

ESTIMASI MATRIK ASAL TUJUAN DARI DATA ARUS LALU LINTAS DENGAN METODE ESTIMASI ENTROPI MAKSIMUM MENGUNAKAN PIRANTI LUNAK EMME/3 (STUDI KASUS KOTA SURAKARTA)

Zuli Astria

Mahasiswa Teknik Sipil
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A
Surakarta Telp. (0271) 647069
zastria@gmail.com;

Syafi'i

Dosen Teknik Sipil
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A
Surakarta Telp. (0271) 647069
syafii_hn@yahoo.com;

Slamet Jauhari Legowo

Dosen Teknik Sipil
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A
Surakarta Telp. (0271) 647069
slametlegowo@gmail.com;

Abstract

The complexity of transportation problems is inline with with increasing number of individual trips in achieving subsistence. Therefore it is necessary to do research on the estimation of the amount of movement from the origin zone to destination zone in an origin-destination matrix (O-D Matrix). The purpose of this study was to estimate the O-D Matrix 2015 from the traffic flows data that exist with the Maximum Entropy method. To see the results of traffic flow assignment, estimation of the O-D Matrix 2015 and prior matrix, this study was using the help of the program EMME / 3. Matrix estimation results were also used to find the value of the parameter β which is the barrier function Tanner. Calibration method used was the Gravity Model with with trip attraction constraint. By Matlab Project programming software the value of β 0,001. The results of traffic flow assignment is 47549,17 pcu / h and the value of R^2 is 0.8178 from validity test.

Key Words: Estimation, Maximum Entropy, O-D Matrix, Traffic Flow, Value of β , Validity Test

Abstrak

Kompleksnya masalah transportasi sebanding dengan dengan meningkatnya jumlah pergerakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang estimasi jumlah pergerakan dari zona asal menuju zona tujuan dalam suatu matrik asal-tujuan (MAT). Tujuan dari penelitian ini adalah dengan mengestimasi MAT 2015 dari data arus lalu lintas yang ada dengan metode Entropi Maksimum. Untuk melihat jumlah arus lalu lintas yang dibebankan ke jaringan jalan, estimasi MAT 2015 dan data matrik sebelumnya, penelitian ini menggunakan bantuan program EMME/3. Matrik hasil estimasi ini juga digunakan untuk mencari nilai β yang merupakan parameter dari fungsi hambatan Tanner. Metode kalibrasi yang digunakan adalah Model Gravity dengan batasan bangkitan-tarikan pergerakan. Dengan bantuan aplikasi perangkat lunak pemrograman Matlab didapatkan nilai β sebesar 0,001. Hasil pembebanan arus lalu lintasnya sebesar 47549,17 smp / jam dan nilai R^2 adalah 0,8178 dari uji validitas.

Kata Kunci: Estimasi, Metode Entropi Maksimum, MAT, Arus Lalu Lintas, Nilai β , Uji Validitas

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah pergerakan sebanding dengan semakin banyaknya kebutuhan manusia. Hal ini berarti permasalahan yang timbul akan lebih kompleks, terutama masalah transportasi. Untuk mengatasi masalah transportasi tersebut maka perlu dilakukan perencanaan yang baik. Salah satu cara dalam perencanaan transportasi adalah memodelkan distribusi perjalanan dalam suatu Matrix Asal-Tujuan (MAT). MAT ini dapat

merepresentasikan kebutuhan perjalanan dari zona asal ke zona tujuan karena sel-sel MAT berisi sebaran pergerakan berupa arus kendaraan yang diseragamkan dalam bentuk satuan mobil penumpang. MAT ini diestimasi dari matrik terdahulu (prior matrik) tahun 2013 dan hasil survei perhitungan arus lalu lintas di lapangan. Selanjutnya data tersebut dibebankan ke jaringan jalan sehingga akan menghasilkan arus lalu lintas hasil pemodelan. Arus lalu lintas hasil survei di lapangan dan arus lalu lintas hasil pemodelan ini jika dibandingkan nilainya mendekati 1 maka model ini sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi MAT 2015 dari data arus lalu lintas yang ada dengan data matrik terdahulu dengan metode yang digunakan adalah Entropi Maksimum. Metode Entropi Maksimum berasumsi bahwa persoalan pokok pada perkiraan matrik perjalanan dari data lalu lintas adalah identifikasi pasangan asal-tujuan yang menggunakan ruas tertentu sebagai bagian dari perjalanannya.

