ESTIMASI MATRIK ASAL TUJUAN (MAT) DARI DATA ARUS LALU LINTAS DENGAN METODE ESTIMASI KUADRAT TERKECIL MENGGUNAKAN PIRANTI LUNAK EMME/3 (STUDI KASUS KOTA SURAKARTA)

Elfa Monica Zada
Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
Telp. (0271) 647069
elfamonicaz@gmail.com

Syafi'i
Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
Telp. (0271) 647069
syafii_hn@yahoo.com

Slamet Jauhari Legowo
Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
Telp. (0271) 647069
slametlegowo@gmail.com

Abstract

The increased growth and development of a citydemands human to make the regulatory system and transport planning in order to minimize transportation problems. This study was aiming to determine the magnitude estimation Matrix Origin Destination of traffic data in Surakarta in 2015 using application software EMME/3. MAT is a two-dimensional matrix that contains information about the amount of movement between locations (zones) in certain areas. MAT estimation of the year plan was using a Gravity Model with a limit in a certain area. This study was also using Matlab software applications to get the value of the parameter β with barrier tanner function. Loading processto transport network system was using the method of user equilibrium. The value of the parameter β obtained with the help of Matlab software application is 0.00093. From the results of calculations with the help of EMME/3,the total amount obtained of the estimated movement of Surakarta in 2015 is 47549pcu/h with a level of validation (R^2) obtained is 0,8025.

Keywords : OD Matrix, Gravity Model, EMME/3, Matlab

Abstrak

Peningkatan pertumbuhan dan perkembangan suatu kota yang meningkat menuntut manusia untuk membuat sistem pengaturan jalan dan perencanaan transportasi agar meminimalisir permasalahan transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya estimasi Matrik Asal Tujuan (MAT) dari data lalu lintas menggunakan aplikasi *software* EMME/3 di Kota Surakarta pada tahun 2015. MAT adalah matrik berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) pada daerah tertentu. Estimasi MAT pada tahun rencana menggunakan Model Gravity dengan batasan tarikan dan bangkitan pergerakan.Pada penelitian juga menggunakan aplikasi *software* Matlab untuk mendapatkan nilai parameter β dengan fungsi hambatan tanner. Proses pembebanan ke sistem jaringan transportasi menggunakan metode *user equilibrium*. Besarnya nilai parameter β yang diperoleh dengan bantuan aplikasi *software* Matlab adalah 0,00093. Dari hasil perhitungan dengan bantuan EMME/3, diperoleh total jumlah estimasi pergerakan kota Surakarta pada tahun 2015 adalah 47549smp/jam dengan tingkat validasi (R^2) yang didapatkan sebesar 0,8025.

Kata kunci : MAT, Model Gravity, EMME/3, Matlab

PENDAHULUAN

Kota Surakarta saat ini menjadi pusat bisnis baru. Perkembangan dan peningkatan suatu kota mengakibatkan bertambahnya kebutuhan transportasi yang secara tidak langsung menimbulkan permasalahan transportasi semakin kompleks. Maka dibutuhkan suatu perencanaan transportasi untuk meminimalisir permasalahan tersebut.Perencanaan transportasi dapat berupa perencanaan transportasi empat tahap.Salah satunya adalahdistribusi pergerakan yang biasanya dinyatakan dalam bentuk matrik asal tujuan

(MAT). Proses estimasi matrik membutuhkan nilai parameter β yang merupakan fungsi hambatan antar zona. Parameter β menggunakan proses kalibrasi *Newton-Raphson* dengan bantuan *softwar*e Matlab. Proses estimasi matrik asal tujuan (MAT) dari arus data observasi di Kota Surakarta saat ini dengan prinsip yang digunakan adalah metode kuadrat terkecildan metode pembebanan jaringan jalan *user equilibrium.*

