

## PROGRAM KOMPUTER UNTUK PEMODELAN SEBARAN PERGERAKAN

**Rudy Setiawan, ST., MT.**

Staf Pengajar Fakultas  
Teknik Sipil & Perencanaan  
Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya, 60236  
(P):031-8494831(F):031-8417658  
rudy@peter.petra.ac.id

**Sukanto Tedjokusuma, Ir., M.Sc.**

Staf Pengajar Fakultas  
Teknik Sipil & Perencanaan  
Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya, 60236  
(P):031-8494831(F):031-8417658  
sukanto@peter.petra.ac.id

**Jenny Purwonegoro, ST.**

Alumni Fakultas  
Teknik Sipil & Perencanaan  
Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya, 60236  
(P):031-8494831(F):031-8417658

### Abstrak

Pembuatan program ini bertujuan untuk membantu perencana transportasi dalam melakukan pemodelan Matriks Asal-Tujuan (MAT) untuk menganalisa pola pergerakan transportasi pada suatu wilayah. Dengan mempergunakan program komputer waktu perhitungan bisa dihemat dengan ketelitian yang lebih bisa diandalkan.

Program dikhususkan hanya untuk memodelkan sebaran pergerakan dengan Metode Analogi (*unconstrained, single-constrained, double-constrained*) dan Metode Sintetis (*gravity*) dengan kemampuan untuk mengestimasi MAT dan mengkalibrasi parameter fungsi aksesibilitas ( $C_{id}$ ).

Program yang dihasilkan berbasis *Windows* dengan mempergunakan bahasa pemrograman *Delphi* karena relatif mudah dipakai dan menghasilkan tampilan (*interface*) yang bagus. Verifikasi program dilakukan dengan membandingkan antara hasil perhitungan secara manual dan output program dengan *Least Square Method* sehingga diperoleh besarnya *Sum of Square Error* (SSE) berkisar antara 0 hingga 3,4655.

**Kata-kata kunci:** Model Sebaran Pergerakan, Metode Analogi, Metode Sintetis, Program Komputer.

### 1. PENDAHULUAN

Permasalahan transportasi banyak terjadi di negara berkembang. Hal ini dapat dihindari dengan perencanaan transportasi yang baik. Proses perencanaan ini membutuhkan perkiraan sebaran pergerakan di masa mendatang. Perkiraan ini didapatkan dari model sebaran pergerakan. Model yang baik adalah model yang mendekati kenyataan.

Untuk mendapatkan model yang baik ada beberapa metode. Pembahasan dibatasi pada metode Analogi dan Metode Sintetis (khususnya Gravity). Masalah yang dihadapi dalam pemodelan adalah frekuensi perubahan data yang relatif tinggi, ketidaktekelitian dalam menghitung (human error), serta optimasi dari perhitungan. Masalah ini dapat diatasi dengan penggunaan program komputer.

Pembuatan program komputer ini dapat mempermudah perhitungan dalam pemodelan. Khususnya pada Metode Gravity, program ini dapat mengkalibrasi parameter fungsi hambatan sampai galat antara model dengan kenyataan seminimum mungkin. Dengan adanya program komputer ini proses pemodelan dapat lebih singkat dengan galat yang minimum.

### 2. LANDASAN TEORI

Pola pergerakan dalam sistem transportasi dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode tertentu. Sering digambarkan dalam bentuk Matriks Pergerakan atau Matriks Asal-Tujuan (MAT). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh MAT di bawah ini (Tamin, 2000).

Tabel 1 Bentuk Umum Matriks Asal Tujuan (MAT)

| 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>N1</sub> | T <sub>N2</sub> | T <sub>N3</sub> | ... | T <sub>NN</sub> | O <sub>N</sub> |
| D <sub>d</sub> | D <sub>1</sub>  | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | ... | D <sub>N</sub>  | T              |

## 2.1. Metode-metode Mendapatkan MAT

Metode untuk mendapatkan MAT dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu metode Konvensional dan metode Tidak Konvensional. Metode Konvensional dibagi lagi menjadi metode langsung dan metode Tidak Langsung. Metode Tidak Langsung dibagi lagi menjadi metode Analogi dan metode Sintetis. Metode Analogi dibagi menjadi metode tanpa batasan (Uniform Constrained Growth Factor), metode dengan-satu-batasan (Singly Constrained Growth Factor), dan metode dengan-dua-batasan (Doubly Constrained Growth Factor).