Salah satu parameter yang digunakan dalam metode Entropi Maksimum adalah nilai β . Dalam mencari besarnya nilai β perlu dilakukan kalibrasi model sampai nilai β mencapai batas konvergensinya. Kalibrasi yang digunakan adalah metode kalibrasi Newton-Raphson.

KAJIAN PUSTAKA

Syafi'i, dkk (2009) menyatakan bahwa dalam konteks perencanaan transportasi, salah satu hal yang sangat penting yang harus diketahui adalah potensi kebutuhan perjalanan dari satu zona (daerah) asal ke zona tujuan yang merupakan pencerminan distribusi perjalanan dari zona asal ke zona tujuan. Kebutuhan perjalanan ini pada umumnya direpresentasikan dengan Matrik Asal-Tujuan (MAT) perjalanan atau *Origin-Destination (OD) Matrix*.

Sedangkan menurut Miro (2002), distribusi perjalanan merupakan jumlah perjalanan yang bermula dari suatu zona asal menyebar ke banyak zona tujuan atau sebaliknya, jumlah perjalanan yang datang mengumpul di suatu zona tujuan yang berasal dari sejumlah zona asal. Distribusi perjalanan ini sangat membantu kita untuk melihat dengan mudah apa yang disebut dengan pola perjalanan antar zona. Oleh karena itu, untuk melihat pola perjalanan antar zona yang berupa arus pergerakan dalam area studi selama periode waktu tertentu digunakan sebuah alat berupa matrik berdimensi dua yang disebut dengan Matrik Pergerakan atau Matrik Asal Tujuan (MAT).

Selain dari dua sumber di atas penelitian ini juga mengacu pada penelitian terdahulu yang membahas tentang estimasi MAT yang bisa dilihat pada Tabel 1.

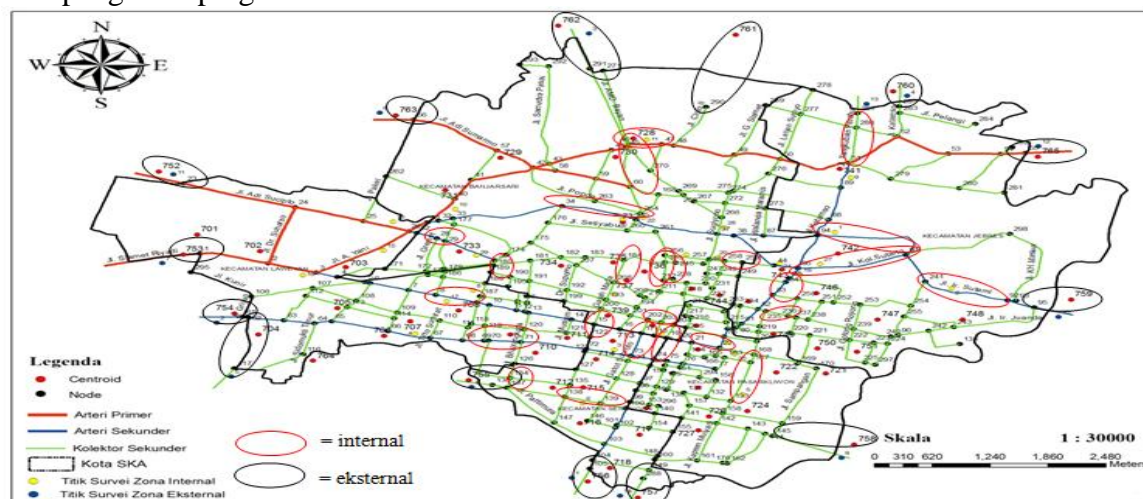
Tabel 1 Resume Hasil Penelitian Estimasi Matrik Asal Tujuan

NO	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL PENELETIAN	APLIKASI	HASIL
1	Revi Widyastuti	2007	Estimasi Matrik Asal Tujuan dari Data Lalu Lintas dengan Metode Entropi Maksimum	SATURN	total pergerakan 31690,6 smp/jam nilai β -0,00121 R2 sebesar 0,8816.

