

## Analisa Model Gravity dan Analogi Fluida pada Trip Distribusi Penumpang Angkutan Kota Trayek Terminal Bratang - JMP Surabaya

Achmad Faiz Hadi P.  
Dosen D3 Teknik Sipil FTSP-ITS  
email: faiz@ce.its.ac.id

### ABSTRAK

Angkutan umum perkotaan merupakan bagian dari suatu system transportasi kota. Tingkat kebutuhan angkutan umum erat kaitannya dengan pola pergerakan atau penyebaran perjalanan (trip distribusi) pengguna jasa angkutan umum (penumpang). Pola penyebaran perjalanan penumpang dapat dinyatakan dalam bentuk suatu Matrik Asal Tujuan (MAT) penumpang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola pergerakan perjalanan (trip distribusi) penumpang angkutan kota Bemo Lyn Q dan Bemo Lyn N sebagai trayek mikrolet Terminal Bratang - JMP Surabaya yang dibentuk dalam suatu Matrik Asal Tujuan (MAT) berdasarkan hasil pengamatan (observasi) lapangan, Model Analogi Fluida dan Model Gravity. MAT hasil permodelan dilakukan perbandingan terhadap MAT hasil pengamatan untuk mengetahui model yang terbaik diantara keduanya dengan mengadakan uji suai statistik Kolmogorov-Smirnov, Pair-T test, Mann-whitney dan Root Means Square Error (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembentukan Matrik Asal Tujuan sebagai suatu bentuk dari penyebaran perjalanan penumpang berdasarkan pemodelan mempunyai kesesuaian dengan hasil pengamatan lapangan berdasarkan hasil uji Kolmogorov-Smirnov pada taraf nyata  $\alpha = 4\%$ . Matrik Asal Tujuan Model Analogi Fluida dapat dinyatakan sama dengan Model Gravity berdasarkan nilai signifikan RMSE pada tiga desimal, untuk nilai signifikan empat desimal atau lebih, Model Analogi Fluida lebih baik dari Model Gravity.

*Kata Kunci : Trip Distribusi, Model Gravity, Model Analogi Fluida, Uji Statistik*

### 1. PENDAHULUAN

Kecendrungan masyarakat kota menggunakan kendaraan pribadi dalam mengadakan perjalanan pada tingkat-tingkat tertentu dapat menimbulkan masalah transportasi yang memerlukan penyelesaian. Salah satu cara menurunkan tingkat penggunaan kendaraan pribadi adalah meningkatkan system pelayanan angkutan umum, sehingga pemakai kendaraan pribadi berkenan menggunakan jasa angkutan umum, khususnya angkutan kota.

Surabaya sebagai ibukota Propinsi Jawa Timur secara administratif merupakan Kotamadya yang terbagi atas lima wilayah pembantu Walikota yaitu Kawasan Surabaya Barat, Surabaya Selatan, Surabaya Utara, Surabaya Pusat, dan Surabaya Timur. Masing-masing kawasan memiliki berbagai pusat aktivitas sosio-ekonomi yang dilakukan oleh masyarakat dengan jumlah sekitar dua setengah juta jiwa, hal ini dapat dilihat dengan adanya perkembangan sektor industri, perdagangan dan sarana pendidikan.

Kelancaran berbagai aktivitas tersebut tidak terlepas dari keleluasaan pergerakan bila tersedianya sarana dan prasarana transportasi yang baik.

Angkutan umum di Surabaya terdiri dari beberapa moda yaitu : bus kota, mikrolet (populer dengan sebutan bemo), taxi, anggona, dan becak. Masing-masingnya melayani kebutuhan perjalanan masyarakat Surabaya yang tersebar dalam 31 kecamatan dengan 162 kelurahan di lima wilayah bagian administrasi. Rute bus kota membujur arah Utara - Selatan melalui koridor tengah kota, dan menghubungkan Terminal Purabaya di ujung selatan kota dengan Terminal Jembatan Merah di pusat kota, Pelabuhan Tanjung Perak di Utara, Terminal Joyoboyo sebagai terminal transfer terbesar, Terminal Bratang di Timur, dan Darmo Permai di Barat. Rute mikrolet (bemo) menyebar di masing-masing wilayah bagian Surabaya, ada yang melalui Terminal Joyoboyo, Terminal Bratang, terminal Kenjeran, dan ada pula yang hanya sebagai tempat pangkalan

seperti di Petojo, Rungkut, Gunung Anyar, Benowo, Menanggal, Sedayu, dan Dukuh Kupang.