Data masukan untuk proses estimasi matrik antara lain data arus observasi (*traffic count*), data ruas jalan berupa kapasitas dan waktu tempuh pada saat arus bebas dan saat arus mencapai kapasitas, data koordinat zona, serta data *prior matrix* tahun 2013 dari penelitian Doni Indra Pradana yang diolah menggunakan aplikasi *software* EMME/3 *(Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium*). Prosedur perhitungan data ruas jalan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).Kemudian hasil pembebanan matrik yang dihasilkan diuji validitasnya dengan cara membandingkan arus data observasi dan arus hasil pemodelan menggunakan aplikasi *software EMME/3*. Oleh karena itu penelitian tentang estimasi matrik sangat penting.Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi matrik eksisting tahun 2015 di Kota Surakarta.

KAJIAN PUSTAKA

Kajian Pustaka mengenai penelitian estimasi matrik asal tujuan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel1 Penelitian mengenai estimasi matrik asal tujuan

NO	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL PENELETIAN	APLIKASI YG DIGUNAKAN	HASIL
1	Revi Widyastuti	2007	Estimasi Matriks Asal Tujuan Dari Data Arus Lalu Lintas Dengan Metode Estimasi Entropi Maksimum	SATURN	total pergerakan 31691smp/jam R^2 sebesar 0,882
2	Nurmalia	2009	Estimasi Matrik Asal Tujuan dari Data Lalu Lintas dengan Metode Entropi Maksimum (Studi Kasus Kota Surakarta).	EMME/3	total pergerakan 34131 smp/jam R^2 sebesar 0,867
3	Doni Indra Pradana	2013	Evaluasi Kinerja Jaringan Jalan eksisting Kota Surakarta dengan Skenario *Do-Something*	EMME/3	NVK 2013 kondisi do nilai NVK ≥ 1 turun menjadi 3,02%.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data

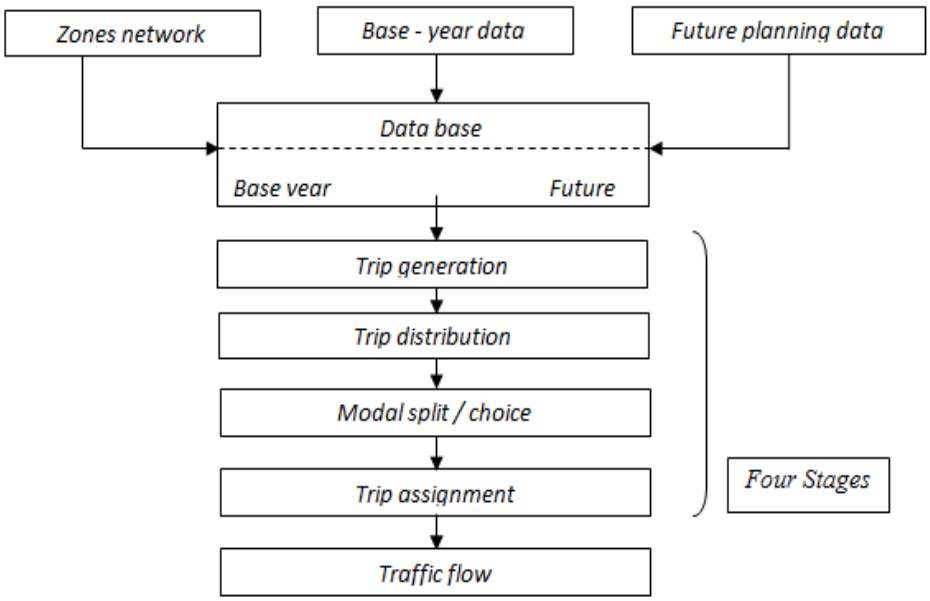
Pengumpulan data primer dilakukan dengan mengambil data arus lalu lintas terkini *(traffic count)* di lokasi penelitian.Pelaksanaan survei dilaksanakan hari selasa, rabu, dan kamis pada jam puncak pagi hari pukul 06.00 - 08.00 WIB dengan interval waktu 15 menit.Pada penelitian ini terdapat 39 titik (25 zona internal dan 14 zona eksternal) yang di survei secara langsung.Setelah dilakukan pengumpulan data kemudian diolah menggunakan pedoman MKJI (1997). Pengumpulan data sekunder pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil data dari instansi terkait, dalam hal ini adalah instansi Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Surakarta dan BAPEDA Surakarta, dandata prior matrik dari skripsi Doni Indra Pradana tahun 2013.



