error-free* (kesalahan 0%) dan MAT estimasi dari pembentukan dengan data lalu lintas untuk masing-masing rentang faktor kesalahan dari 10% sampai dengan 100% (dengan rentang tiap 10%). Untuk studi ini nilai GOF yang digunakan adalah juga nilai R^2 (koefisien determinasi), seperti yang digunakan untuk menentukan jumlah optimum data arus lalu lintas. Proses analisis dampak kesalahan data arus lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.

DAERAH KAJIAN

Batas wilayah studi yang digunakan pada studi ini adalah meliputi wilayah Kota Bandung dan sekitarnya. Pembagian zona internal pada daerah studi Kota Bandung didasarkan pada batas administrasi kelurahan, dengan pertimbangan bahwa sesuai dengan ketersediaan data serta intensitas perjalanan yang semakin besar ketika mendekati pusat kota. 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 yang mewakili sisi permintaan perjalanan di wilayah studi yang terdiri dari total sebanyak 125 zona dengan perincian 100 zona internal di wilayah Kota Bandung dan 25 zona eksternal di wilayah Kabupaten Bandung, Kota Cimahi, dan Kabupaten Sumedang. Model jaringan jalan yang dibentuk sebagai wakil suplai jaringan jalan terdiri dari sekitar 1.238 ruas (total 2.279 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 di luar Kota Bandung.



Gambar 2 Diagram Alir Analisis Dampak Kesalahan Data Arus Lalu lintas

HASIL ANALISIS

Penentuan Jumlah Data Arus Lalu lintas Optimum

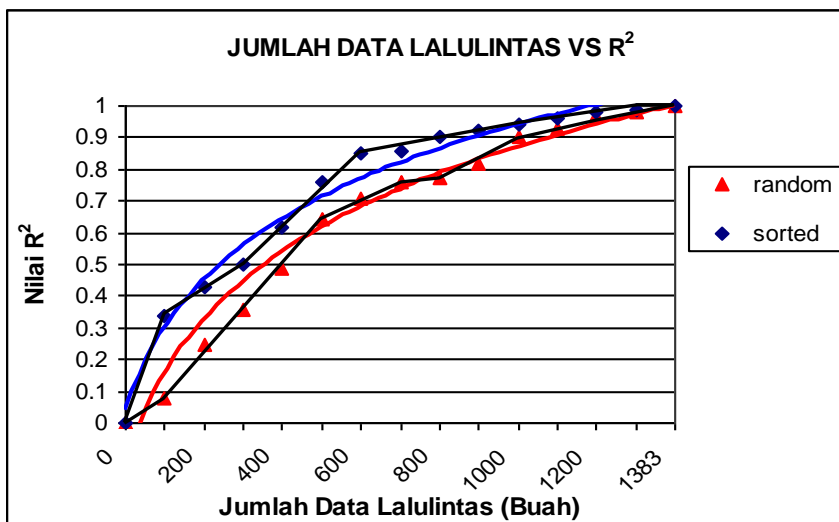
Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa analisa penentuan jumlah data arus lalu lintas optimum ini dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) pendekatan, yaitu pendekatan terurut berdasarkan hasil peringkat urutan lokasi terbaik (*sorted*) dan pendekatan acak dari lokasi tersebut (*random*). Kedua metode ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dan sensitivitas peringkat ruas yang telah ditentukan terhadap keakurasian MAT yang dibentuk.

Selanjutnya, hasil pilihan kombinasi-kombinasi jumlah data arus lalu lintas akan digunakan untuk penaksiran MAT. Dengan membandingkan kesesuaian antara MAT model dan MAT pembandingan (100% data) menggunakan GOF statistik, maka akan diketahui perilaku perubahan

tingkat akurasi MAT terhadap jumlah data arus lalu lintas yang digunakan serta selanjutnya dapat ditentukan suatu jumlah data yang optimum. Kombinasi jumlah data arus lalu lintas yang digunakan adalah dimulai dari 100 buah data, 200 buah data, 300 buah data dan seterusnya dengan interval 100 buah data sampai dengan 1383 buah data (100% data arus lalu lintas).