NO	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL PENELETIAN	APLIKASI	HASIL
2	Nurmalia	2009	Estimasi Matrik Asal Tujuan denga Piranti Lunak EMME/3	EMME/3	total pergerakan 34130,53 smp/jam R2 sebesar 0,867.
3	Alfiyani Yogaturida Isnaini	2012	Estimasi Matrik Asal Tujuan dengan Batasan Tarikan Pergerakan dengan Metode Kalibrasi Newton-Raphson di Surakarta	EMME/3	total pergerakan 32773,68 smp/jam nilai β -0,15127 R2 sebesar 0,8683.
4	Niken Puspitasari	2013	Estimasi Matrik Asal Tujuan Model Gravity dengan Fungsi Hambatan Tanner	EMME/3	total pergerakan 37298,98 smp/jam nilai β 0,0006 R2 sebesar 0,77.
5	Hendrawati Pamungkas	2013	Estimasi Matrik Asal Tujuan Model Gravity dengan Fungsi Hambatan Exponensial Negative	EMME/3	total pergerakan 37298,98 smp/jam nilai β -0,00042 R2 sebesar 0,77.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di ruas-ruas jalan arteri dan kolektor Kota Surakarta seperti yang terlihat pada Gambar 1. Karena Kota Surakarta berbatasan langsung dengan kabupaten lain seperti Kabupaten Karanganyar dan Boyolali (utara), Kabupaten Karanganyar (timur), Kabupaten Sukoharjo (selatan), dan Kabupaten Sukoharjo dan Karanganyar (barat), maka lokasi survei tidak hanya dilakukan di ruas-ruas jalan dalam zona internal tetapi juga di ruas-ruas jalan yang menghubungkan zona internal-eksternal yang secara langsung akan mempengaruhi pergerakan di Kota Surakarta.



Gambar 1 Peta Jaringan Jalan Kota Surakarta

Data primer hasil observasi ini berdasarkan sistem zona sampai tingkat kelurahan. Sehingga jumlah sel matriknya sesuai dengan jumlah kelurahan di Kota Surakarta yaitu sebanyak 56 kelurahan dan ditambah 9 kelurahan dari zona eksternal (Kabupaten Karanganyar, Sukoharjo, dan Boyolali).

Seperti yang terlihat pada Tabel 1 survei arus lalu lintas dilaksanakan di 15 ruas jalan arteri dan kolektor di Kota Surakarta yang dianggap memiliki peningkatan arus lalu lintas tinggi. Sedangkan untuk ruas jalan yang lain, arus lalu lintasnya dianggap sama dengan arus lalu lintas tahun-tahun sebelumnya dikali dengan faktor pertumbuhan arus lalu lintas sebesar 3,14% per tahunnya.

Tabel 2 Lokasi Survei Arus Lalu Lintas

No.	Node	Nama Jalan	No.	Node	Nama Jalan
1	86/91	Kolonel Sutarto	19	134/137	Bayangkara
2	133/167	Kapten Mulyadi	20	212/185	S. Parman
3	235/236	Ir. Djuanda	21	8/9	Slamet Riyadi
4	298/91	Ki Hajar Dewantoro	22	258/259	Monginsidi
5	189/180	Dr. Moewardi	23	138/139	Veteran
6	94/91	Tentara Pelajar	24	203/202	Ronggowarsito
7	184/208	Gajah Mada	25	28/29	Adi Sucipto
8	45/60	Kapten Tendean	26	62/117	Joko Tingkir
9	83/84	Urip Sumoharjo	27	56/C63	Adi Sumarmo
10	21/22	Slamet Riyadi	28	55/C65	Ring Road
11	34/35	Ahmad Yani	29	95/C59	Palur
12	45/47	Sumpah Pemuda	30	105/C56	Yos Sudarso
13	70/71	Dr. Radjiman	31	290/C61	Clolo
14	73/17	Gatot Subroto	32	285/C60	Brigjen Katamso
15	19/74	Yos Sudarso	33	288/C57	Brigjen Sudiarto
16	15/122	Honggowongso	34	145/C58	Kyai Mojo
17	92/241	Ir. Sutami	35	136/C55	Veteran
18	51/286	Tangkuban Perahu	36	23/C52	Adi Sucipto

