

TRIP DISTRIBUTION FOR USING “POWER FUNCTION” DOUBLE CONSTRAINED GRAVITY MODEL (STUDY LITERATURE)

DISTRIBUSI PERJALANAN DENGAN PENDEKATAN “FUNGSI POWER” MODEL GRAVITASI KENDALA GANDA (STUDI PUSTAKA)

Zilhardi Idris ¹⁾

¹⁾ Staf Pengajar – Progdil Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta. E-mail : Zhi_ums@yahoo.com

ABSTRACT

Take into account the travel distribution is very important in transportation planning, there are many approaches/methods that can be used for this analysis, one of which is a double constraint gravity model where resistance factor used here one of them is a function of Power. The procedure is to do well on the trip generation limits and the pull of the trip with some time simulation so get total trips generated by the total attraction of the trip. The exponent of the function constraints will determine the size of the resulting reduction in travel distribution.

Key words: travel distribution model doubles the gravity constraints, the power function

ABSTRAK

Memperhitungkan distribusi perjalanan merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan transportasi, ada banyak pendekatan/ metode yang dapat digunakan untuk analisis ini, salah satunya adalah model gravitasi kendala ganda dimana faktor hambatan yang dipakai disini salah satunya adalah fungsi Power. Prosedur yang dilakukan adalah dengan melakukan batasan baik terhadap bangkitan perjalanan maupun pada tarikan perjalanan dengan beberapa kali simulasi sehingga mendapatkan total perjalanan yang dibangkitkan seimbang dengan total tarikan perjalanan. Nilai eksponen dari fungsi kendala akan sangat menentukan besar kecilnya penurunan distribusi perjalanan yang dihasilkan.

Kata-kata kunci : distribusi perjalanan, model gravitasi kendala ganda, fungsi power

PENDAHULUAN

Estimasi bangkitan dan tarikan perjalanan (*production and attraction trip*) antar kawasan adalah hal yang sangat penting dalam bidang perencanaan transportasi. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan berbagai kebijakan transportasi masa yang akan datang. Seperti halnya di bidang teknik lalu lintas khususnya, cara yang paling lazim dipakai untuk mendapatkan data matrik asal tujuan (MAT) adalah dengan menggunakan survai wawancara di tepi jalan atau wawancara berdasarkan basis rumah tangga. Pekerjaan ini tentu akan memerlukan tenaga surveyor yang banyak, waktu yang lama, berpotensi mengganggu pengguna jalan, serta membutuhkan tingkat ketelitian yang sangat tinggi dan ini semua memerlukan biaya yang cukup besar pula.

Untuk mengantisipasi persoalan ini dicoba dikembangkan suatu metode, salah satunya adalah metode dengan pendekatan “gravity model” . sebenarnya pendekatan dengan “gravity model” bukanlah satu-satunya cara, melainkan masih ada pendekatan yang lain seperti metode pertumbuhan (*growth factor method*). Model gravitasi disini dasar pemikirannya adalah memakai pendekatan konsep hukum Newton, yang menjelaskan bahwa besarnya gaya tarik menarik diantara dua benda sangat ditentukan atau dipengaruhi oleh jarak kedua benda tersebut. Dalam perencanaan transportasi “jarak” dapat pula dikembangkan berupa waktu perjalanan (*travel tim*) atau biaya perjalanan (*travel cost*). Variabel ini disebut sebagai faktor rintangan atau hambatan atau kendala (*impedance*) dari dinamika antar zone atau kawasan.

Perbedaan metode “Growth Factor” dan “Gravity Model”

Secara konsep dasar dapat dijelaskan bahwa distribusi perjalanan dalam perencanaan transportasi dengan pendekatan

“growth factor” hanya membutuhkan data eksisting serta prediksi pertumbuhan yang terjadi di zone studi, modelnya simpel untuk dioperasikan. Dalam metode ini tidak memperhitungkan sama sekali berbagai hambatan/rintangan/kendala (*impedance*) yang terjadi seperti nilai biaya, waktu serta jarak, sehingga tingkat akurasi hasil model memiliki deviasi yang cukup besar. Jadi pola pergerakan perjalanan antar matrik asal-tujuan terlihat sederhana dan tidak dapat mengakomodasi perubahan-perubahan yang sedang dan akan terjadi.