## 2.2 Metode Analogi

Beberapa metode telah dikembangkan sampai saat ini. Setiap metode berasumsi bahwa pola pergerakan pada masa sekarang dapat diproyeksikan ke masa mendatang menggunakan tingkat pertumbuhan zona yang berbeda-beda. Semua metode pada dasarnya mempunyai persamaan umum seperti berikut:

$$T_{id} = t_{id} \cdot E \quad (1)$$

dimana:

$T_{id}$  = pergerakan pada masa mendatang dari zona asal i ke zona tujuan d

$t_{id}$  = pergerakan pada masa sekarang dari zona asal i ke zona tujuan d

E = tingkat pertumbuhan

Metode Analogi dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu metode tanpa-batasan, metode dengan-satu-batasan, dan metode dengan-dua-batasan. Urutan pengembangannya secara kronologis adalah metode seragam, metode batasan-bangkitan, metode batasan-tarikan, metode Rata-rata, metode Fratar, metode Detroit, dan metode Furness (Paquette 1982, Ortuzar dan Willumsen 1994, Tamin 2000)

## 2.3 Keuntungan dan Kerugian Metode Analogi

Metode Analogi ini mudah dimengerti dan digunakan, dan tidak memerlukan data aksesibilitas (waktu, jarak, dan biaya). Dan dapat diaplikasikan untuk berbagai macam moda transportasi, untuk tujuan yang berbeda, dan untuk selang waktu yang berbeda. Keuntungan ini juga merupakan kelemahan, karena metode ini hanya bisa dipakai untuk jangka pendek (Ortuzar dan Willumsen, 1994).

Di samping beberapa keuntungan di atas, metode ini juga memiliki keterbatasan dalam pemakaiannya. Tingkat akurasi MAT yang diperlukan sangat tinggi, karena metode ini sangat tergantung pada MAT. Galat yang terjadi pada pengambilan data untuk MAT sangat tinggi dan proses pemasukan data juga dapat menimbulkan galat tersendiri. Jadi, hasil akhir dari perhitungan dengan metode ini mungkin mengandung galat yang cukup tinggi.

Pada metode ini sel-sel MAT tidak boleh sama dengan 0 (nol), dan jika ada harus diasumsikan 1 (satu). Ini adalah kelemahan matematis yang umum dalam pemodelan. Metode ini dapat digunakan dengan baik untuk selang waktu pendek dan di daerah yang stabil pengembangan wilayahnya. Karena batasan di atas, metode analogi sangat jarang digunakan sekarang (Tamin, 2000).

## 2.4 Metode Sintetis

Metode sintetis dikembangkan untuk membantu memperkirakan pola pergerakan masa depan ketika perubahan-perubahan penting dalam bidang transportasi terjadi. Dimulai dari asumsi tentang alasan terjadinya pergerakan pada masa sekarang dan bagaimana hal tersebut dipengaruhi faktor-faktor luar seperti jumlah pergerakan dan jarak pergerakan.

Jika arus barang dan orang yang bergerak pada suatu tata guna lahan hendak dipelajari, harus dilakukan pemodelan hubungan antara arus dan penyebabnya. Arus pergerakan dapat dipelajari dengan membuat model yang mengaitkan besar dan arah arus (peubah tidak bebas) dengan peubah bebas sebagai ukuran struktur tata guna lahan (Tamin, 2000). Metode Sintetis juga dapat digunakan untuk mengisi sel MAT yang tidak terisi. Hal ini tidak dapat dilakukan dengan Metode Analogi.