Gambar 1 Peta Administrasi Kota Surakarta

Perencanaan transportasi

Konsep perencanaan transportasi yang paling popular adalah Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap.



Gambar 2 Diagram Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap

Salah satu model perencanaan transportasi adalah distribusi pergerakan. Distribusi pergerakan adalah jumlah pergerakan antar zona dalam suatu waktu tertentu sehingga memegang peranan penting dalam proses perencanaan transportasi. Distribusi pergerakan/perjalanan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk matrik asal tujuan (MAT) maupun dengan garis keinginan *(desire line).*

Fungsi hambatan

Hyman (1969) seperti dikutip Tamin (1997) menjelaskan tiga jenis fungi hambatan yang dapat dipergunakan dalam model *gravity*seperti persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3).

Fungsi pangkat $= f(C_{id}) = C_{id}^{-\alpha}$ (1)

Fungsi eksponensial $= f(C_{id}) = e^{-\beta\ C_{id}}$ (2)

Fungsi tanner $= f(C_{id}) = C_{id}^{\alpha} \,.\, e^{-\beta\ C_{id}}$ (3)

Pada penelitian ini, fungsi hambatan yang digunakan adalan fungsi tanner.

Model *gravity*

Persamaan model *gravity*secara umum sebagai berikut:

$$T_{id}^{i} = O_i \,.\, D_d \,.\, f(C_{id}) \quad (4)$$

Persamaan (4) dapat digunakan dengan batasan sebagai berikut:

$$\sum_d T_{id} = O_i \text{dan} \quad \sum_i T_{id} = D_d \quad (5)$$

Sehingga pengembangan persamaan (5) dengan menggunakan batasan persamaan (6) adalah sebagai berikut:

$$T_{id}^{i} = O_i \,.\, D_d \,.\, A_i \,.\, B_d \,.\, f(C_{id}) \quad (6)$$

dengan:

T_{ij} = Jumlah pergerakan dari zona asal *i* ke zona tujuan *d*
A_i , B_d = Faktor penyeimbang untuk setizp zona asal *i* dan tujuan *d*
O_i = Total pergerakan dari zonal asal *i*
D_d = Total pergerakan ke zona tujuan *d*
$f(C_{id})$ = Fungsi umum biaya perjalanan

Karena model ini menggunakan batasan tarikan dan bangkitan, maka nilai Ai dan Bd seperti persamaan (7) dan (8)

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \quad (7)$$

$$B_d = \frac{1}{\sum_d (A_i O_i f_{id})} \quad (8)$$

Untuk mendapatkan kedua nilai tersebut diperlukan proses iterasi sampai masing – masing nilai dan menghasilkan nilai tertentu (konvergen).

Metode estimasi kuadrat terkecil
Secara umum metode estimasi ini dapat dituliskan seperti persamaan (9).

Meminimumkan

$$S = \sum_i \sum_d \left[\frac{i}{\dot{T}} \left(T_{id} - \widehat{T_{id}} \right)^2 \right] \quad (9)$$

Dengan nilai $T_{id}^i = O_i \,.\, D_d \,.\, A_i \,.\, B_d \,.\, f(C_{id})$ (10)

Karena nilai $f(C_{id})$ menggunakan fungsi hambatan tanner, maka terdapat nilai suatu parameter yang tidak diketahui yaitu β. Untuk menaksirnilai parameter dapat diperoleh dengan meminimumkan nilai fungsi tujuan **S** terhadap parameter tersebut sama dengan nol.