Hasil survey arus lalu lintas kemudian diolah berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Hasil olahan data tersebut berupa arus hasil pengamatan dalam satuan smp/jam. Sedangkan data mengenai kapasitas, waktu tempuh, basis data jaringan jalan, dan koordinat diambil dari skripsi terdahulu karena nilainya sama (tidak ada penambahan ruas jalan di Kota Surakarta). Matrik hasil penelitian sebelumnya digunakan sebagai *prior matrix* dalam penelitian ini terlihat pada Tabel 2. Selanjutnya data-data yang telah diolah ini diinputkan ke software EMME/3 untuk mendapatkan estimasi matrik yang baru tahun 2015 dan arus hasil pembebanannya.

Tabel 3 Prior Matrix (2013)

Zona	701	702	703	704	705	Dst	Oi
701	0,00	23,77	1,75	12,04	8,71	.....	1348,90
702	26,60	0,00	0,05	0,50	0,04	.....	66,14
Dst	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dd	1273,60	109,02	427,32	598,40	227,81	.....	32042,66

Konsep Model Gravity sebagai Model Sebaran Pergerakan

Tamin (2000) menyatakan bahwa model *Gravity* berasumsi bahwa ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, misalnya populasi dan nilai sel MAT yang berkaitan dengan aksesibilitas sebagai fungsi jarak, waktu, atau biaya. Model *Gravity* untuk keperluan transportasi menyatakan bahwa pergerakan antar zona asal i dan zona tujuan d berbanding lurus dengan O_i dan D_d dan berbanding terbalik kuadratis terhadap jarak antara kedua zona tersebut.

$$T_{id}^1 = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \quad (1)$$

T_{id}^1 = Jumlah pergerakan dari zona asal i ke zona tujuan d
 A_i, B_d = Faktor penyeimbang untuk setiap zona asal i dan tujuan j
 O_i = Total pergerakan dari zona asal i
 D_d = Total pergerakan ke zona tujuan d
 $f(C_{id})$ = Fungsi umum biaya perjalanan (fungsi hambatan).

Dalam penelitian ini, fungsi hambatan yang digunakan adalah fungsi hambatan Tanner.

$$f(C_{id}) = C_{id}^{-\beta} \cdot e^{-\beta C_{id}} \quad (2)$$

Karena penelitian ini menggunakan batasan bangkitan-tarikan pergerakan (PACGR), maka faktor penyeimbang yang digunakan untuk menghitung jumlah pergerakannya mempunyai syarat batas yang berbeda antara konstanta A_i dan B_d .

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i \cdot O_i \cdot f_{id})} \quad \text{for all } d \quad (3)$$

$$A_i = \frac{1}{\sum_i (B_d \cdot D_d \cdot f_{id})} \quad \text{for all } i \quad (4)$$

Konsep Metode Entropi Maksimum

persoalan pokok pada perkiraan matrik perjalanan dari data lalu lintas adalah identifikasi pasangan asal-tujuan yang menggunakan ruas tertentu sebagai bagian dari perjalanannya. Variabel ini dinamakan P_{ija} , yaitu proporsi perjalanan dari asal i ke tujuan j yang menggunakan ruas a . Arus pada ruas a (V_a) adalah penjumlahan seluruh kontribusi perjalanan antara setiap pasangan zona pada ruas tersebut.

$$V_a = \sum_{ij} T_{ij} P_{ija} \quad (5)$$

Batasan: $0 \leq P_{ija} \leq 1$

Batas persamaan 5 memberikan hasil yang sempurna jika arus pada ruas a dari hasil pemodelan sama dengan arus dari hasil pengamatan seperti persamaan 6.

$$V \hat{a} = V_a = \sum_{ij} T_{ij} \cdot P_{ija} \quad (6)$$

Dengan:

T_{ij} = Matrik perjalanan sebenarnya

P_{ija} = Proporsi perjalanan dari i ke j yang menggunakan a

V_a = Arus dari ruas a yang didapat dari hasil pemodelan

$V_{\hat{a}}$ = Arus di ruas a dari hasil pengamatan

Model *Matrix Estimation by Maximum Entropy* yang dikembangkan oleh Wilmsen memberikan persamaan dasar untuk kedua pendekatan diatas sebagai persamaan 7 atau 8 berikut:

$$T_{ij} = \prod_a X_a^{P_{ija}} \quad (7)$$

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \prod_a X_a^{P_{ija}} \quad (8)$$

Dengan:

t_{ij} = Perkiraan matrik perjalanan (misal dari survei sebelumnya)

X_a = Faktor penyeimbang (*balancing factor*) yang dipilih sedemikian rupa sehingga batasan persamaan 5 terpenuhi.