Sedangkan metode “gravity model” justru sebaliknya, model memperhitungkan berbagai hambatan seperti nilai biaya, waktu serta jarak perjalanan. Model yang dibangun cukup rumit berdasarkan tipe yang ada, namun akan menghasilkan perhitungan model yang cukup teliti dan akurat.

Model Gravitasi (Gravity Model)

Substansi dari metode “gravity model” adalah berasal dari konsep “Hukum Gravitasi Newton” (Sir Isaac Newton) yang menyatakan bahwa “besar kecilnya gaya tarik menarik antara dua massa benda yang berdekatan, sangat tergantung atau sebanding dengan bobot masing-masing massa benda tersebut”. Penggunaan model ini mula-mulanya berawal dari gagasan yang dikembangkan oleh Colin Lee 1973 (W.G Hansen 1959). Hansen menjelaskan berkenaan dengan lokasi permukiman penduduk akan sangat dipengaruhi oleh daya tarik masing-masing lokasi, antara lain lapangan kerja, tingkat aksesibilitas, lahan yang tersedia dan layak.

Gravity model didasarkan kepada bangkitan dan tarikan perjalanan dari zone asal ke zone tujuan. Tingkat kemudahan (aksesibilitas) untuk mencapai zone tujuan sangat ditentukan oleh berbagai faktor atau fungsi dari biaya, waktu dan jarak.

Berdasarkan tipe pengendalian atau batasan dari setiap zone kegiatan, maka terdapat empat jenis metode *gravity model* yaitu:

1. *Un-constrained*
2. *Single constrained (production constrained)*
3. *Single constrained (attraction constrained)*
4. *Double constrained (production dan attraction constrained)*

$$\sum T_{ij} = D_j \quad (10)$$

Dengan : $A_i = [\sum \{ B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij}) \}]^{-1}$, untuk seluruh "i"
 $B_d = [\sum \{ A_i \cdot O_i \cdot f (C_{ij}) \}]^{-1}$, untuk seluruh "d"

Un-constrained gravity model

Dalam model yang dibangun ini tidak menghendaki untuk menghasilkan secara pasti jumlah perjalanan ke atau dari masing-masing zone ramalan, artinya mengabaikan batasan bangkitan maupun tarikan perjalanan yang terjadi. Formulasinya adalah sebagai berikut :

$$T_{ij} = O_i \cdot D_j \cdot f (C_{ij}) \quad (1)$$

dengan : $A_i = 1$ & $B_d = 1$ seimbang sama dengan satu dari masing-masing zone.

Single constrained (production constrained)

Pada model ini dijelaskan bahwa total *trip production* berhubungan dengan nilai zone ramalan yang telah ditentukan jumlah banyaknya secara independen (jumlah perjalanan dari zone asal dikendalikan). Formula yang dibangun adalah sebagai berikut :

$$T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij}) \quad (2)$$

$$\sum T_{ij} = O_i \quad (3)$$

$$O_i = \sum [A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij})] \quad (4)$$

dengan : $A_i = [\sum \{ B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij}) \}]^{-1}$, untuk seluruh "i"
 $B_d = 1$, untuk seluruh "d"

Menetapkan nilai ' B_d ' = 1, untuk semua 'd' adalah untuk menghilangkan batasan bangkitan perjalanan (O_i), dengan demikian model *production constrained* dapat dihasilkan.