## 2.5 Model-model dalam Metode Sintetis

Metode Sintetis dibagi menjadi 3 bagian, yaitu model *Opportunity*, model *Gravity*, dan model *Gravity-Opportunity*. Dalam tugas akhir ini yang akan dibahas adalah model *Gravity* saja.

### Model Gravity

Metode sintetis yang sering digunakan adalah model *gravity*. Konsep dasar metode ini berasal dari Hukum Gravitasi Newton. Gaya diasumsikan sebagai pergerakan antar dua daerah. Massa diasumsikan dengan populasi atau bangkitan dan tarikan pergerakan. Sedangkan jarak pada transportasi diasumsikan sebagai aksesibilitas (jarak, waktu dan biaya). Model Gravity dinyatakan sebagai berikut:

$$T_{id} = k \frac{O_i O_d}{d_{id}^2} \quad \text{dengan } k \text{ adalah konstanta} \quad (2)$$

dimana:

$T_{id}$  = jumlah pergerakan dari zona i ke zona d

$k$  = konstanta

$O_i, O_d$  = populasi atau bangkitan dan tarikan pergerakan

$d_{id}$  = jarak antara zona i ke zona d

Pergerakan antara zona asal i dan zona tujuan d berbanding lurus dengan  $O_i$  dan  $D_d$  and berbanding terbalik kuadratis terhadap jarak antara dua zona tersebut. Dalam bentuk matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$T_{id} \approx O_i \cdot D_d \cdot f(C_{id}) \quad (3)$$

dimana:

$O_i$  = bangkitan pergerakan zona i

$D_d$  = tarikan pergerakan zona d

$f(C_{id})$  = fungsi aksesibilitas (jarak, waktu dan biaya)

Dari persamaan di atas, jika salah satu nilai  $O_i$  dan salah satu nilai  $D_d$  menjadi dua kali, pergerakan antara kedua zona meningkat menjadi empat kali. Sebenarnya pergerakan diperkirakan meningkat hanya dua kali. Untuk itu diperlukan persamaan yang membatasi  $T_{id}$ . Persamaan pembatas tersebut adalah:

$$\sum_d T_{id} = O_i \quad (4)$$

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

dimana:

$O_i$  = total pergerakan yang berasal dari setiap zona i

$D_d$  = total pergerakan yang menuju ke zona d

Pengembangannya menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \quad (6)$$

dimana:

$A_i, B_d$  = faktor penyeimbang

Kedua persamaan pembatas dipenuhi jika digunakan konstanta  $A_i$  dan  $B_d$ , yang terkait dengan setiap zona bangkitan dan tarikan. Konstanta tersebut disebut faktor penyeimbang.

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

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

Pada hukum Newton, jarak adalah suatu penghambat dalam gaya tarik/tolak. Dalam transportasi, penghambat yang umum tidak hanya berupa jarak, tetapi aksesibilitas. Aksesibilitas ini adalah kombinasi dari jarak, waktu dan biaya. Bentuk umum jarak, waktu, dan biaya disebut fungsi hambatan.

Persamaan  $A_i$  dan  $B_d$  didapatkan secara berulang-ulang. Dimulai dengan nilai awal  $A_i$  atau  $B_d = 1$ . Nilai  $B_d$  untuk setiap  $d$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8), yang nilainya kemudian digunakan untuk menghitung kembali nilai  $A_i$ . Proses ini diulangi sampai nilai  $A_i$  dan  $B_d$  menghasilkan nilai yang konvergen.