Data yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Pemerintah Kota Surabaya menunjukkan bahwa angkutan umum mikrolet (bemo) berdasarkan route/jalur yang ditempuh berjumlah 4684 kendaraan yang terbagi atas 57 kode lyn. Sistem pengoperasiannya masih banyak yang tumpang tindih sehingga ada beberapa rute sering dilalui oleh beberapa jenis mikrolet. Hal ini dapat dihindari bila diketahui tingkat kebutuhan perjalanan penumpang berdasarkan pola pergerakannya.

Tingkat kebutuhan pelayanan angkutan guna penyediaan moda angkutan umum dapat dilakukan bila diketahui pola pergerakan penumpang. Gambaran pola pergerakan penumpang angkutan kota dapat diketahui dengan membentuk pergerakan penumpang sebagai suatu matrik pergerakan yang dinyatakan dalam bentuk matrik asal tujuan (MAT). Banyak metoda telah dikembangkan untuk mendapatkan MAT. Salah satu metoda yang sering digunakan adalah Model Gravity (GR). Metoda lain yang juga telah dikembangkan adalah Metoda Analogi Fluida (AF) yang diperkenalkan oleh Tsygalnitsky pada tahun 1977 dan telah diuji pada rute bus di Amerika Selatan dengan hasil yang memuaskan. (Simon, dan Furth, 1985)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola pergerakan penumpang angkutan kota untuk trayek mikrolet Terminal Bratang - Jembatan Merah Plaza (JMP) Surabaya, yaitu Bemo Lyn Q dan Lyn N. Pembentukan MAT penumpang berdasarkan data hasil observasi dan berdasarkan permodelan dengan menggunakan Metoda Analogi Fluida dan Metoda Gravity. Pengujian secara statistik dilakukan untuk mengetahui keabsahan MAT permodelan terhadap MAT hasil observasi.

Data pengamatan adalah data naik turun penumpang sepanjang zona yang dilewati bemo Lyn Q dan Lyn N baik dari Jurusan Terminal Bratang menuju ke Jembatan Merah Plaza (JMP) ataupun dari Jurusan Jembatan Merah Plaza (JMP) menuju ke Terminal Bratang. Dilaksanakan pada tanggal 30 dan 31 Oktober 2005, jam sibuk (07.10 - 08.10) dan jam sepi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Tamin (1997), perencanaan transportasi merupakan suatu proses yang dinamis dan tanggap terhadap perubahan tata guna tanah, keadaan ekonomi dan kondisi lalu lintas. Suatu perencanaan transportasi dimaksudkan untuk mengatasi masalah transportasi yang terjadi sekarang dan mungkin terjadi di masa mendatang. Tujuan merencanakan transportasi adalah mencari penyelesaian masalah transportasi dengan cara yang paling tepat dengan menggunakan sumber yang ada. Merencanakan transportasi pada dasarnya adalah memperkirakan kebutuhan transportasi di masa depan yang harus dikaitkan dengan masalah teknis transportasi yang pada umumnya bertolak dari usaha menjamin bahwa sarana yang telah ada didayakan secara optimum dan ditujukan guna merancang dan membangun berbagai sarana baru.

Terdapat beberapa konsep perencanaan transportasi yang telah berkembang. Yang paling dikenal adalah model perencanaan transportasi empat tahap, meliputi bangkitan perjalanan (*Trip Generation*), penyebaran perjalanan (*Trip Distribution*), pemilihan moda (*Modal Split*), dan pembebanan ruas jalan (*Trip Assignment*). Model perencanaan ini merupakan gabungan dari beberapa seri submodel yang masing-masing harus dilakukan secara terpisah dan berurutan, adapun sunmodel tersebut adalah Aksesibilitas, Bangkitan dan Tarikan Pergerakan, Sebaran Pergerakan, Pemilihan Moda, Pemilihan Rute, dan Arus lalu lintas dinamis.

Pola pergerakan dalam system transportasi sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang dan barang) yang bergerak dari zona asal (origin) ke zona tujuan (destination) dalam daerah tertentu dan selama periode waktu tertentu. Pola pergerakan ini diformulasikan dalam bentuk Matrik Asal - Tujuan (MAT). Matrik Asal-Tujuan adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antar lokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriknya menyatakan besarnya arus dari

zona asal ke zona tujuan. Bentuk umum dari Matrik Asal-Tujuan (MAT) seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bentuk Umum Matriks Asal-Tujuan

Zona	1	2	3	.....	n	O <sub>i</sub>
1	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	.....	T <sub>1n</sub>	O <sub>1</sub>
2	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>23</sub>	.....	T <sub>2n</sub>	O <sub>2</sub>
3	T <sub>31</sub>	T <sub>32</sub>	T <sub>33</sub>	.....	T <sub>3n</sub>	O <sub>3</sub>
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
N	T <sub>11</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>11</sub>	.....	T <sub>11</sub>	O <sub>n</sub>
Dd	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	.....	D <sub>n</sub>	T