Single constrained (attraction constrained)

Model ini menjelaskan bahwa total *trip attraction* berhubungan dengan nilai zone ramalan yang telah ditentukan jumlah banyaknya secara independen (jumlah perjalanan ke zone tujuan yang dikendalikan). Formula model yang dibangun adalah sebagai berikut :

$$T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij}) \quad (5)$$

$$\sum T_{ij} = D_j \quad (6)$$

$$D_j = \sum [A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij})] \quad (7)$$

dengan : $B_d = [\sum \{ A_i \cdot O_i \cdot f (C_{ij}) \}]^{-1}$, untuk seluruh "d"
 $A_i = 1$, untuk seluruh "i"

Selanjutnya menetapkan nilai ' A_i ' = 1, untuk semua 'i' adalah untuk menghilangkan batasan tarikan perjalanan (D_j), agar model *attraction constrained* dapat dihasilkan.

Double constrained

Model ini menjelaskan bahwa total *trip production* dan *trip attraction* yang berhubungan dengan zone ramalan, ke-duanya ditentukan (dibatasi) secara bebas, artinya jumlah perjalanan dari zone asal dan ke zone tujuan, sudah ditetapkan jumlah besarnya. Formula model yang dibangun adalah sebagai berikut :

$$T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f (C_{ij}) \quad (8)$$

$$\sum T_{ij} = O_i \quad (9)$$

Keterangan :

T_{ij} = jumlah perjalanan dari zone asal 'i' ke zone tujuan 'j'

O_i = jumlah perjalanan dari zone asal 'i'

D_j = jumlah perjalanan ke zone tujuan 'j'

A_i & B_d = faktor penyeimbang untuk masing-masing asal 'i' dan tujuan 'j'

$f (C_{ij})$ = fungsi umum biaya perjalanan (fungsi hambatan)

Hambatan/rintangan (*impedence function*) berupa *generalized cost* seperti biaya perjalanan, waktu perjalanan dan jarak perjalanan, dapat di formulasikan antara lain dalam bentuk model berikut :

Fungsi eksponensial (*exponential function*) :

$$f (C_{ij}) = e^{-\beta C_{ij}} \quad (11)$$

atau

$$f (C_{ij}) = \exp (- \beta C_{ij}) \quad (12)$$

Fungsi power :

$$f (C_{ij}) = C_{ij}^{-\alpha} \quad (13)$$

Fungsi kombinasi (Tanner function) :

$$f (C_{ij}) = C_{ij}^{-\alpha} \cdot e^{-\beta C_{ij}} \quad (14)$$

atau

$$f (C_{ij}) = C_{ij}^{-\alpha} \cdot \exp (- \beta C_{ij}) \quad (15)$$

Nilai "eksponen" dari fungsi hambatan

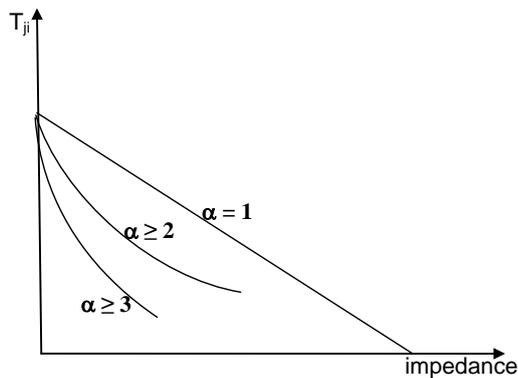
Secara umum dapat dijelaskan bahwa nilai pangkat (eksponen) dari faktor hambatan perjalanan dapat diformulasikan dalam bentuk :

$$T_{ij} = (O_i \cdot D_j) / C_{ij}^{\alpha} \quad (16)$$

dapat dirubah kedalam bentuk :

$$\text{Log } T_{ij} = \text{Log } O_i \cdot D_j - \alpha \cdot \text{Log } C_{ij} \quad (17)$$

Persamaan diatas analog dengan persamaan regresi linier pangkat satu $Y = a + bX$, sehingga nilai " b " (α) dapat dicari berdasarkan hubungan antara nilai ' Y ' dan nilai ' X '. Setiap perubahan nilai α akan berpengaruh terhadap aktivitas perjalanan yang dihasilkan, seperti ditunjukkan pada diagram (Gambar 1) dibawah ini.