Proses pembentukan MAT model berdasarkan data arus lalu lintas yang ada yang dilakukan pada masing-masing metode dan selanjutnya dilakukan uji statistik (*goodness of fit*) terhadap suatu MAT yang digunakan sebagai input dan juga sekaligus sebagai MAT pembanding. Uji statistik yang dilakukan menggunakan parameter *Goodness of Fit* (R^2) yang menunjukkan tingkat akurasi MAT model terhadap MAT pembanding (MAT 100%). Dalam parameter R^2 , semakin R^2 mendekati 1, maka tingkat akurasi MAT model yang diperoleh akan semakin baik.

Pada analisis ini untuk metode I akan dilakukan berdasarkan data arus lalu lintas yang penentuan peringkat lokasinya berdasarkan studi penentuan lokasi terbaik. Sedangkan untuk metode II, pengambilan data arus lalu lintas yang akan digunakan untuk analisa dilakukan secara acak (*random*). Hasil uji statistik MAT model terhadap MAT pembanding (100% data) untuk kedua metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Hubungan Jumlah Data Lalu Lintas–Keakurasian MAT untuk Parameter R^2 untuk Data Sesungguhnya

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa penggunaan 500 buah data (36% data) arus lalu lintas dapat menghasilkan MAT model yang mempunyai tingkat akurasi cukup tinggi terhadap MAT pembanding (100% data) untuk metode I. Hal tersebut diindikasikan dengan nilai R^2 yang dihasilkan yaitu mencapai 0,8. Sedangkan jika hanya digunakan 400 buah data (29% data) maka tingkat keakurasian menurun menjadi 0,6. Sedangkan pada metode II tingkat keakurasian MAT model yang mendekati MAT pembanding dapat dicapai pada penggunaan data lalu lintas sebanyak 700 buah data (51%) data dengan menggunakan indikator R^2 sebesar 0,8.

Jika dibandingkan penggunaan data lalu lintas secara terurut (*sorted*) maka penggunaan data secara acak (*random*) menunjukkan tingkat kinerja yang lebih rendah. Sehingga dalam hal ini

penggunaan metode penentuan lokasi terbaik data arus lalu lintas sangat bermanfaat dalam penentuan jumlah optimum data arus lalu lintas yang diperlukan.

Analisis Pengaruh Kesalahan Data Arus Lalu Lintas

Analisis pengaruh kesalahan data arus lalu lintas pada data buatan dimaksudkan untuk meninjau pengaruh pemberian skenario kesalahan pada tingkat akurasi MAT dibandingkan jika diasumsikan tidak ada kesalahan pada saat estimasi MAT (*error-free*).

Skenario kesalahan yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah pemberian suatu faktor kesalahan pada data arus lalu lintas. Data arus lalu lintas yang dihasilkan dalam analisis sebelumnya (analisis lokasi terbaik dan jumlah optimum data arus lalu lintas) dianggap sebagai arus dengan kesalahan sebesar 0%. Arus lalu lintas tersebut diestimasi sehingga menghasilkan suatu matriks observasi (MAT observasi). Selanjutnya arus lalu lintas tersebut diberi faktor kesalahan dan kemudian diestimasi lagi. MAT hasil estimasi tersebut (MAT estimasi) dibandingkan dengan MAT observasi (MAT dengan arus skenario kesalahan 0%), untuk melihat pengaruh dari pemberian skenario kesalahan terhadap keakurasian MAT yang dihasilkannya.