Turunan pertama terhadap β dari persamaan (9) adalah:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = f_\beta = \sum_i \sum_d \left[\frac{1}{\dot{T}} \left\{ 2 \left(T_{id} - \widehat{T_{id}} \right) \frac{\partial T_{id}}{\partial \beta} \right\} \right] = 0 \quad (11)$$

Dari rumus (11) didapat:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = \sum_i \sum_d \left[\frac{2}{\dot{T}} \left(\sum_i \sum_d T_{id} - \widehat{T_{id}} \right) \left(\sum_i \sum_d \frac{\partial T_{id}}{\partial \beta} P_{id}^i \right) \right] = 0 \quad (12)$$

Persamaan (12) adalah persamaan dengan suatu parameter yang tidak diketahui (yaitu β).Untuk menyelesaikan persamaan tersebut digunakan metode kalibrasi*Newton-Raphson* dengan bantuan *software*Matlab.

Uji Validitas
Uji Validitas yang digunakan adalah Koefisien Determinasi (R^2). Koefisien determinasi (R^2) dapat didefinisikan sebagai persamaan (13).

$$R^2 = \frac{\sum (Arus\ data\ observasi - Arus\ hasil\ pemodelan\ )^2}{\sum Arus\ data\ observasi^2 \ - \ \sum Arus\ hasil\ pemodelan^2} \quad (13)$$

Persamaan (13) memperlihatkan bahwa nilai R^2 dapat menjadi menurun jika terdapat simpangan besar antara arus data observasi dan arus hasil pembebanan. Nilai $R^2 = 1$ merupakan nilai tertinggi yang dapat dihasilkan jika dilakukan perbandingan antar arus. Oleh karena itu, nilai R^2 yang mendekati 1 (satu) menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi antar arus yang diperbandingkan.

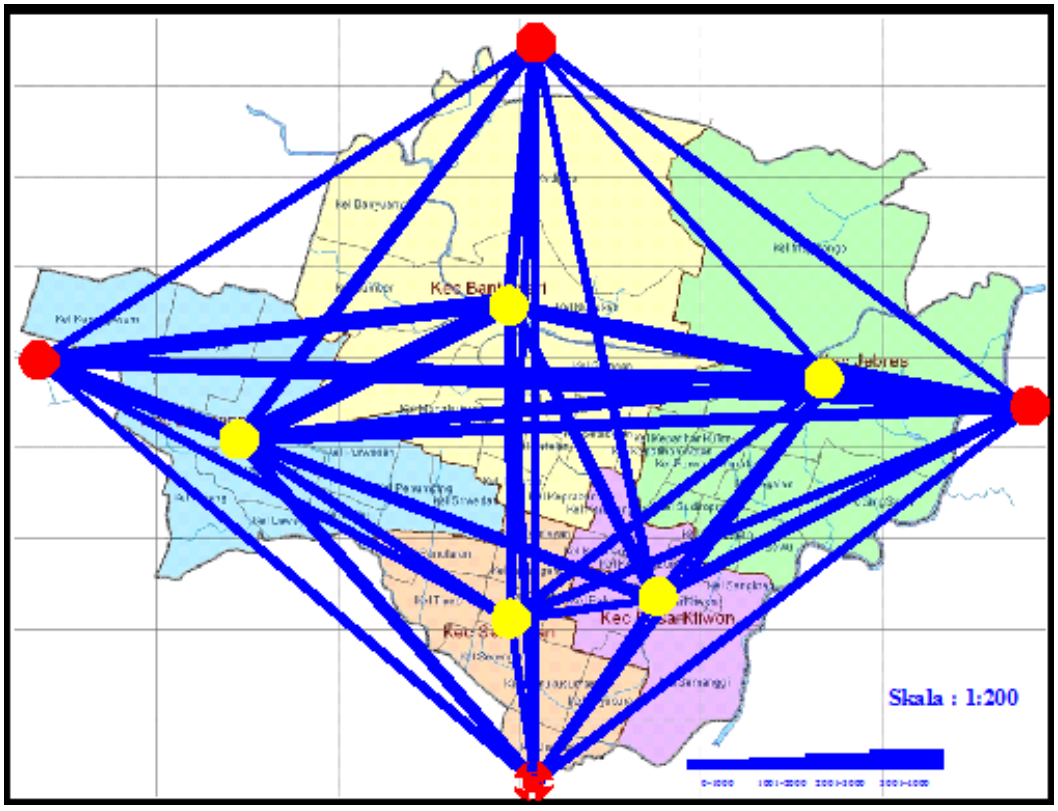
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil nilai parameter beta (β)