## 2.6 Fungsi hambatan

Fungsi hambatan dianggap sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antara zona  $i$  dengan zona  $d$ . Ada beberapa jenis fungsi hambatan yang dapat digunakan dalam model gravity (Setiawan, 2001):

- $f(C_{id}) = 1/(1+Cid^a)$  (9)

- $f(C_{id}) = 1/(1+e^{a.Cid})$  (10)

- $f(C_{id}) = 1/(Cid^a)$  (11)

- $f(C_{id}) = 1+(1+a.Cid^b)$  (12)

- $f(C_{id}) = 1+(1+a.e^{b.Cid})$  (13)

- $f(C_{id}) = 1+(1+a.Cid)$  (14)

- $f(C_{id}) = 1+(Cid^a)$  (15)

- $f(C_{id}) = 1+ e^{a.Cid}$  (16)

- $f(C_{id}) = Cid^{-a}$  (17)

- $f(C_{id}) = Cid^{-a} \cdot e^{-b.Cid}$  (18)

- $f(C_{id}) = e^{-a.Cid}$  (19)

dimana:

$(C_{id})$  = Aksesibilitas antara zona  $i$  ke zona  $d$

$\alpha, \beta$  = parameter fungsi aksesibilitas

## 2.7 Jenis model gravity

Ada 4 jenis model gravity yaitu tanpa-batasan (UCGR), dengan-batasan-bangkitan (PCGR), dengan- batasan-tarikan (ACGR), dan dengan-batasan-bangkitan-tarikan (PACGR). Model PCGR dan ACGR sering disebut model-dengan-satu-batasan (SCGR), sedangkan model PACGR disebut model dengan-dua batasan (DCGR) (Ortuzar dan Willumsen 1994, Tamin 2000).

### Model UCGR

Model ini sedikitnya mempunyai satu batasan, yaitu total pergerakan yang dihasilkan harus sama dengan total pergerakan yang diperkirakan dari tahap bangkitan pergerakan.

Model ini bersifat tanpa-batasan, jadi model ini tidak diharuskan menghasilkan total yang sama dengan total pergerakan dari dan ke setiap zona yang diperkirakan oleh tahapan bangkitan pergerakan.

### Model PCGR

Pada model ini, total bangkitan pergerakan harus sama dengan total pergerakan yang dihasilkan pemodelan. Bangkitan pergerakan yang dihasilkan model harus sama dengan hasil bangkitan pergerakan yang diinginkan.

### Model ACGR

Pada model ini, total tarikan pergerakan harus sama dengan total pergerakan yang dihasilkan pemodelan. Tarikan pergerakan yang dihasilkan model harus sama dengan hasil tarikan pergerakan yang diinginkan.

### Model DCGR

Pada model ini, total bangkitan dan tarikan pergerakan harus sama dengan total pergerakan yang dihasilkan pemodelan. Kedua faktor penyeimbang dihitung secara bergantian sampai mencapai konvergensi.

## 2.8 Kalibrasi Model Gravity

Parameter fungsi hambatan dalam model Gravity tidak selalu diketahui. Jika hal ini terjadi, perlu dilakukan kalibrasi. Metode untuk kalibrasi ini ada beberapa macam. Dalam hal ini, digunakan metode penaksiran kuadrat terkecil.

Metode ini mengkalibrasi parameter fungsi hambatan yang tidak diketahui dengan meminimumkan kuadrat dari selisih antara hasil pemodelan dengan data pengamatan. Dari persamaan (9-19) dapat dilihat bahwa parameter yang dikalibrasi ( $\alpha$  dan  $\beta$ ) tidak berhubungan linear dengan jumlah perjalanan. Oleh karena itu, digunakan metode Kuadrat Terkecil Tidak Linear. Secara matematis, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Meminimumkan } S = \sum_i \sum_d \left( (T_{ij} - \hat{T}_{ij})^2 \right) \quad (20)$$

Jika ada dua parameter yang tidak diketahui, digunakan persamaan berikut:

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = \sum_i \sum_d \left( 2(T_{ij} - \hat{T}_{ij}) \frac{\partial T_{ij}}{\partial \alpha} \right) = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = \sum_i \sum_d \left( 2(T_{ij} - \hat{T}_{ij}) \frac{\partial T_{ij}}{\partial \beta} \right) = 0 \quad (22)$$

Persamaan (20-22) dapat diselesaikan dengan metode Newton-Raphson dan eliminasi matriks sederhana (Tamin, 2000).