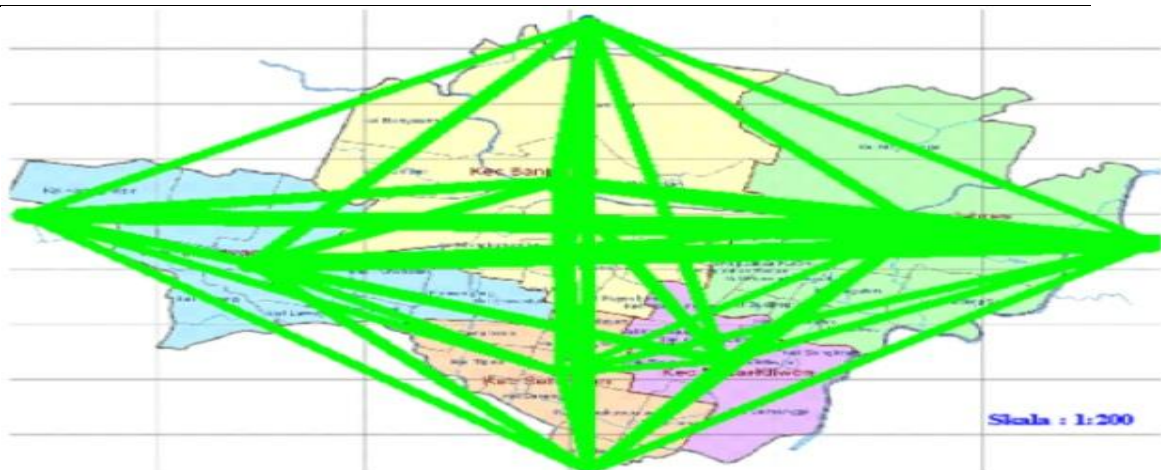
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan prior matrik dan data arus lalu lintas hasil pengamatan berupa matrik estimasi tahun 2015 seperti terlihat pada Tabel 4. Matrik baru hasil pemodelan ini selain untuk mencari nilai β juga digunakan sebagai data input untuk pembebanannya. Hasil pembebanan kemudian digunakan untuk uji validitas arus hasil pemodelan terhadap arus lalu lintas hasil pengamatan di lapangan.

Untuk gambaran sebaran pergerakan kota Surakarta berdasarkan garis keinginan (*desire line*) bisa dilihat pada Gambar 2.

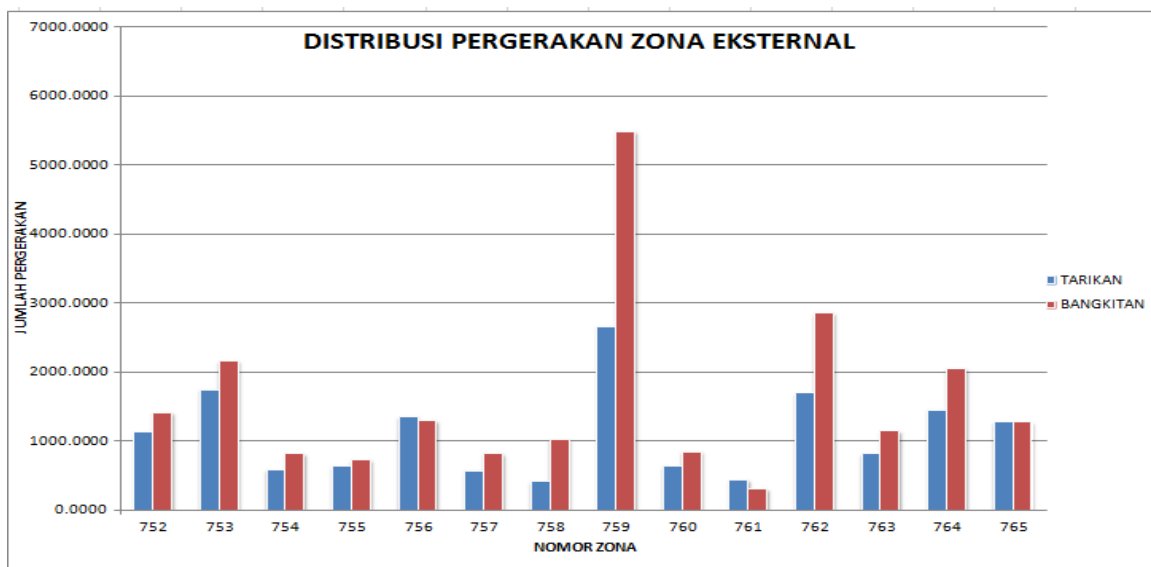
Tabel 4 MAT Hasil Estimasi (2015)