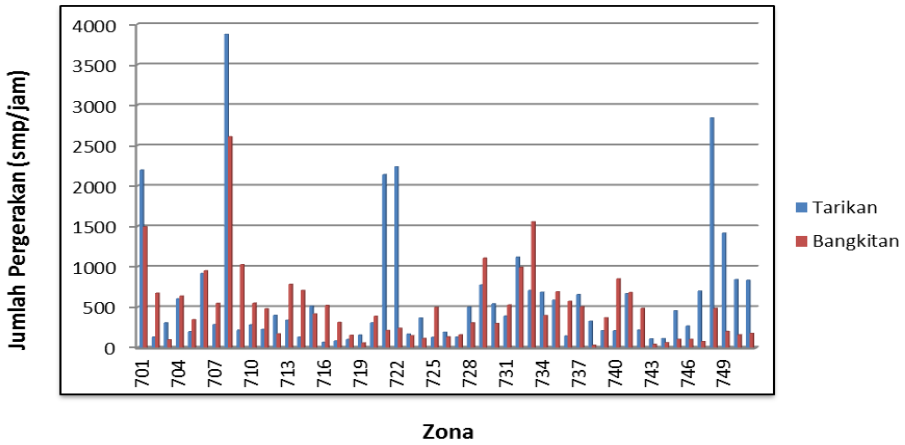
Kalibrasi *Newton-Raphson* dilakukan dengan mendapatkan matrik biaya (Cid) dan matrik perjalanan (Tid) hasil dari *traffic count.*Kalibrasi *Newton-Raphson* bertujuan untuk mencari nilai parameter β yang merupakan parameter fungsi hambatan (kemudahan atau aksesibilitas) antar zona. Proses kalibrasi dilakukan dengan bantuan *software* Matlab yang menghasilkan parameter β sebesar 0,00093.

Hasil nilai bangkitan dan tarikan wilayah internal dan eksternal

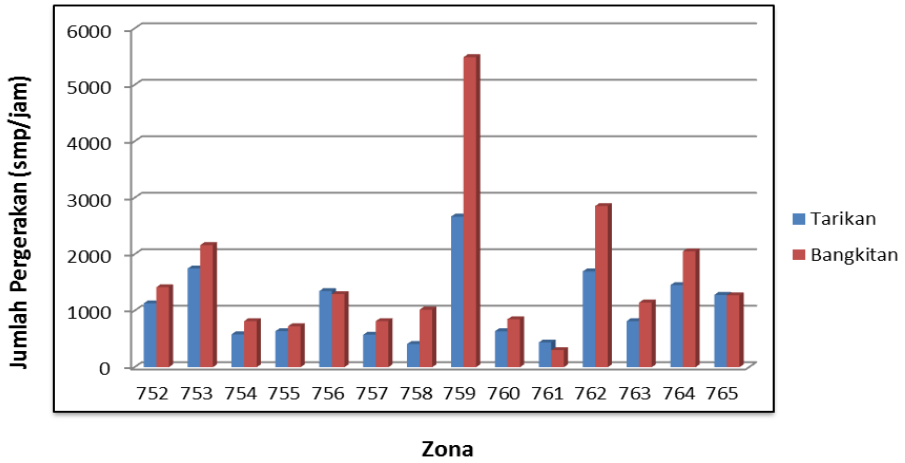
Total pergerakan yang terjadi antara MAT tahun 2015 hasil EMME/3 dengan MAT tahun 2015 setelah dimodelkan memiliki nilai yang sama yakni sebesar 47549 smp/jam. Dari estimasi matrik juga dapat dilakukan pengamatan terhadap pergerakan dari setiap zona.Besarnya pergerakan dapat dapat dilihat dalam bentuk *desire line*/garis keinginan seperti pada Gambar 3.Pergerakan zona internal digambarkan antar kecamatan sehingga terdapat 5 titik pada zona internal.Sedangkan pergerakan eksternal dibagi berdasarkan letak zona yang saling berdekatan, yaitu 4 titik di luar Kota Surakarta.Pergerakan yang tinggi digambarkan dalam garis yang tebal, sedangkan garis tipis digunakan untuk menggambarkan pergerakan yang tidak begitu tinggi.Jumlah tarikan dan bangkitan pergerakan pada zona internal digambarkan seperti Gambar 5.Jumlah tarikan dan bangkitan pergerakan pada zona eksternal digambarkan seperti Gambar 6.