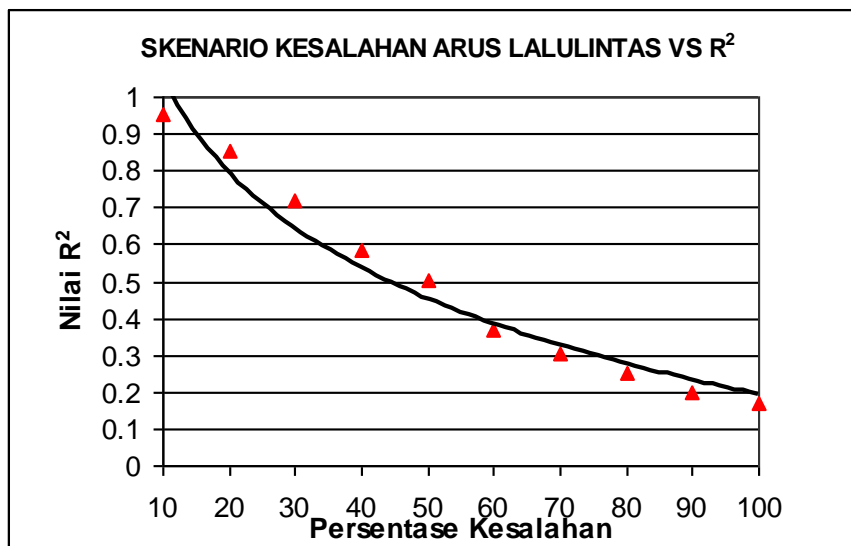
Faktor kesalahan yang diberikan merupakan suatu kelompok bilangan yang memiliki sebaran normal dengan rentang kesalahan tertentu, misalnya berkisar dari -10% sampai +10%. Pengujian dengan skenario kesalahan pada data buatan ini diberikan pada rentang 10%, dimulai dari 0% sampai 100%. Kelompok bilangan yang digunakan untuk pemberian skenario kesalahan ini didasarkan pada pembentukan sebaran normal (*normal distribution*).

Dalam penelitian ini, uji statistik juga digunakan untuk membandingkan MAT hasil estimasi dengan pemberian skenario kesalahan dan MAT observasi yang didasarkan pada arus dengan kesalahan 0%. Uji statistik yang dilakukan juga menggunakan parameter *Goodness of Fit* (GOF) R^2 yang menunjukkan tingkat akurasi MAT model terhadap MAT pembanding (kesalahan 0%). Dalam parameter R^2 , semakin R^2 mendekati 1, maka tingkat akurasi MAT model yang diperoleh akan semakin baik.

Hasil dari perbandingan statistik untuk masing-masing skenario kesalahan terhadap skenario kesalahan 0% yang dinyatakan dengan nilai R^2 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1 Hasil Uji Statistik MAT Skenario Kesalahan Terhadap Skenario Kesalahan 0%

No.	Skenario Kesalahan Data Arus Lalu lintas	R^2
1	10%	0,956
2	20%	0,851
3	30%	0,717
4	40%	0,586
5	50%	0,501
6	60%	0,366
7	70%	0,304
8	80%	0,249
9	90%	0,200
10	100%	0,170



Gambar 4 Hasil Uji Statistik Skenario Kesalahan Data Arus Lalu Lintas dengan Skenario Kesalahan 0%

Dari hasil pada Tabel 1 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa kesalahan pengumpulan data arus lalu lintas masih bisa ditolerir sampai dengan $\pm 20\%$ dari data arus lalu lintas sesungguhnya. Hal itu dibuktikan dengan nilai R^2 yang masih mencapai 0,8 pada skenario kesalahan $\pm 20\%$. Jika kesalahan dilakukan pada $\pm 30\%$, maka nilai R^2 akan turun menjadi 0,7.

KESIMPULAN

Pada kegiatan penelitian ini telah dikembangkan suatu metode penentuan jumlah optimum data arus lalu lintas serta kajian dampak pengaruh kesalahan pada data arus lalu lintas terhadap tingkat akurasi MAT yang dihasilkan. Proses analisis dilakukan terhadap data di Kota Bandung dan sekitarnya. Untuk kondisi kota Bandung diperlukan proses analisis terhadap 125 zona dan 2279 ruas jalan.

