

ANALISIS PENGGUNAAN METODE PEMBEBANAN ALL OR NOTHING DAN EQUILIBRIUM ASSIGNMENT DALAM MENGESTIMASI PARAMETER MATRIKS ASAL TUJUAN BERDASARKAN ARUS LALULINTAS

Untung Suhendro ¹⁾
Rahayu Sulistyorini ²⁾

Abstrak

Pergerakan sebagai bagian dari suatu sistem transportasi terjadi setiap hari karena hampir selalu kebutuhan hidup masyarakat tidak dapat dipenuhi di tempat tinggalnya. Kebutuhan pergerakan (demand) selalu menimbulkan permasalahan, khususnya pada saat beberapa/kelompok orang ingin bergerak dengan tujuan dan saat yang sama di dalam suatu daerah tertentu. Diperlukan sistem sediaan (supply) atau prasarana transportasi seperti jaringan jalan yang cukup sebagai sarana bagi kebutuhan pergerakan. Sehingga memperkirakan jumlah kebutuhan pergerakan merupakan bagian awal yang terpenting dalam sebuah proses perencanaan transportasi selanjutnya. Untuk mengurangi masalah-masalah tersebut, perlu dibuat perencanaan transportasi yang dapat meramalkan bahwa kebutuhan pergerakan dalam bentuk perjalanan orang, barang atau kendaraan dapat ditunjang oleh sistem prasarana transportasi yang tersedia. Konsep Matriks Asal Tujuan (MAT) oleh para perencana transportasi dianggap mampu untuk memaparkan suatu pola perjalanan. MAT adalah sebuah matriks dua dimensi yang berisi informasi tentang jumlah perjalanan antar setiap bagian daerah (zona) dalam wilayah studi. Baris pada matriks menunjukkan asal sedangkan kolom menunjukkan tempat tujuan sehingga setiap isi sel matriks tersebut mewakili jumlah aliran dari pasangan zona asal dan tujuan yang sesuai. Notasi T_{ij} menyatakan jumlah total perjalanan dari zona asal i menuju zona tujuan d . Tujuan dari penelitian ini adalah mencoba memanfaatkan data traffic count (TC) untuk membuat MAT yang selama ini dilakukan dengan survey yang mahal dan mendapatkan metode yang sesuai di kota Bandar Lampung serta mengetahui pembebanan yang ideal sehingga didapatkan rute efektif dengan biaya yang paling efisien. Pemodelan yang dilakukan dikomputasi dengan bantuan paket program EMME/2 dengan menganalisis dua metode pembebanan yaitu all or nothing dan equilibrium.

Kata Kunci: Gravity, All or Nothing Assignment, Equilibrium Assignment, Volume Lalulintas

1) Mahasiswa S2 Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brodjonegoro 1 Gedungmeneng, BandarLampung 35145, Email: ikariniw@yahoo.com

2) Staf Pengajar, Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brodjonegoro 1 Gedungmeneng, BandarLampung 35145, Email:
sulistyorini_smd@yahoo.co.uk

1. PENDAHULUAN

Kota Bandar Lampung merupakan sebuah kota, sekaligus ibu kota provinsi Lampung, Indonesia. Secara geografis, kota ini menjadi pintu gerbang utama pulau Sumatera, tepatnya kurang lebih 165 km sebelah barat laut Jakarta, memiliki andil penting dalam jalur transportasi darat dan aktivitas pendistribusian logistik dari Jawa menuju Sumatera maupun sebaliknya, yang menimbulkan pergerakan.

Proses pemenuhan kebutuhan seringkali menimbulkan pergerakan, karena tidak semua kebutuhan yang kita perlukan tersedia di tempat kita berada. Meningkatnya kebutuhan pergerakan yang terkadang melebihi kapasitas prasarana transportasi menimbulkan permasalahan kemacetan, tundaan, pemborosan bahan bakar dan lain-lain.

Perencanaan transportasi yang baik sangat dibutuhkan untuk dapat meramalkan kebutuhan pergerakan dalam bentuk perjalanan orang, barang atau kendaraan yang dapat ditunjang oleh sistem prasarana transportasi yang tersedia. Para perencana transportasi telah menggunakan Konsep Matriks Asal Tujuan (MAT) yang dianggap mampu memaparkan suatu pola perjalanan.