## 3. PEMBUATAN PROGRAM

Bahasa pemrograman yang dipakai untuk pembuatan program adalah Delphi. Bahasa pemrograman ini dipilih karena relatif lebih mudah dipakai dan dapat menghasilkan tampilan (*interface*) yang relatif bagus. Selain itu, program yang dihasilkan merupakan program yang berbasis windows. Windows adalah *software* yang sudah sangat familiar dengan para pengguna komputer sekarang ini. Jadi program ini akan relatif mudah dipakai oleh siapa saja.

Untuk menggunakan Delphi ini, komputer harus mempunyai sistem operasi Windows 95. Karena pengguna Windows 95 sudah relatif banyak, maka kualifikasi ini tidak begitu berat. Dengan kata lain, program ini bisa dijalankan di hampir semua komputer yang ada pada saat ini. Spesifikasi minimum yang dibutuhkan untuk Delphi adalah Processor 80586,

Memori 16 Megabyte, ruang harddisk untuk instalasi minimum sekitar 130 Megabyte (Andi, 2001).

#### **4. PENGGUNAAN PROGRAM**

##### **4.1 Memulai Suatu Pemodelan Menggunakan Program.**

Pada saat program dipakai, pertama akan muncul judul program. Jika dilanjutkan, user akan melihat pilihan Menu Utama (Main Menu). Pada Menu Utama ini ada tiga pilihan:

- a. New : Untuk memulai pemodelan dari awal.
- b. Open : Untuk membuka kembali data yang disimpan.
- c. Exit : Untuk keluar dari program.

Jika menu 'New' dipilih, selanjutnya user menginputkan jumlah zona yang akan dimodelkan. setelah memasukkan jumlah zona, program akan menampilkan Menu Input'. Input ini akan dipakai pada Menu Results.

##### **4.2 Menu Input**

Dalam pemodelan ada beberapa metode, setiap metode akan membutuhkan jenis input yang berbeda. Program ini menyediakan beberapa menu input yang dapat digunakan user sesuai dengan kebutuhan. Misalnya, jika *user* ingin memodelkan dengan Metode Tanpa Batasan, input yang diperlukan adalah input MAT dan input faktor pertumbuhan.

Menu input terdiri dari:

- a. Trip Matrix, jika menu ini dipilih, program akan menampilkan stringgrid untuk diinput user. Input ini kemudian akan dijadikan input MAT.
- b. Cost Matrix, yang perlu diinputkan di sini adalah biaya (yang telah dikonversikan) yang dibutuhkan dari zona asal ke zona tujuan.
- c. Growth Factor, faktor pertumbuhan zona asal dan zona tujuan. Faktor pertumbuhan bisa faktor pertumbuhan zona per tahun atau per sepuluh tahun, tergantung input dari user. Hal yang terpenting dalam pengisian input ini adalah konsistensi. Misalnya, user menggunakan faktor pertumbuhan daerah per tahun untuk zona A maka faktor pertumbuhan untuk zona lainnya juga harus per tahun.
- d. Parameter, fungsi hambatan dalam model Gravity menggunakan parameter. Jumlah parameter yang digunakan bisa satu atau dua tergantung pilihan fungsi hambatan. Jika user menggunakan fungsi hambatan yang hanya menggunakan satu parameter ( $\alpha$ ), maka parameter  $\beta$  harus diinput sama dengan nol.
- e. Estimated Sums of Trip Matrix, input ini terdiri dari dua matriks, yaitu jumlah bangkitan dan tarikan pergerakan yang diperkirakan. Jumlah bangkitan pergerakan yang diperkirakan didapatkan dengan mengalikan jumlah bangkitan pergerakan di setiap zona dengan faktor pertumbuhan zona asal. Sedangkan, jumlah tarikan pergerakan yang diperkirakan didapatkan dengan mengalikan jumlah tarikan pergerakan di setiap zona dengan faktor pertumbuhan zona tujuan. Input ini dipakai untuk model Gravity, jika MAT tidak tersedia lengkap.
- f. Fratar Trip Matrix, input ini hanya dipakai jika user akan menggunakan metode Fratar. Metode Fratar ini mempunyai keunikan bahwa jumlah pergerakan dari zona asal ke zona tujuan sama dengan jumlah pergerakan dari zona tujuan ke zona asal. Juga dengan asumsi pergerakan intra zona tidak ada.