Zona	701	702	703	704	705	Dst	Oi
701	0	7.7097707	14.538082	28.447468	8.705794	.....	1496.437919
702	55.0158972	0	6.1592962	11.900694	3.688253	.....	675.156279
703	6.7027641	0.3979525	0	1.6725312	0.5729732	.....	99.677454
Dst	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dd	2197.59186	132.44167	308.46501	607.13076	199.77117	.....	47549.17

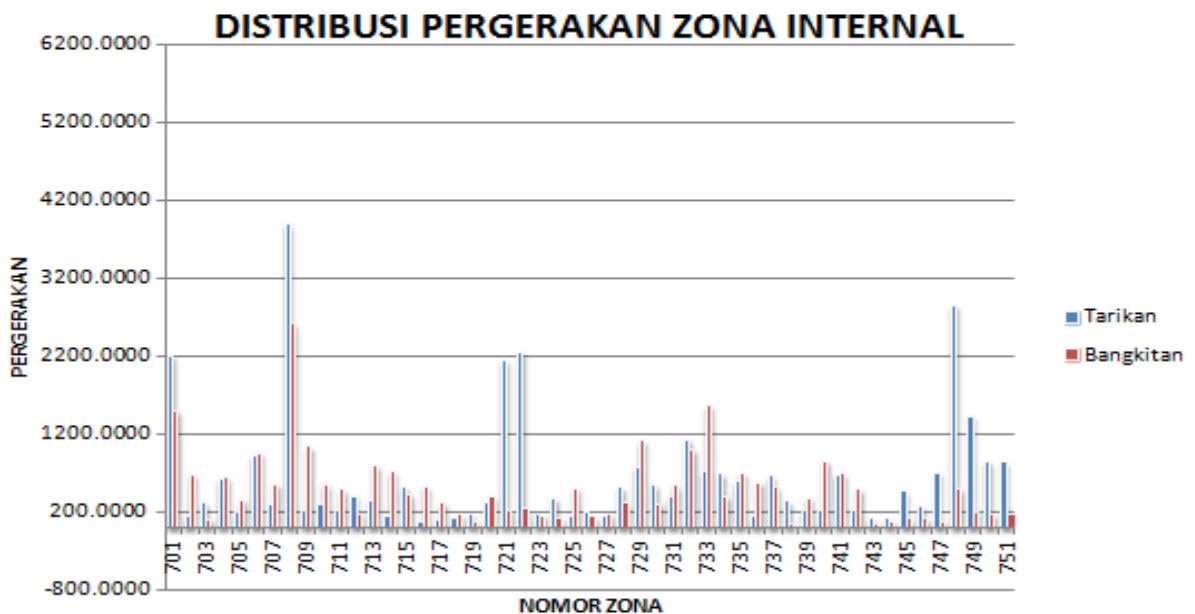


Gambar 2 Garis Keinginan (Desire Line) Kota Surakarta pada Tahun 2015

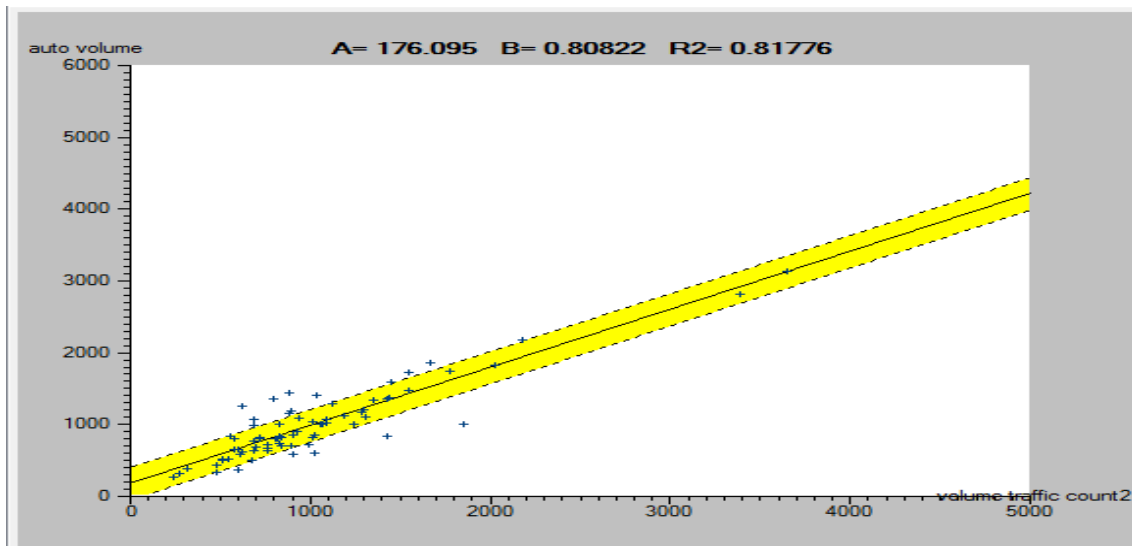
Berdasarkan MAT hasil estimasi, bangkitan pergerakan yang terjadi di zona eksternal adalah 22234,01 smp / jam dan tarikan pada zona eksternal adalah 15437,68 smp/jam. Sedangkan nilai bangkitan pergerakan yang terjadi di zona internal adalah 25315,17 smp / jam dan tarikan pada zona internal adalah 32111,50 smp/jam. Untuk grafik distribusi zona internal dan eksternal pada Surakarta dapat dilihat pada Gambar 3 (a zona eksternal dan b zona internal). Seperti terlihat dalam Gambar 4, tingkat validitasnya adalah 0,8178 yang berarti faktor kesalahannya 18,22%. Dan karena nilai validitasnya mendekati 1, maka berarti model ini hampir mendekati kondisi nyata di lapangan.



Gambar 3a Grafik Distribusi Pergerakan Zona Eksternal 2015



Gambar 3a Grafik Distribusi Pergerakan Zona Eksternal 2015



Gambar 4 Diagram Uji Validitas Perbandingan Volume Pengamatan dengan Volume Pemodelan dengan EMME/3