Tamin (1997) menjelaskan bahwa sebagian besar teknik dan metoda untuk menyelesaikan masalah-masalah transportasi membutuhkan informasi MAT sebagai informasi dasar untuk menggambarkan tingkat kebutuhan transportasi. Metoda konvensional untuk memperkirakan MAT membutuhkan waktu dan dana yang besar serta tingkat kesalahan dan gangguan terhadap pelaku perjalanan yang tinggi. Perubahan yang cepat pada sistem tata guna lahan jumlah populasi dan lapangan pekerjaan serta jumlah kepemilikan kendaraan mengakibatkan metoda konvensional tidak lagi layak untuk negara berkembang. Oleh karena itu diperlukan metoda yang murah dari segi data dan waktu yang singkat sehingga dirumuskanlah suatu metoda yang disebut dengan "metoda tidak konvensional". Metoda ini membutuhkan biaya yang sangat murah berupa data arus lalu lintas dan waktu yang dibutuhkan untuk membuat MAT berdasarkan metoda konvensional relatif lebih singkat dengan tingkat kesalahan yang lebih kecil.

Konsep perencanaan transportasi yang telah berkembang sampai saat ini dan yang paling populer adalah "Model Perencanaan Transportasi

Empat Tahap" dimana model ini merupakan proses bertahap dari beberapa sub model yang harus dilakukan secara terpisah dan berurutan (sequential). Dalam proses pemodelannya, keluaran dari tahap awal menjadi masukan bagi tahapan selanjutnya. Sampai saat ini telah banyak model yang dikembangkan untuk memformulasikan bentuk gabungan dari tahapan-tahapan pemodelan tersebut, baik secara parsial maupun keseluruhan tahapan (simultan).

2. MODEL SEBARAN PERGERAKAN PEMILIHAN MODA (SPPM) BERDASARKAN DATA ARUS LALULINTAS

2.1 Model Gravity Sebagai Model Sebaran Pergerakan

Model ini menggunakan prinsip gravity dimana asumsi yang digunakan pada model ini adalah bahwa ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, misalnya populasi dan nilai sel MAT yang berkaitan juga dengan kemudahan sebagai fungsi jarak, waktu dan biaya.

Dalam bentuk matematis, model GR untuk keperluan transportasi dapat dinyatakan sebagai:

$$T_{id} = O_i D_d f(C_{id}) \quad (1)$$

Persamaan 1 dapat digunakan dengan batasan sebagai berikut:

$$\sum_d T_{id} = O_i \quad \text{dan} \quad \sum_i T_{id} = D_d \quad (2)$$

sehingga pengembangan persamaan (1) dengan menggunakan batasan persamaan (2) adalah sebagai berikut:

$$T_{id} = O_i D_d A_i B_d f(C_{id}) \quad (3)$$

Persamaan (3) dipenuhi jika digunakan konstanta A_i dan B_d (disebut sebagai konstanta penyeimbang) yang terkait dengan setiap zona bangkitan dan tarikan.

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \quad B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})} \quad (4)$$

Untuk mendapatkan kedua nilai tersebut perlu dilakukan proses iterasi sampai masing-masing nilai A_i dan E_d menghasilkan nilai tertentu (*konvergen*).

2.2 Model Transportasi Berdasarkan Data Arus Lalulintas

Pada model transportasi berdasarkan informasi data arus lalu lintas, tahapan yang terpenting dalam proses penaksiran MAT adalah penentuan rute yang dilalui oleh setiap perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d .

Peubah p_{id}^l digunakan untuk mendefinisikan proporsi jumlah perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d yang menggunakan ruas l . Jadi, pada setiap ruas jalan dalam suatu jaringan jalan, arus lalu lintas merupakan hasil dari :

- jumlah perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d (T_{id}), dan
- proporsi jumlah perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d yang menggunakan ruas jalan l , yang dapat didefinisikan sebagai p_{id}^l ($0 \leq p_{id}^l \leq 1$).