Salah satu cara mendapatkan MAT dilakukan dengan mengumpulkan data penumpang dengan mengikuti kendaraan. Cara ini merupakan penerapan dari metode yang diperkenalkan oleh Tsygalnitzky pada tahun 1977, dilakukan pada suatu rute didasari pada hasil perhitungan naik turun penumpang (on-off data) dengan pertimbangan bahwa pada suatu titik perhentian tertentu setiap penumpang memenuhi syarat dan mempunyai kesempatan yang sama untuk turun.

Diasumsikan bahwa perjalanan penumpang dianggap sebagai fluida yang bergerak dalam pipa sehingga memudahkan perhitungan. Lokasi naik turun penumpang dikumpulkan dalam zona-zona, dimana pembagian zona dibuat sedemikian rupa sehingga tidak ada penumpang yang melakukan perjalanan dalam satu zona.

Setiap penumpang yang naik dari suatu zona mempunyai kemungkinan untuk turun pada semua zona berikutnya. Besar probabilitas tersebut sesuai dengan jumlah penumpang turun pada masing-masing zona. Apabila setelah menurunkan dan menaikkan penumpang pada suatu zona masih terdapat sejumlah penumpang didalam angkutan, maka sejumlah penumpang tersebut mempunyai kemungkinan untuk turun pada tiap zona berikutnya sesuai jumlah penumpang yang turun pada masing-masing zona tersebut. (Tsygalnitsky, 1977, Simon & Furth, 1985 dalam Herijanto W, 2001).

Formulasi perhitungan yang digunakan sebagai berikut :

1. Inisialisasi

$$V_{ij} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$e_{ij} = 0 \text{ untuk semua } i, j \text{ dimana } j < i + m \dots\dots(2)$$

(dengan anggapan nilai minimum  $m = 1$ )

$$e_{i,i+m} = V_i \text{ untuk semua } i = 1, \dots, n-m \dots\dots\dots(3)$$

$$j = m + 1$$

2. Perhitungan :

$$e_j = \sum e_{ij} \dots\dots\dots(4)$$

$$f_j = \frac{V_i}{e_j} \dots\dots\dots(5)$$

$$V_{ij} = f_j \cdot e_{ij} \text{ untuk } i = 1, \dots, j-m \dots\dots\dots(6)$$

$$e_{i,j+1} = e_{ij} - V_{ij} \dots\dots\dots(7)$$

3. Pengulangan perhitungan :

Jika  $j = n$ , perhitungan dihentikan (selesai).  
Jika  $j \neq n$ , set  $j = j + 1$  dan kembali ke langkah 2 (perhitungan).

Dimana :

- $V_{ij}$  = jumlah penumpang naik di zona i turun di zona j,  $i < j$
- $V_i = \sum V_{ij}$  = jumlah penumpang naik di zona i,  $j > i$
- $V_j = \sum V_{ij}$  = jumlah penumpang turun di zona j,  $i < j$
- $e_{ij}$  = jumlah penumpang yang naik di zona i berkemungkinan turun di zona j
- $e_j$  = jumlah penumpang yang berkemungkinan turun di zona j
- $f_j$  = peluang bagi penumpang yang mungkin turun di zona j
- $m$  = jarak perjalanan terdekat dari tempat pemberhentian
- $m = 1$ , jika berhenti untuk turun.

Perhitungan-perhitungan pada Metode Analogi Fluida Tsygalnitzky's dilakukan dengan menggunakan data naik turun penumpang sehingga terbentuk matrik Asal Tujuan (MAT) pada satu rute sederhana. Ilustrasi langkah perhitungan di atas dapat dinyatakan dalam bentuk suatu tabel seperti yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa MAT dengan Metode Analogi Fluida Tsygalnitsky's

Tujuan Asal	2	3	4	.....	n	Jlh Naik
1	$V_{12}$ $e_{12=V1}$	$V_{13}$ $e_{13}$	$V_{14}$ $e_{14}$	.....	$V_{1n}$ $e_{1n}$	$V_1$
2		$V_{23}$ $e_{23=V2}$	$V_{24}$ $e_{24}$	.....	$V_{2n}$ $e_{2n}$	$V_2$
3			$V_{34}$ $e_{34=V3}$	.....	$V_{3n}$ $e_{3n}$	$V_3$
.....					$V_{...n}$ $e_{...n}$	$V_{...}$
n - m					$V_{(n-m)n}$ $e_{(n-m)n=V(n-m)}$	$V_{n-m}$
JlhPnp	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_{.....}$	$e_n$	
Jlh Trn	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_{.....}$	$V_n$	
Ratio ( $f_j$ )	$V_2/e_2$	$V_3/e_3$	$V_4/e_4$	$V_{.....}/e_{...}$	$V_n/e_n$	

Cara lain untuk membentuk MAT adalah dengan metode sintetis, salah satunya yang paling terkenal dan sering digunakan dalam proses estimasi distribusi pergerakan adalah model Gravity. Model gravity ini mempunyai ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, misalnya populasi, dan nilai sel MAT yang berkaitan dengan fungsi waktu, jarak dan biaya.