##### **4.3 Menu Results**

Menu results ini terbagi menjadi dua bagian besar, Metode Analogi dan Metode Sintetis. Metode Analogi dibagi menjadi: Uniform Growth Factor, Origin Constrained Growth Factor, Destination Constrained Growth Factor, Average, Fratar, Detroit, dan Furness.

Pada umumnya Metode Analogi memerlukan input MAT dan faktor pertumbuhan saja. Hanya pada penggunaan metode Fratar, input yang digunakan hanya Fratar trip matrix dan faktor pertumbuhan zona tujuan saja.

Metode Sintetis (dalam hal ini *Gravity*) memerlukan fungsi hambatan dalam pemodelannya. Pada program ini ada 11 pilihan fungsi hambatan. Pada saat menu Sintetis (*Gravity*) dipilih, maka berikutnya program akan menampilkan pilihan fungsi hambatan.

Model Gravity ini dibagi menjadi dua bagian lagi, yaitu estimasi dan kalibrasi. Estimasi dilakukan jika parameter  $\alpha$  dan atau  $\beta$  diketahui. Pada proses estimasi ini juga, pemodelan dibagi menjadi dua cara tergantung input yang tersedia. Pemodelan bisa didasarkan MAT, jika ada. Jika tidak ada dapat digunakan jumlah bangkitan dan tarikan pergerakan yang diperkirakan.

Kalibrasi dilakukan jika parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  tidak diketahui. Proses ini akan mengkalibrasi parameter sedemikian sehingga dengan fungsi hambatan yang dipilih dan input MAT yang ada dapat diperoleh model yang mendekati data pengamatan.

## 5 VERIFIKASI

Setelah program selesai dibuat, dilakukan verifikasi. Verifikasi ini dilakukan dengan menghitung selisih kuadrat (*Least Square*) hasil yang ada di program dengan contoh hasil perhitungan yang ada sehingga diperoleh besarnya *Sum of Square Error* (SSE) berkisar antara 0 hingga 3,4655.

## 6 TAMPILAN PROGRAM

Berikut ini diperlihatkan contoh tampilan dari program sebagaimana terlihat pada Gambar 1 s/d 7, pada contoh tersebut dilakukan pemodelan sebaran pergerakan DCGR

Estimated sums of matrix

| Zona | $D_i$ |
|------|-------|
| 1    | 200   |
| 2    | 300   |
| 3    | 350   |
| 4    | 150   |

Use input

Cancel

| Zona  | 1   | 2   | 3   |
|-------|-----|-----|-----|
| $D_i$ | 300 | 200 | 150 |

Gambar 1. Tampilan Input Cost Matrix

| Zona | 1  | 2  | 3  | 4  |
|------|----|----|----|----|
| 1    | 5  | 20 | 35 | 50 |
| 2    | 15 | 10 | 50 | 25 |
| 3    | 55 | 25 | 10 | 30 |
| 4    | 25 | 15 | 45 | 5  |