Gambar 3 Garis Keinginan *(Desire Line)* Pembebanan Lalu Lintas Kota Surakarta tahun 2015



Gambar 4 Jumlah Tarikan dan Bangkitan Pergerakan Pada Zona Internal



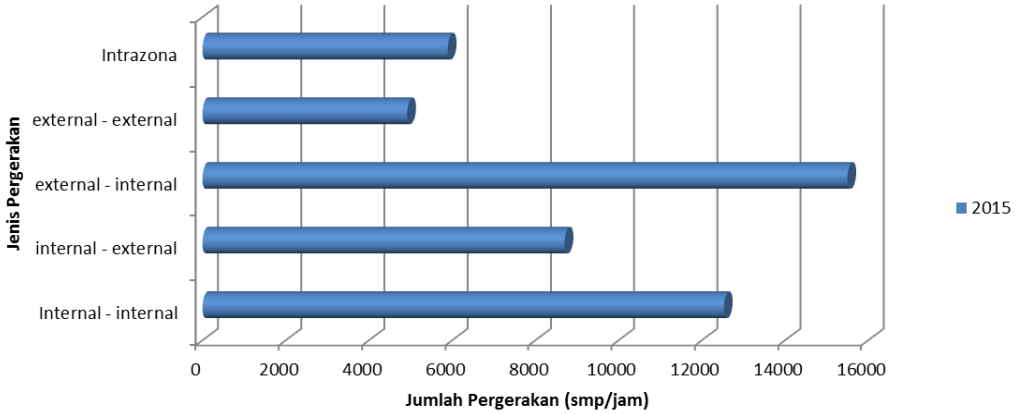
Gambar 5 Jumlah Tarikan dan Bangkitan Pergerakan Pada Zona Eksternal

Gambar 4 menunjukkan jumlah pergerakan pada zona internal, jumlah tarikan pergerakan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada zona 708 yakni Kelurahan Purwosari dengan jumlah tarikan sebesar 3877smp/jam dan jumlah bangkitan pergerakan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada zona 708 yakni Kelurahan Purwosari sebesar 2611smp/jam. Hal tersebut dikarenakan Kelurahan Purwosari adalah daerah banyak terdapat pertokoan dan daerah pemukiman padat penduduk. Jumlah tarikan pergerakan arus lalu lintas terendah terjadi pada zona 716 yakni Kelurahan Serengan dengan jumlah tarikan sebesar 68 smp/jam dan jumlah bangkitan pergerakan arus lalu lintas terendah terjadi pada zona 738 yakni Kelurahan Setabelan sebesar 32 smp/jam. Hal tersebut dikarenakan Kelurahan Serengan dan Kelurahan Setabelan adalah daerah dengan jumlah pertokoan rendah dan bukan daerah pemukiman yang padat penduduk.Gambar 5 menunjukkan jumlah pergerakan pada zona eksternal, jumlah tarikan pergerakan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada zona 759 yakni Zona Palur Karanganyar dengan jumlah tarikan sebesar 2668smp/jam dan jumlah bangkitan pergerakan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada zona 759 yakni ZonaPalur Karanganyar sebesar 5493smp/jam. Hal tersebut dikarenakan ZonaPalur Karanganyar adalah daerah banyak terdapat pertokoan dan daerah pemukiman padat penduduk. Jumlah tarikan pergerakan arus lalu lintas terendah terjadi pada zona 758 yakni Zona Bekonang