Hasil seleksi urutan/rangking lokasi terbaik *traffic count* yang telah dihasilkan pada studi sebelumnya, digunakan untuk menentukan jumlah optimum data arus lalu lintas yang diperlukan untuk menghasilkan MAT dengan tingkat keakurasian yang cukup tinggi. Sebagai perbandingan digunakan urutan lokasi secara acak/*random*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penentuan jumlah optimum data lalu lintas melalui proses seleksi urutan lokasi terbaik mempunyai hasil yang jauh lebih baik dibandingkan penentuan jumlah optimum secara acak (*random*). Dari 1383 ruas jalan yang digunakan, sebanyak 500 data ruas jalan dianggap sebagai jumlah optimum yang diperlukan untuk menghasilkan MAT berakurasi tinggi. Jumlah tersebut merupakan 36% dari jumlah ruas hasil seleksi lokasi terbaik serta 22% dari total ruas jalan yang ada di Kota Bandung dan sekitarnya.

Hasil analisis untuk data Kota Bandung juga menunjukkan bahwa tingkat kesalahan dalam pengumpulan data arus lalu lintas sebesar $\pm 20\%$ merupakan kesalahan yang masih bisa ditolerir, untuk menghasilkan MAT dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Jika tingkat kesalahan lebih besar dari nilai tersebut, maka akan berdampak pada penurunan keakurasian MAT yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nguyen, S. 1982. *Estimating Origin: Destination Matrices from Observed Flows*. Proceeding of the 1st Course on Transportation Planning of the International School of Transportation Planning. Amalfi, Italy.
- Suyuti, R. dan Tamin, O.Z. 2003. *Penentuan Lokasi Terbaik dan Jumlah Optimum Data Arus Lalu Lintas Dalam Estimasi Matriks Asal-Tujuan Pada Kondisi Pemilihan Rute Keseimbangan*. Makalah disajikan dalam Simposium VI FSTPT, Universitas Hasanuddin Makassar, 4–5 September.
- Tamin, O.Z. 1988. *The Estimation of Transport Demand Models From Traffic Counts*. Disertasi tidak diterbitkan. London: University College London.
- Tamin, O.Z. 1997. *Application of Transport Demand Models for Inter-Regional Vehicle Movements in West Java (Indonesia)*. Proceedings of the 2nd Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Seoul, Korea.
- Tamin, O.Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* (edisi 2). Bandung: Penerbit ITB.
- Tamin, O.Z. and Willumsen, L.G. 1988. Transport Demand Model Estimation from Traffic Counts. *Journal of Transportation, UK*.
- Tamin, O.Z. dan Sjafruddin, A. 1999. *Konsep Pemanfaatan Data Arus Lalu Lintas Untuk Menghasilkan Matriks Asal-Tujuan Nasional dan Potensi Penggunaannya Dalam Pengembangan Sistem Jaringan Jalan*. Prosiding Simposium II, FSTPT, Institut Teknologi 10 November Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- 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. 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., Hidayat, H., and Sjafruddin, A. 1999. Dynamic Origin–Destination (OD) Matrices Estimation From Real Time Traffic Count Information. *The 3rd Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 3(6): 37–52.
- Tamin, O.Z., Soedirdjo, T.L., dan Suyono, R.S. 2000. *Penentuan Lokasi Terbaik dan Jumlah Optimum Data Arus Lalu lintas Dalam Estimasi Matriks Asal-Tujuan (MAT)*. Makalah disajikan dalam Seminar on Science and Technology 2000, HEDS-JICA, FT-Unand, Padang.
- Willumsen, L.G. 1981b. *Simplified Transport Model Based on Traffic Counts*, *Transportation* 10, (page 257–278). Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.