Gambar 2. Tampilan Input Estimasi Bangkitan dan Tarikan Pergerakan Setiap Zona

Please choose Cost function

Cost function

☐  $1/(1+Cid^a)$ 
☐  $1+Cid^a$

☐  $1/(1+e^{(a.Cid)})$ 
☐  $1+e^{(a.Cid)}$

☐  $1/(Cid^a)$ 
☐  $Cid^{-a} \cdot e^{-b.Cid}$

☐  $1+(1+a.Cid^b)$ 
☐  $e^{(a.Cid)}$

☐  $1+(1+a.e^{(b.Cid)})$ 
☒  $e^{-a.Cid}$

☐  $1+(a.Cid)$

Gambar 3. Tampilan Input Pemilihan Fungsi Hambatan

Parameter

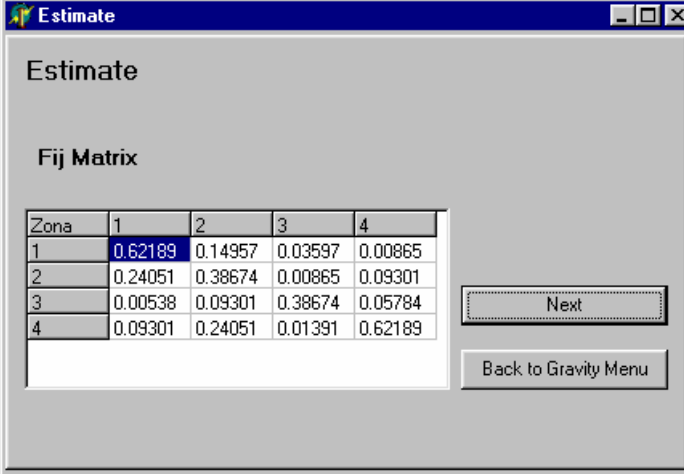
Alpha

Beta

If you do not use beta value, input 0 to beta

Gambar 4. Tampilan Input Parameter Fungsi Hambatan





**Estimate**

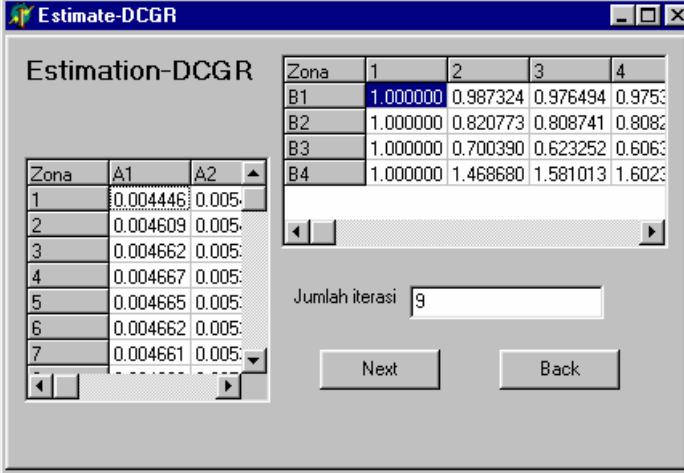
Fij Matrix

| Zona | 1       | 2       | 3       | 4       |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 1    | 0.62189 | 0.14957 | 0.03597 | 0.00865 |
| 2    | 0.24051 | 0.38674 | 0.00865 | 0.09301 |
| 3    | 0.00538 | 0.09301 | 0.38674 | 0.05784 |
| 4    | 0.09301 | 0.24051 | 0.01391 | 0.62189 |

Next

Back to Gravity Menu

Gambar 5. Tampilan Matriks  $\exp(-\beta C_{id})$



**Estimate-DCGR**

Estimation-DCGR

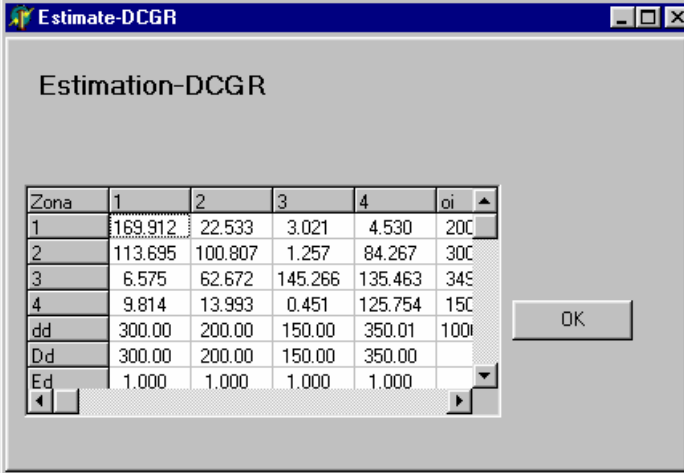
| Zona | A1       | A2    |
|------|----------|-------|
| 1    | 0.004446 | 0.005 |
| 2    | 0.004609 | 0.005 |
| 3    | 0.004662 | 0.005 |
| 4    | 0.004667 | 0.005 |
| 5    | 0.004665 | 0.005 |
| 6    | 0.004662 | 0.005 |
| 7    | 0.004661 | 0.005 |