Arus lalu lintas (V_i) pada suatu ruas jalan l adalah jumlah perjalanan antar zona yang menggunakan ruas jalan tersebut yang dapat dinyatakan sebagai:

$$V_l = \sum_i \sum_d T_{id} p_{id}^l \quad (5)$$

Jika terdapat k komoditas yang bergerak antar zona di dalam daerah kajian, maka total pergerakan T_{id} dengan zona asal i dan zona tujuan d untuk semua komoditas dapat dinyatakan sebagai :

$$T_{id} = \sum_k T_{id}^k \quad (6)$$

dimana T_{id}^k adalah pergerakan dari zona asal i ke zona tujuan d untuk komoditas k yang didefinisikan sebagai berikut :

$$T_{id}^k = O_i^k D_d^k A_i^k B_d^k f_{id}^k \quad (7)$$

Dengan memasukan persamaan (11) ke persamaan (9), persamaan dasar untuk model kebutuhan transportasi dengan data arus lalu lintas dapat dinyatakan sebagai :

$$V_l = \sum_k \sum_i \sum_d (O_i^k D_d^k A_i^k B_d^k f_{id}^k p_{id}^l) \quad (8)$$

Peubah p_{id}^l dapat ditaksir dengan menggunakan metoda pembebanan rute. Tujuan utama pembebanan rute adalah untuk mengidentifikasi rute yang ditempuh pengendara dari zona asal i ke zona tujuan d dan juga jumlah perjalanan yang melalui setiap ruas jalan pada suatu jaringan jalan.

2.3 Model Pemilihan Rute

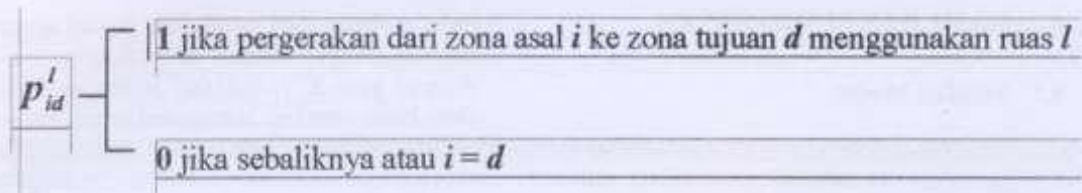
Beberapa model pemilihan rute telah dikembangkan dan **Tabel 1** memperlihatkan beberapa model pemilihan rute dengan beberapa latar belakang asumsi yang digunakan.

Tabel 1 Klasifikasi Model Pemilihan Rute

	Efek Stokastik Diperhitungkan		
	Tidak	Ya	
Efek Perubahan Kapasitas Diperhitungkan	Tidak	All-Or-Nothing	Stochastic (Dial, Burrell)
	Ya	Wardrop's Equilibrium	User Stochastic Equilibrium

Sumber: Ortuzar and Willumsen (1994)

Metode *All or Nothing* mengasumsikan bahwa proporsi pengendara dalam memilih rute yang diinginkan hanya tergantung pada asumsi pribadi, ciri fisik setiap ruas jalan yang akan dilaluinya, dan tidak tergantung pada tingkat kemacetan. Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana, yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Metode ini menganggap bahwa semua perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d akan mengikuti rute tercepat. Nilai peubah p_{id}^l untuk metode ini adalah sebagai berikut:



Model keseimbangan yang menggunakan prinsip keseimbangan Wardrop (1952), asumsi dasar pemodelan keseimbangan adalah, pada kondisi tidak macet, setiap pengendara akan berusaha meminimumkan biaya perjalanannya dengan beralih menggunakan rute alternatif. Bagi pengendara tersebut, biaya dari semua alternatif rute yang ada diasumsikan diketahui secara implisit dalam pemodelan. Jika tidak satupun pengendara dapat memperkecil biaya tersebut, maka sistem dikatakan telah mencapai kondisi keseimbangan. Model keseimbangan ini dianggap sebagai salah satu model pemilihan rute terbaik untuk kondisi macet. Algoritma yang sangat umum digunakan dalam model pemilihan rute keseimbangan adalah algoritma Frank-Wolfe. Dengan menggunakan teknik ini diasumsikan bahwa pada masing-masing iterasi, suatu MAT secara penuh dibebankan, namun volume lalu lintas yang dihasilkan secara linier dikombinasikan dengan arus dari iterasi sebelumnya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Meminimumkan } Z = \int_0^{V_l} c_l(v) \cdot dv \quad (9)$$