Gambar 1. Regresi Linear fungsi hambatan

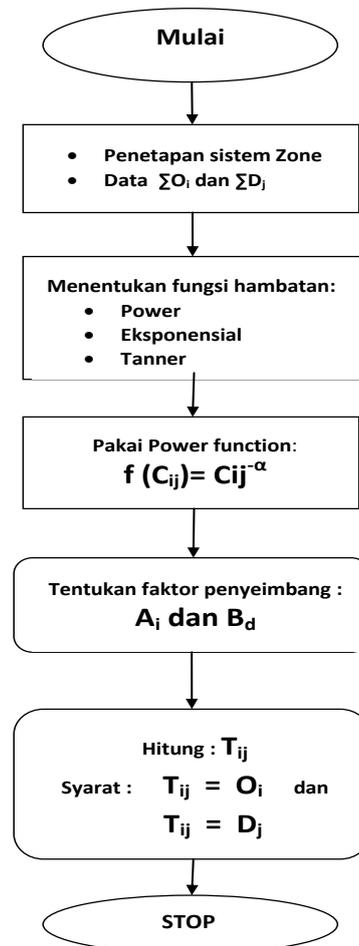
Dengan metode *least squares* akan dapat diperoleh persamaan garis yang paling sesuai menggambarkan hubungan titik-titik pembentuk garis tersebut. Persamaan umum garis regresi linier dengan dua variabel adalah $Y = a + bX$. Garis lengkung yang terlihat dari diagram diatas dapat dilinearakan dengan merubah salah satu atau kedua variabel (X dan Y) ke dalam bentuk logaritma atau logaritma natural (\ln). Dapat dilihat pada diagram di atas bahwa Total perjalanan yang didistribusikan akan semakin menurun, seiring dengan semakin membesarnya 'eksponen' dari hambatan perjalanan tersebut.

Metode Operasi Model

Metode operasi ini dirumuskan agar setiap langkah kegiatan yang dilakukan dapat berjalan dengan baik dan benar, sesuai dengan tujuan analisis model. Dalam pengembangan prediksi model kebutuhan transportasi secara umum, prosedur yang harus dilakukan adalah dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pertama yang perlu dilakukan adalah penetapan sistem zone yang saling berinteraksi, inter maupun antar zone.
2. Menetapkan estimasi awal nilai parameter ' α ' dan atau ' β ' sebagai fungsi hambatan (fungsi hambatan eksponensial, fungsi hambatan power dan fungsi hambatan tanner).
3. Memperkirakan matrik perjalanan dari dan ke zone dengan memperhitungkan seluruh fungsi rintangan.
4. Setelah fungsi hambatan diperoleh maka dilakukan perhitungan untuk menentukan faktor penyeimbang dengan beberapa kali iterasi secukupnya sampai mendapatkan nilai konvergensi tertentu. Prosedur ini akan berbeda berdasarkan menurut tipe/jenis batasan pada 'gravity model' yang digunakan.
5. Menetapkan nilai-nilai faktor penyeimbang
6. Kemudian perhitungan estimasi matrik asal-tujuan dari sub-zone asal ke sub-zone tujuan dapat dilakukan berdasarkan nilai faktor penyeimbang yang telah ditetapkan.