Menurut Tamin (1997), bentuk umum dari gravity model adalah :

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \dots (8)$$

dengan nilai :

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d \cdot D_d \cdot f_{id})} \dots (9)$$

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i \cdot O_i \cdot f_{id})} \dots (10)$$

Berdasarkan jenis pembatasnya, maka Model Gravity dibedakan menjadi 4 model, yaitu :

1. UCGR (Unconstrained Gravity Model)
2. PCGR (Production Constrained Gravity Model)
3. ACGR (Attraction Constrained Gravity Model)
4. DCGR (Double Constrained Gravity Model)

**Fungsi Hambatan**

Fungsi hambatan digunakan untuk mengkalibrasi parameter - parameter dari Model Gravity sehingga perbedaan antara distribusi pergerakan yang dihitung dari hasil model ( $T_{id-model}$ ) dengan distribusi pergerakan yang diperoleh dari data pengamatan ( $T_{id-data}$ ) memberikan harga yang minimum.

Ada tiga bentuk metode analisis regresi yang dapat digunakan untuk mengkalibrasi Model Gravity, yaitu :

1. Fungsi exponential :  $f_{id} = \exp(-S \cdot C_{id}) \dots (11)$
2. Fungsi pangkat :  $f_{id} = \exp(-S \cdot \log_e \cdot C_{id}) \dots (12)$
3. Fungsi Tanner :  $f_{id} = \exp(-S \cdot \log_e \cdot C_{id} - S \cdot C_{id}) \dots (13)$

Dimana :

- S = parameter dari model yang belum diketahui yang harus dikalibrasi
- $C_{id}$  = merupakan fungsi dari jarak, atau waktu atau biaya perjalanan.

Menurut Tamin (1997), nilai S dapat dicari dengan menggunakan perumusan metode Hyman (1969). Perumusan nilai S ini dipilih sehingga biaya rata - rata perjalanan yang didapat dari pengamatan sama dengan yang dihasilkan dalam proses pemodelan. Adapun

langkah-langkah metode Hyman adalah sebagai berikut :

1. Dimulai dengan iterasi pertama dengan  $m = 0$

$$S_0 = \frac{1}{c^*} \quad \text{dimana } c^* = \text{Biaya}$$

perjalanan rata - rata

$$\text{nilai } c^* = \frac{\sum_{ij} (N_{ij} \cdot C_{ij})}{\sum_{ij} N_{ij}} \dots\dots\dots (14)$$

2. Buat  $m = m + 1$ ; dengan menggunakan nilai  $S_{(m+1)}$ , hitung matriks dengan menggunakan model Gravity Model. Dapatkan biaya rata - rata  $c_m$  dan bandingkan nilai tersebut dengan  $c^*$ , jika perbedaan cukup kecil, proses dihentikan dan nyatakan  $S_{(m-1)}$  sebagai nilai S terbaik, jika tidak, teruskan ke tahap 3.

3. Jika  $m = 1$  hitung nilai S baru dengan persamaan berikut :

$$S_1 = \frac{c_1 \cdot S}{c^*} \dots\dots\dots (15)$$

atau jika  $m \geq 1$ , dapatkan nilai S baru dengan persamaan :

$$S_{m+1} = \frac{(c^* - c_{(m-1)}) \cdot S_m - (c^* - c_m) S_{(m-1)}}{(c_m - c_{(m-1)})} \dots (16)$$

perhitungan tahap 3 dilakukan untuk menjamin dipenuhinya persamaan (14).

4. Ulangi tahap 2 dan 3 seperti disyaratkan, sampai konvergensi tercapai.

**Pengujian Statistik terhadap distribusi yang diasumsikan**

Pelaksanaan pengujian keabsahan Matrik Asal Tujuan hasil pemodelan terhadap hasil pengamatan di lapangan digunakan beberapa indikator statistik yaitu Uji Kolmogorov-Smirnov, Pair-T Test, Mann-Whitney dan Root Means Square Error (RMSE).