dengan jumlah tarikan sebesar 412smp/jam dan jumlah bangkitan pergerakan arus lalu lintas terendah terjadi pada zona 761 yakni Zona Clolo arah Karanganyar sebesar 302smp/jam.Hal tersebut dikarenakan Zona Bekonang dan Zona Clolo arah Karanganyar adalah daerah dengan jumlah pertokoan rendah dan bukan daerah pemukiman yang padat penduduk.

Pergerakan Antar Zona

Jumlah total pergerakan antar zona yang didapat dari *software* EMME/3 ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Pergerakan Antar Zona

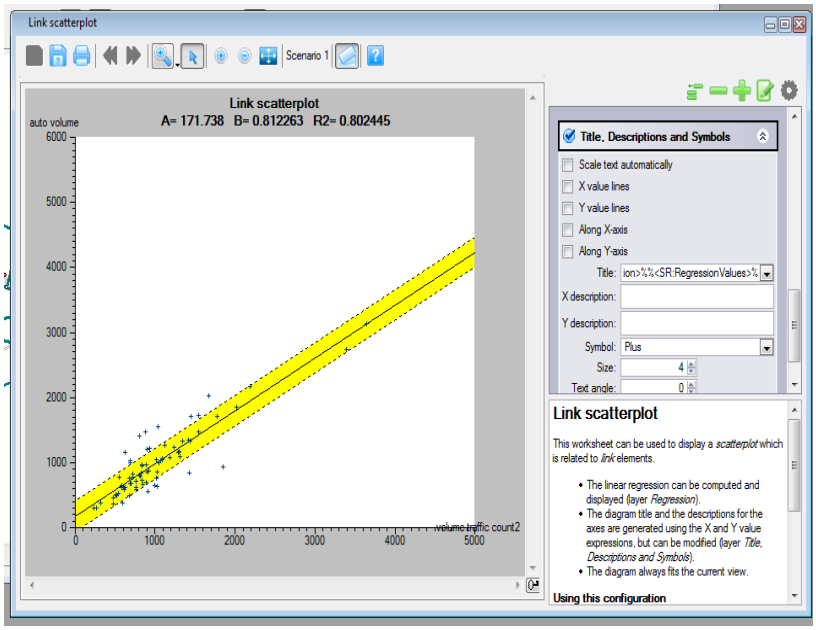
Gambar 6 merupakan pola pergerakan yang terjadi pada daerah antar zona. Dalam bentuk prosentase, besarnya pola pergerakan antar zona diperoleh sebagai berikut :

a. Internal-Internal : 26,35 %
b. Internal-Eksternal : 18,30 %
c. Eksternal-Internal : 32,60 %
d. Eksternal-Eksternal :10,35 %
e. Intrazona : 12,40 %

Prosentase besarnya nilai pergerakan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada pergerakan eksternal ke internal yakni sebesar 32,60 % dengan total pergerakan sebesar 15500 smp/jam. Sedangkan persentase besarnya nilai pergerakan arus lalu lintas terendah terjadi pada pergerakan eksternal ke eksternal sebesar 10,35 % dengan total pergerakan sebesar 4920smp/jam.

Uji validitas

Uji validitas menggunakan koefisien determinasi (R^2) dengan bantuan *software* EMME/3.