Untuk lebih jelasnya, prosedur tersebut diatas secara diagram dapat dijelaskan seperti *flow chart* berikut ini. Dalam analisa perhitungan sesuai dengan bagan alir, operasi yang dilakukan adalah dengan menghitung terlebih dahulu $D_j \cdot f(C_{ij})^\alpha$, kemudian dilanjutkan menghitung nilai ' B_d ' pada masing-masing sub-zone, dengan memisalkan $A_i = 1$. Langkah berikutnya menghitung kembali nilai ' A_i ' berdasarkan hasil nilai B_d yang diperoleh sebelumnya. Hal ini dilakukan beberapa kali iterasi sedemikian rupa, sampai memperoleh nilai ' A_i ' dan nilai ' B_d ' yang tidak akan berubah lagi (sudah stabil/jenuh).



Gambar 1 . Flow Chart Double constrained Gravity Model Method

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Objek yang dilakukan dalam menentukan sistem zone ini adalah 3 (tiga) zone di suatu kawasan kegiatan perkotaan, yang menunjukkan data-data kegiatan pergerakan. Dinamika di kawasan tersebut ditunjukkan atribut sebagai berikut, data statistik yang diperoleh menunjukkan bahwa lapangan kerja sebagai ' D_j ' yang ada di Kawasan 'A' sebanyak 6 ribu, di Kawasan 'B' sebanyak 10 ribu dan di Kawasan 'C' sebanyak 34 ribu jenis pekerjaan. Sedangkan jumlah pencari kerja sebagai ' O_i ' di setiap Kawasan "A"; "B" dan "C" adalah sebanyak 12 ribu di Kawasan 'A', sebanyak 16 ribu di kawasan 'B' dan di Kawasan 'C' adalah sebanyak 22 ribu pencari kerja. Nilai *travel distance* dari masing-masing sub-wilayah kegiatan, merupakan fungsi hambatan dalam bentuk $f(C_{ij})$, yang besarnya adalah sebagai berikut.

Tabel 1. *Travel Distance* sebagai fungsi hambatan $f(C_{ij})$

$O_i \backslash D_j$	Kawasan A	Kawasan B	Kawasan C
Kawasan A	2	6	7
Kawasan B	6	3	8
Kawasan C	7	8	4

Dengan diperolehnya *travel distance* sebagai fungsi hambatan $f(C_{ij})$ dari dan ke berbagai sub-wilayah tersebut, maka a-

kan dapat diperoleh hasil $D_j \cdot f(C_{ij})^{-\alpha}$, dengan *constrained* nilai α ditetapkan sebesar 2. Hasil perhitungannya seperti terlihat dalam tabel berikut.

Tabel 2. Daya tarik sub-zone 'D_j' terhadap fungsi hambatan $f(C_{ij})^{-\alpha}$.

O _i	D _j		
	Kawasan A	Kawasan B	Kawasan C
Kawasan A	1500,00	277,78	693,88
Kawasan B	166,67	1111,11	531,25
Kawasan C	122,45	156,25	2125,004

Hasil analisis

Untuk mencari faktor penyeimbang 'A_i' dan 'B_j', maka pertama kali diawali dengan menetapkan nilai A_i = 1 untuk menentukan nilai 'B_d' dan selanjutnya dilakukan beberapa kali ite-

rasi sampai mendapatkan nilai 'A_i' dan 'B_d' yang stabil atau tetap.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan sebanyak enam kali iterasi, dapat disampaikan rekapitulasi nilai faktor penyeimbang dalam Tabel 3.

Melihat hasil rekapitulasi tabel diatas, menunjukkan bahwa nilai B_d pada simulasi satu sampai dengan simulasi empat masih terjadi perubahan nilai, untuk itu dilanjutkan sampai simulasi ke lima dan ke enam, pada simulasi ke lima dan ke enam sudah tidak terjadi lagi perubahan, dalam arti sudah mendapatkan nilai yang tetap/stabil. Sedangkan pada nilai A_i perubahannya relative cukup kecil sehingga proses simulasi dapat dihentikan.