**Uji Kolmogorof-Smirnov**

Menurut Ang, Alfredo dan Tang, Wilson (1992), bila suatu distribusi teoritis diasumsikan berdasarkan data, maka keabsahan (validity) dari distribusi tersebut

dibenarkan atau disangkal secara statistik dengan uji kebaikan suai. Salah satu metode yang tersedia untuk pengujian tersebut adalah Uji Kolmogorov-Smirnov

**Pair T-Test**

Merupakan uji kesesuaian rata-rata data dan model serta daerah interval kesesuaiannya.

**Mann-Whitney Confidence and Test**

Merupakan uji kesesuaian median data dan model serta daerah kesesuaiannya.

**Root Mean Square Error ( RMSE )**

Akar kesalahan kuadrat rata - rata (root mean square error) adalah ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian, didefinisikan sebagai :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (T_{id-o} - T_{id-e})^2}{N(N-1)}}$$

Untuk  $i \neq d$  .....(17)

Di mana :

- $T_{id-o}$  = Data hasil pengamatan
- $T_{id-e}$  = Data hasil estimasi
- $N$  = Jumlah data

Bila semakin besar nilai RSME berarti makin tidak tepat hasil yang didapat dari model jika dibandingkan dengan pengamatan dan demikian pula sebaliknya.

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Langkah-Langkah**

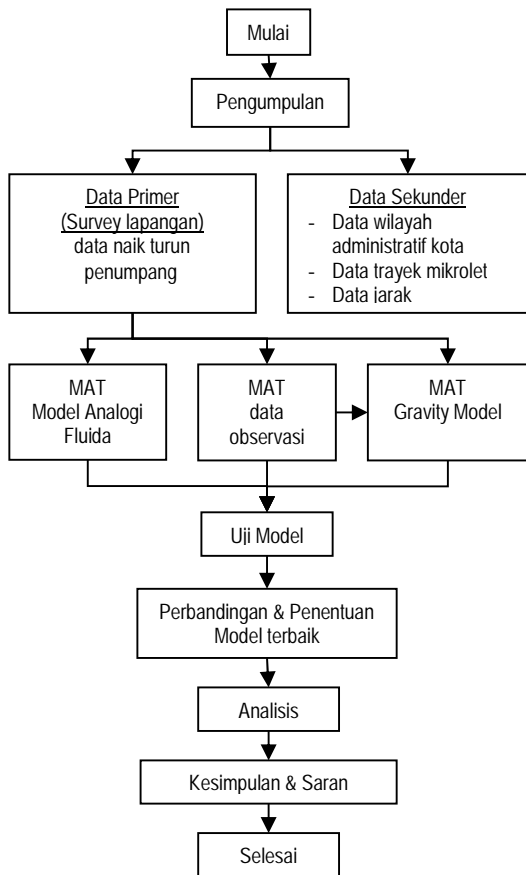
Langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian penelitian ini seperti yang diilustrasikan pada gambar 1. Penelitian ini dilakukan dalam Wilayah Kotamadya Surabaya untuk wilayah pelayanan rute angkutan mikrolet Terminal Bratang - JMP, yaitu daerah yang dilewati oleh Bemo Lyn Q dan Bemo Lyn N. Pembagian zona kawasan studi seperti yang tertera pada Tabel 3.

**3.2. Metoda Pengumpulan Data**

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari Instansi Pemerintah Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Data sekunder yang diperlukan meliputi : Nama Lyn Mikrolet di Wilayah Surabaya terutama yang melalui Terminal Bratang, Rute tempuh, dan jarak tempuh masng-masingnya.

Tabel 3. Pembagian Zona

Zona	Kelurahan	Kecamatan	Wilayah
1	Barata Jaya	Gubeng	Surabaya Timur
2	Nginden Jangkungan	Sukolilo	
3	Menur Pumpungan		
4	Manyar Sabrangan		
5	Ngagel Rejo	Wonokromo	Surabaya Selatan
6	Kertajaya	Sukolilo	Surabaya Timur
7	Mojo		
8	Pucang Sewu		
9	Ngagel	Wonokromo	Surabaya Selatan
10	Gubeng	Gubeng	Surabaya Timur
11	Darmo	Wonokromo	Surabaya Selatan
12	Keputran	Tegalsari	Surabaya Pusat
13	Dr. Sutomo		
14	Wonorejo		
15	Kedungdoro		
16	Sawahan		
17	Genteng	Genteng	Surabaya Pusat
18	Ketabang	Bubutan	
19	Alun-alun Contong		
20	Bubutan		
21	Kemayoran	Krebangan	Surabaya Utara
22	Krebangan Selatan		



Gambar 1. Bagan Alir Penyelesaian studi penelitian

Data lainnya yaitu batasan wilayah administratif Kota Surabaya diperoleh dari peta yang dikeluarkan oleh CV. Indo Prima Sarana Surabaya.