Gambar 7 Grafik Uji Validitas Volume Lalu Lintas menggunakan *Software* EMME/3

Gambar 7merupakan nilai koefisien determinasi (R^2) dari perbandingan arus data observasi *(traffic count)* dan arus hasil pemodelan sebesar 0,8025 terjadi galat sebesar 0,1975. Nilai tersebut memiliki kemiripan dengan pergerakan yang terjadi di ruas jalan pada kenyataan.Nilai validitasyang dihasilkan tergolong dalam kategori sangat tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisisi dan pembahasan, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Nilai parameter β yang merupakan fungsi hambatan yang didapat dari proses Kalibrasi *Newton-Raphson* dengan bantuan *softwar*e Matlab sebesar 0,0093.
2. Estimasi matrik asal tujuan perjalanan dengan model *gravity* batasan tarikan dan bangkitan pergerakan menghasilkan total pergerakan sebesar 47549smp/jam. Dalam bentuk persentase, besarnya pola pergerakan antar zona diperoleh sebagai berikut :
   a. Internal-Internal : 26,35 %
   b. Internal-Eksternal : 18,30 %
   c. Eksternal-Internal : 32,60 %
   d. Eksternal-Eksternal : 10,35 %
   e. Intrazona : 12,40 %

   Prosentase besarnya nilai pergerakan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada pergerakan eksternal ke internal yakni sebesar 32,60 % dengan total pergerakan sebesar 15500 smp/jam. Sedangkan prosentase besarnya nilai pergerakan arus lalu lintas terendah terjadi pada pergerakan eksternal ke eksternal sebesar 10,35 % dengan total pergerakan sebesar 4920smp/jam.
3. Perhitungan uji validasi dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2) didapatkan nilai R^2 untuk perbandingan arus dara observasi*(traffic count)* dengan arus hasil

pemodelan matrik ke jaringan jalan sebesar 0,8025. Nilai R^2 tersebut masuk dalam kategori validitas tinggi.Hasil penelitian 80,25% memiliki kemiripan dengan pergerakan yang terjadi di ruas jalan pada kenyataan.

Saran

Berikut merikut saran agar penelitian mengenai estimasi matrik asal tujuan dari data lalu lintas yang akan datang dapat memberikan hasil yang lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Memperbanyak titik survei ruas jalan agar data yang diperoleh semakin banyak dan akan memberikan hasil yang semakin sesuai dengan kondisi di jalan Kota Surakarta.
2. Perlu adanya penelitian mengenai berapa prosentase ruas jalan di Kota Surakarta yang berpengaruhpada bangkitan dan tarikan pergerakan.

REFRENSI

Anonim. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum RI.

INRO Consultan Inc. 2007.*EMME/3Release Notes: Emme 3.0*. Canada.

Matlab.1970. *University of New Mexico dan University of Stanford.* Mexico.

Nurmalia.2009. *Estimasi Matrik Asal Tujuan dari Data Lalu Lintas dengan Metode Entropi Maksimum (Studi Kasus Kota Surakarta)*.Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Tamin, O.Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Edisi kedua.*Bandung: ITB.

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

Doni Indra Pradana. 2013. *Evaluasi Kinerja Jaringan Jalan eksisting Kota Surakarta dengan Skenario Do-Something.*Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.



FSTPT
Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi

INDONESIAN INTER-UNIVERSITY TRANSPORT STUDIES FORUM - ENGINEERING FACULTY OF THE UNIVERSITY OF LAMPUNG

Presents this Certificate to

Elfa Monica Zada

as

PRESENTER

on

the 18 th International Symposium of Indonesian Inter-University Transport Studies Forum
hosted by the University of Lampung
August 27 th - 28 th, 2015

Organizing Committee
Chairman

Dr. Rahayu Sulistyorini, M.T.

Indonesian Inter-University Transport Studies Forum
Chairman

FSTPT
Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi

Prof. Dr. Ir. Erika Buchari, MSc.