Melihat hasil rekapitulasi pada tabel 3, menunjukkan bahwa nilai B_d pada simulasi satu sampai dengan simulasi empat masih terjadi perubahan nilai, untuk itu dilanjutkan sampai simulasi ke lima dan ke enam, pada simulasi ke lima dan ke enam sudah tidak terjadi lagi perubahan, dalam arti sudah mendapatkan nilai yang tetap/stabil. Sedangkan pada nilai A_i perubahannya relative cukup kecil sehingga proses simulasi dapat dihentikan.

Tabel 3. Rekapitulasi nilai faktor penyeimbang

Prosedur	A _i 1	A _i 2	A _i 3	B _d 1	B _d 2	B _d 3
simulasi 1	1,1501	1,2828	0,8120	0,000257	0,000407	0,000535
simulasi 2	1,1903	1,3800	0,7591	0,000228	0,000340	0,000582
simulasi 3	1,1994	1,4082	0,7452	0,000221	0,000321	0,000595
simulasi 4	1,2014	1,4159	0,7416	0,000219	0,000317	0,000599
simulasi 5	1,2018	1,4179	0,7407	0,000219	0,000315	0,000600
simulasi 6	1,2019	1,4185	0,7404	0,000219	0,000315	0,000600

Dari hasil faktor penyeimbang yang telah diperoleh, dapat diperhitungkan nilai probabilitas distribusi perjalanan dari O_i ke sebagai sub-zone di ketiga wilayah tersebut, dimana hasilnya dapat ditampilkan sebagai berikut :

Probabilitas dari O_i ke D_j sebesar : $Prob_{ij} = A_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f(C_{ij})^{-\alpha}$.

Prob 1-1 = 1,2019 x 0,000219 x 1500,00 = 0,3947 = 39,47 %

Prob 1-2 = 1,2019 x 0,000315 x 277,780 = 0,1051 = 10,51 %

Prob 1-3 = 1,2019 x 0,000600 x 693,880 = 0,5002 = 50,02 %

Prob 2-1 = 1,4185 x 0,000219 x 166,667 = 0,0518 = 5,18 %

Prob 2-2 = 1,4185 x 0,000315 x 1111,111 = 0,4963 = 49,63 %

Prob 2-3 = 1,4185 x 0,000600 x 531,250 = 0,4520 = 45,20 %

Prob 3-1 = 0,7404 x 0,000219 x 122,449 = 0,0198 = 1,98 %

Prob 3-2 = 0,7404 x 0,000315 x 156,250 = 0,0364 = 3,64 %

Prob 3-3 = 0,7404 x 0,000600 x 2125,00 = 0,9437 = 94,37 %

Dari probabilitas distribusi perjalanan di atas, dapat diestimasi banyaknya distribusi perjalanan pencari kerja ke setiap sub-zone wilayah yang menyediakan lapangan kerja sebesar :

$T_{ij} = O_i \cdot A_i \cdot B_d \cdot D_j \cdot f(C_{ij})^{-\alpha}$, seperti diperlihatkan pada tabel berikut ini 4 berikut.

Dari hasil analisis seperti pada table 4 dapat dijelaskan bahwa pada baris pertama jumlah pekerja yang berasal dari Kawasan "A" sebanyak 12000 orang, terdistribusi sebanyak 4736 orang di dalam kawasan 'A' sendiri, 1261 orang di kawasan 'B' dan di Kawasan 'C' sebanyak 6003 orang pekerja. Begitu pula pada kolom pertama dapat dijelaskan bahwa jumlah lapangan pekerjaan yang ada di Kawasan 'A' sebanyak 6000 lapangan pekerjaan, dimana para pekerjaannya sebanyak 4736 orang berasal dari dalam kawasan 'A' sendiri, 828 orang pekerja

beasal dari kawasan 'B' dan 437 orang pekerja berasal dari Kawasan 'C'.

Tabel 4. Total distribusi perjalanan hasil pemodelan.