Data Primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan, dilakukan dengan menurunkan surveyor untuk ikut diatas mikrolet. Hasil pencatatan data pada lembaran formulir pengamatan dilakukan pentabelan secara matrik sesuai dengan waktu pengamatan masing-masingnya untuk jangka waktu 1 jam

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Analisa penyebaran perjalanan (trip disribusi) penumpang angkutan kota guna mendapatkan suatu bentuk Matrik Asal Tujuan penumpang dalam penelitian ini digunakan Model Analogi Fluida Tzgalnitsky's dan Gravity Model Double Constrain.

Perhitungan yang dilakukan dengan Gravity Model menggunakan jarak sebagai faktor hambatannya, sedangkan fungsi faktor hambatan yang digunakan adalah fungsi eksponensial.

Hasil perhitungan dari masing-masing model tersebut dilakukan pengujian statistik untuk mendapatkan tingkat keabsahan model terhadap data, kemudian dibandingkan hasil keduanya untuk mendapatkan suatu Matrik Asal Tujuan Penumpang yang terbaik.

4.2. Analisa Pemodelan Distribusi Perjalanan Penumpang dengan Metoda Analogi Fluida Tsygalnitsky

Sebelum proses analisa dilakukan, data naik turun penumpang hasil observasi lapangan ditabulasikan, selanjutnya proses penyelesaiannya mengikuti ilustrasi seperti yang terdapat pada Tabel 2.

4.3. Analisa Pemodelan dengan Gravity Model

Penaksiran nilai S diperlukan untuk mendapatkan nilai pengkalibrasian parameter model gravity, dalam penelitian ini perumusan nilai S dicari dengan metode Hyman.

Nilai S dapat dicari dengan data - data awal harga  $O_i$  dan  $D_d$  yang telah diketahui. Nilai  $S_0$  didapat dari persamaan (14).

Kemudian nilai tersebut dilakukan iterasi (pengulangan) dengan perubahan data  $A_i$  dan  $B_d$  secara bergantian hingga hasilnya konvergen, kemudian dihitung matrik pergerakan dengan menggunakan persamaan (8) dan (11), dan juga dihitung nilai  $c'$ . Nilai  $c'$  ini kemudian dibandingkan dengan nilai  $c^*$  (nilai  $c$  sebelumnya). Apabila nilainya sama dengan atau mempunyai perbedaan yang cukup kecil maka dinyatakan nilai  $S_{(m-1)}$  sebagai nilai terbaik dari  $S$ . Jika hasilnya tidak sama, maka dilanjutkan ke proses perhitungan selanjutnya dengan menggunakan nilai  $B$  dari persamaan (15). Ulangi proses perhitungan sampai diperoleh hasil yang konvergen sehingga didapatkan harga  $S$  yang diharapkan.

Setelah nilai faktor hambatan jarak diperoleh, maka dibentuk matriks fungsi hambatan jarak. Diteruskan dengan proses iterasi untuk mendapatkan nilai  $A_i$  dan  $B_d$  yang tetap tetap ( konvergen ).

Dari hasil iterasi yang dilakukan didapat nilai  $A_i, O_i, B_d, D_d$ . Setelah nilai - nilai  $A_i, O_i, B_d, D_d$  diketahui, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai  $A_i, O_i, B_d, D_d$  kedalam persamaan  $T_{ij}$  model untuk membentuk Matrik Asal Tujuan dengan mendapatkan hasil masing-masing sel, pelaksanaannya sebagai berikut :

$$T_{11} = A_1 \cdot O_1 \cdot B_1 \cdot D_1 \cdot f(C_{11})$$

$$T_{12} = A_1 \cdot O_1 \cdot B_2 \cdot D_2 \cdot f(C_{12})$$

$$T_{mn} = A_n \cdot O_n \cdot B_m \cdot D_m \cdot f(C_{nm})$$

Nilai  $B$  hasil perhitungan untuk masing-masingnya seperti tercantum pada Tabel 4. Hasil perhitungan data distribusi perjalanan penumpang berdasarkan Metoda Analogi Fluida Tzylgalsky dan Gravity Model diurutkan berdasarkan zona asal dan tujuan seperti tercantum pada Tabel 5 s/d Tabel 8.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai  $B$  Bemo Lyn Q dan Lyn N