| Zona | 1        | 2        | 3        | 4      |
|------|----------|----------|----------|--------|
| B1   | 1.000000 | 0.987324 | 0.976494 | 0.9753 |
| B2   | 1.000000 | 0.820773 | 0.808741 | 0.8082 |
| B3   | 1.000000 | 0.700390 | 0.623252 | 0.6063 |
| B4   | 1.000000 | 1.468680 | 1.581013 | 1.6023 |

Jumlah iterasi 9

Next Back

Gambar 6. Tampilan Nilai  $A_i$  dan  $B_d$  Pada Setiap Pengulangan



**Estimate-DCGR**

Estimation-DCGR

| Zona | 1       | 2       | 3       | 4       | oi  |
|------|---------|---------|---------|---------|-----|
| 1    | 169.912 | 22.533  | 3.021   | 4.530   | 200 |
| 2    | 113.695 | 100.807 | 1.257   | 84.267  | 300 |
| 3    | 6.575   | 62.672  | 145.266 | 135.463 | 345 |
| 4    | 9.814   | 13.993  | 0.451   | 125.754 | 150 |
| dd   | 300.00  | 200.00  | 150.00  | 350.01  | 100 |
| Dd   | 300.00  | 200.00  | 150.00  | 350.00  |     |
| Ed   | 1.000   | 1.000   | 1.000   | 1.000   |     |

OK

Gambar 7. MAT Akhir Hasil Model DCGR (setelah pengulangan ke-9)

## **7. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **7.1 Kesimpulan**

- ♦ Dengan menggunakan program komputer ini galat yang terjadi lebih kecil. Galat yang mungkin terjadi adalah galat pada waktu pengambilan dan pemasukan data.
- ♦ Selain menggunakan program ini, kalibrasi dapat dilakukan dengan menggunakan *solver* pada Excel. Tetapi kendalanya adalah jika ada penambahan jumlah zona, maka program yang ada harus dimodifikasi lagi. Sedangkan pada program ini *user* dapat menginputkan jumlah zona yang diinginkan (maksimum 4x4 untuk *Student version*).
- ♦ Penggunaan program ini akan sangat membantu proses perencanaan transportasi terutama pada tahap pemodelan sebaran pergerakan.

### **7.2 Saran**

Karena keterbatasan waktu, program ini hanya mencakup metode Analogi dan metode Sintetis (hanya *Gravity*). Untuk selanjutnya, program ini bisa dilengkapi dengan metode lainnya yang belum diprogramkan. Misalnya, model *Opportunity*, model *Gravity Opportunity*, dan sebagainya.

## **8. DAFTAR PUSTAKA**

- ♦ Ortuzar, J.D. & Willumsen, L.G., 1994, **Modelling Transport**, John Wiley & Sons Ltd., New York:
- ♦ Andi, 2001, **Panduan Praktis Pemrograman Borland Delphi 5.0**, Wahana Komputer, Semarang.
- ♦ Paquette, A., Ashford, N.J., Wright, P.H., 1982, **Transportation Engineering** (2<sup>nd</sup> ed), John Wiley & Sons, Canada.
- ♦ Setiawan, R., 2001, **Optimasi Kinerja Sistem Elevator pada Gedung P.**, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- ♦ Tamin, O.Z., 2000, **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi**, Edisi ke-2, ITB, Bandung..