O _i	D _j		
	Kawasan A	Kawasan B	Kawasan C
Kawasan A	4736	1261	6003
Kawasan B	828	7940	7232
Kawasan C	437	801	20762

Pada baris kedua dimana jumlah pekerja dari kawasan 'B' sebanyak 16000 orang, terdistribusi di kawasan 'A' sebanyak 828 orang, dikawasan 'B' sendiri sebanyak 7940 orang dan di Kawasan 'C' sebanyak 7232 orang pekerja. Sedangkan pada kolom kedua dimana jumlah lapangan pekerjaan di kawasan 'B' sebanyak 10000 lapangan pekerjaan, sekitar 1261 nya diisi oleh pekerja dari kawasan 'A', 7940 nya diisi oleh pekerja dari kawasan 'B' sendiri, dan 801 lapangan pekerjaan diisi oleh pekerja dari kawasan 'C'.

Pada baris ketiga dengan jumlah pekerja dari Kawasan 'C' sebanyak 22000 pekerja, tersebar sebanyak 437 di kawasan 'A', 801 pekerja di kawasan 'B' dan 20762 di Kawasan 'C' sendiri. Sedangkan pada kolom ketiga dengan jumlah lapangan pekerjaan sebanyak 34000 berada di kawasan 'C', sekitar 6003 nya diisi

dari kawasan 'A', 7232 lapangan pekerjaan diisi dari kawasan 'B' dan sekitar 20762 nya diisi dari dalam Kawasan 'C' sendiri.

Analisis tersebut dapat dikembangkan untuk memprediksi perjalanan antar kawasan/daerah yang berkemungkinan melakukan perjalanan "commuter" (ulang alik). Dengan memperhitungkan potensi supply dan demand antar daerah tersebut, maka perencanaan dalam penyediaan fasilitas-fasilitas transportasi akan dapat lebih mudah dan terukur. Pergerakan perjalanan inter dan antar kawasan/daerah akan berkaitan langsung dengan penyediaan infrastruktur transportasi. Perjalanan yang efisien dan efektif akan terlihat dari adanya keseimbangan penyediaan infrastruktur transportasi dengan penggunanya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penelitian ini menjelaskan implementasi pemakaian gravity model *Double constrained* dengan menggunakan "power function", indikasinya terlihat bahwa eksponen dari faktor *impedence function* berpengaruh besar terhadap karakter distribusi perjalanan antar kawasan. Distribusi perjalanan memberikan perlakuan yang berbeda berdasarkan fungsi eksponensial, fungsi power dan fungsi tanner dari setiap faktor rintangan, baik berupa *production constrained*, *attraction constrained* maupun *fully constrained*.

Gravity model dengan *fully constrained* menghasilkan model yang lebih realistis, mengingat dinamika batasan pada zo-

ne bangkitan (*production*) dan zone tarikan (*attraction*) merupakan zone yang sama-sama perlu dikendalikan.

Saran

Penggunaan *gravity model double constrained* dengan pendekatan "power function", perlu dikembangkan dan dibandingkan dengan pendekatan pemakaian "eksponensial function dan Tanner function" sebagai fungsi kendala untuk mendapatkan hasil model yang lebih *reliable*.

DAFTAR PUSTAKA

- Blunden, W . R and Black, J . A. (1984). *The Land Use / Transport System*. 2nd Edition, Pergamon Press – Oxford.
- Ortuzar, J . D and Willumsen, L . G. (1990). *Modelling Transport*. Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, England.
- Papacostas, C. S and Prevedouros, P.D. (1993). *Transportation Engineering and Planning*, Second Edition, Prentice Hall Engle wood Cliffs.
- Suyuti, R dan Tamin, O . Z. (2007). "Penggunaan Model Gravity dalam estimasi MAT menggunakan data Lalu lintas", *Jurnal Transportasi*, FSTPT Bandung.
- Tamin, O . Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi II, Penerbit ITB Bandung.
- Vuchic, V. R. (2005). *Urban Transit Operation, Planning and Economics*, Jhon Wiley & Sons Ltd England.