No.	Bemo	Jurusan	Wkt	Nilai
1	Lyn Q	Term. Brtng - JMP	Jam	0.160925
2		JMP - Term. Brtng	Sbk	0.169801
3		Term. Brtng - JMP	Jam	0.162067
4		JMP - Term. Brtng	Sepi	0.191639
5	Lyn N	Term. Brtng - JMP	Jam	0.143785
6		JMP - Term. Brtng	Sbk	0.135363
7		Term. Brtng - JMP	Jam	0.141116
8		JMP - Term. Brtng	Sepi	0.144767

#### 4.4. Pengujian model dengan Indikator Statistika

Hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian secara Paired T-test dan Confidence Interval, Mann-Withney dan Confidence Interval test, Root Means Square Error, menunjukkan adanya kesesuaian antara model dan data lapangan

Tabel 5. Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov

No.	Bemo	Wkt Peng.	Jurusan	Uji Kolmogorov-Smirnov				Keterangan
				ks		p-value		
				AF	GM	AF	GM	
1	Lyn Q	Jam Sbk	T. Brtng - JMP	0.1364	0.1364	0.575	0.575	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$
2			JMP - T. Brtng	0.1364	0.1364	0.575	0.575	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$
3		Jam Sepi	T. Brtng - JMP	0.2424	0.2424	0.041	0.041	Tolak Ho untuk $\alpha = 5\%$ , tetapi Ho diterima untuk $\alpha = 4\%$
4			JMP - T. Brtng	0.1667	0.1667	0.320	0.320	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$
5	Lyn N	Jam Sbk	T. Brtng - JMP	0.1778	0.1778	0.480	0.480	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$
6			JMP - T. Brtng	0.2222	0.2222	0.218	0.218	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$
7		Jam Sepi	T. Brtng - JMP	0.1778	0.1778	0.480	0.480	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$
8			JMP - T. Brtng	0.2667	0.2667	0.081	0.081	Terima Ho untuk $\alpha = 5\%$

Tabel 6. Hasil Uji Nilai RMSE

No.	Bemo	Wkt Pengtn	Jurusan	Nilai RMSE		Keterangan
				Model AF	Model GR	
1	Lyn Q	Jam Sibuk	T. Brtng - JMP	0.262680	0.262792	AF lebih baik dari MG
2			JMP - T. Brtng	0.290711	0.290711	AF sama dengan MG
3		Jam Sepi	T. Brtng - JMP	0.265265	0.265378	AF lebih baik dari MG
4			JMP - T. Brtng	0.211028	0.211028	AF sama dengan MG
5	Lyn N	Jam Sibuk	T. Brtng - JMP	0.481830	0.481830	AF sama dengan MG
6			JMP - T. Brtng	0.255992	0.255992	AF sama dengan MG
7		Jam Sepi	T. Brtng - JMP	0.346634	0.346634	AF sama dengan MG
8			JMP - T. Brtng	0.222753	0.222753	AF sama dengan MG

Tabel 7. Daftar Nama Angkutan Kota yang melewati Terminal Bratang

No.	Nama Angkot	Rute/jalur yang dilewati
1	BM	T. Bratang – Menanggal
2	JBM	Joyoboyo – T. Bratang – Medokan
3	N	<b>Jembatan Merah - Menur - T. Bratang</b>
4	Q	<b>Jembatan Merah - T. Bratang</b>
5	RBK	Rungkut – T. Bratang – Kenjeran
6	RT	Rungkut – T. Bratang - Pasar Turi
7	S	Joyoboyo – T. Bratang - Kenjeran
8	UBB	Ujung Baru – T. Bratang
9	WB	T. Bratang - Wonosari Lor

Sumber : Dinas Perhubungan Pemerintah Kota Surabaya 2004

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa penyebaran perjalanan penumpang Bemo Lyn Q dan bemo Lyn N yang dibentuk dalam suatu Matrik Asal Tujuan (MAT) berdasarkan Model Analogi Fluida Tzygalnitski dan Model Gravity mempunyai kesesuaian bentuk dengan penyebaran penumpang hasil observasi lapangan (data), hal ini dapat dilihat dari hasil uji Kolmogorov-Smirnov bila taraf nyata  $\alpha = 4\%$ . Tetapi untuk taraf nyata  $\alpha = 5\%$ , pengujian terhadap penyebaran penumpang Bemo Lyn Q Jurusan Terminal Bratang - JMP pengamatan Jam Sepi tidak memenuhi (penyebarannya tidak sama), nilai p-valuenya = 0.041 < 0.05 sehingga Tolak Ho, untuk yang lain nilai p-valuenya > 0.05 sehingga terima Ho.