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilaksanakan untuk mengestimasi MAT di Kota Surakarta dari data arus lalu lintas dengan batasan bangkitan pergerakan menggunakan metode kalibrasi Newton-Raphson, didapat nilai β adalah 0,001. Hal ini berarti pergerakan yang terjadi di Kota Surakarta tidak dipengaruhi oleh biaya. Yang artinya biaya bukan faktor utama yang mengakibatkan terjadinya pergerakan.

Sedangkan dari hasil pemodelan dengan bantuan aplikasi software EMME/3 didapat besarnya total pergerakan di Kota Surakarta sebesar 47549,17 smp/jam. Dan dari uji validitas arus lalu lintasnya didapat nilai R^2 sebesar 0,8178.

REFERENSI

- Anonim, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Miro, F., 2005, *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Nurmalia. 2009. *Estimasi Matrik Asal Tujuan dari Data Lalu Lintas dengan Menggunakan Piranti Lunak EMME/3 (Studi Kasus Kota Surakarta)*. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Syafi'i, dkk, 2009, *Estimasi Matrik Asal Tujuan (MAT) Perjalanan Dinamis (Time Dependent OD) dari Data Lalu Lintas*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Tamin, O. Z., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Bandung: Penerbit ITB.
- Torgil Abrahamsson. 1998. *Estimation of Origin-Destination Matrices Using Traffic Count*. Interational Institut for Applied System Analysis: Austria

Widyastuti, R., 2007, *Estimasi Matrik Asal Tujuan dari Data Lalu Lintas Dengan Metode Estimasi Entropi Maksimum*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.