2. Rata-rata penyebaran perjalanan penumpang dalam bentuk Matrik Asal Tujuan (MAT) hasil perhitungan berdasarkan Model Analogi Fluida Tzygalnitski dan Model Gravity mempunyai kesesuaian dengan rata-rata penyebaran penumpang hasil observasi lapangan (data). Hal ini dapat dilihat dari hasil uji Paired T-Test and Confidence Interval dan Mann-Whitney Confidence Interval and Test.

3. Hasil uji Root Means Square Error (RMSE) secara garis besar menunjukkan bahwa model penyebaran penumpang yang dibentuk berdasarkan Model Analogi Fluida sama dengan dibentuk berdasarkan Model Gravity, tetapi pada pemodelan penyebaran penumpang Bemo Lyn Q Jam Sibuk Jurusan Terminal Bratang - JMP terjadi perbedaan. Ini dapat dilihat dari nilai RMSE untuk perhitungan dengan Metoda Analogi Fluida Tzygalnitski = 0.262680 dan nilai



RMSE untuk perhitungan dengan Model Gravity = 0.262792, perbedaannya terdapat pada desimal keempat.

4. Bentuk umum pemodelan penyebaran penumpang hasil perhitungan dengan Model Gravity untuk masing-masing angkutan kota adalah :

- a. Bemo Lyn Q, Jam Sibuk, Jurusan Terminal Bratang - JMP :

$$T_{ij\ model} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.160925 C_{ij})$$

- b. Bemo Lyn Q, Jam Sibuk, Jurusan JMP - Terminal Bratang :

$$T_{ij\ mod\ el} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.169801 C_{ij})$$

- c. Bemo Lyn Q, Jam Sepi, Jurusan JMP - Terminal Bratang :

$$T_{ij\ model} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.191639 C_{ij})$$

- d. Bemo Lyn N, Jam Sibuk, Jurusan Terminal Bratang - JMP :

$$T_{ij\ mod\ el} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.143785 C_{ij})$$

- e. Bemo Lyn N, Jam Sibuk, Jurusan JMP - Terminal Bratang :

$$T_{ij\ mod\ el} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.135363 C_{ij})$$

- f. Bemo Lyn N, Jam Sepi, Jurusan Terminal Bratang - JMP :

$$T_{ij\ mod\ el} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.14112 C_{ij})$$

- g. Bemo Lyn N, Jam Sepi, Jurusan JMP - Terminal Bratang :

$$T_{ij\ mod\ el} = A_i O_i B_d D_d \exp(-0.144767 C_{ij})$$

5. Secara umum dapat dikatakan bahwa penyebaran perjalanan (trip distribusi) penumpang angkutan kota Bemo Lyn Q dan Bemo Lyn N mempunyai kesamaan antara hasil perhitungan dengan Model Analogi Fluida dan Model Gravity. Perbedaan hanya terletak pada tingkat signifikan angka yang di gunakan, semakin besar angka signifikan yang dipilih maka akan semakin kelihatan kesamaannya demikian pula sebaliknya bila semakin kecil angka signifikannya maka akan kelihatan perbedaan antar keduanya. Perbedaannya menunjukkan

bahwa Model Analogi Fluida lebih baik dari pada Model Gravity.

## 5.2. Saran

Sehubungan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemodelan penyebaran perjalanan penumpang berdasarkan Metoda Analogi Fluida lebih baik dari Model Gravity, maka dianjurkan agar perhitungan penyebaran perjalanan untuk berbagai lokasi lainnya juga menggunakan metoda ini agar nantinya dapat dilihat dan dibandingkan hasil permodelannya.

## 5. DAFTAR ACUAN

Ang, Alfredo dan Tang, Wilson (1975), *Probability Concepts in Engineering Planning and Design*, Volume 1, Basic Principles, John Willey & Sons, New York.

Herijanto, W (1997), *Evaluasi Demand Penumpang dan Jaringan Angkutan Umum Surabaya*, Torsi, Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil, Edisi Mei 1997, Jurusan Teknik Sipil - FTSP - ITS, Surabaya.

Herijanto, W (2001), *Pemodelan Distribusi Perjalanan Penumpang pada Satu Jalur Bus Antar Kota dengan Metoda Analogi Fluida dengan Studi kasus Jalur Surabaya - Jember*, ,Simposium ke-4 Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FTSP), Denpasar 1 Nopember 2001, Udayana - Bali.

Tamin, O.Z (1997), *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.

....., (1997), *Modul Pelatihan Perencanaan Sistem Angkutan Umum*, Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat ITB bekerjasama dengan Kelompok Bidang Keahlian Rekayasa Transportasi Jurusan Teknik Sipil, FTSP - ITB, Bandung

....., (2000), *Surabaya City Map*, Diterbitkan oleh CV. Indo Prima Sarana, Surabaya.