$$V_l = \sum_i \sum_d [T_{idr} \cdot P_{idr}^l] \quad \text{dan} \quad T_{id} = \sum_r T_{idr} \quad (10)$$

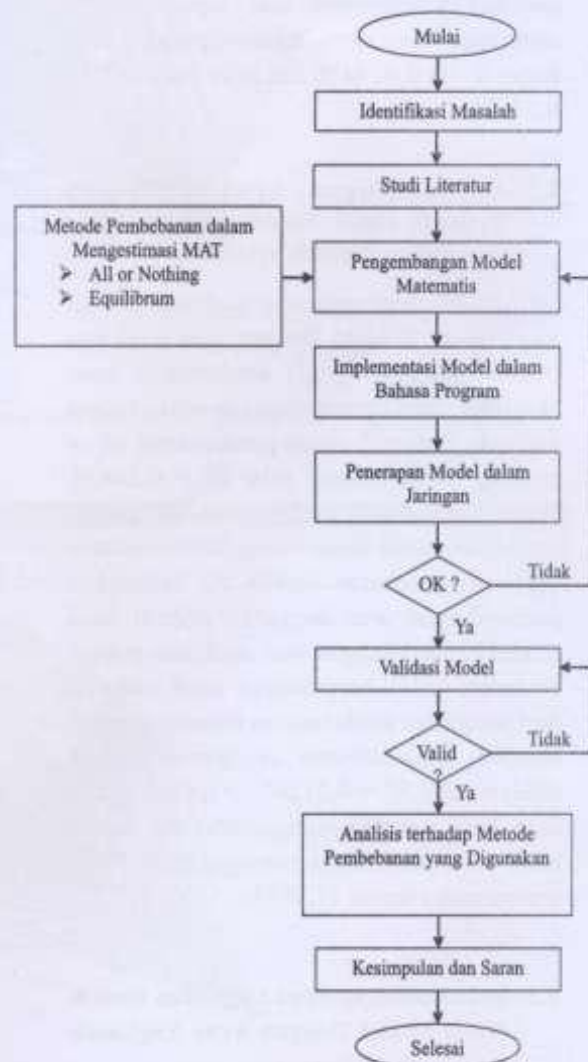
$T_{idr} > 0$

Dimana :

- P_{idr}^l = 1 jika ruas l digunakan oleh rute r antara i dan d
= 0 jika sebaliknya
- T_{idr} = pergerakan dari zona i ke zona d yang menggunakan rute r
- P_{idr}^l = pergerakan dari zona i ke zona d yang menggunakan rute r dan ruas jalan l
- $c_l(v)$ = hubungan matematis antara arus lalu lintas dan biaya

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian digambarkan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Validasi Model

Pada kondisi pembebanan dengan menggunakan metode *all or nothing*, dari hasil beberapa kali iterasi hingga mencapai konvergen maka diperoleh nilai beta (β) = 0,467496 dan nilai gama (γ) = 0,34384. Sedangkan pada kondisi pembebanan menggunakan metode *equilibrium*, dengan melakukan beberapa kali iterasi hingga mencapai konvergen maka diperoleh nilai beta (β) = 0,424476 dan nilai gama (γ) = -0,34976.

4.2 Perbandingan Arus Angkutan Pribadi Hasil Model Dengan Arus Angkutan Pribadi Sekunder

Perbandingan arus angkutan pribadi hasil model (*volau*) dengan arus angkutan pribadi sekunder (*ul2*) berdasarkan hasil *running* dari pengujian model secara statistik, dengan kondisi pembebanan *all or nothing* maka didapat nilai $R^2 = 0,24498$. Dari hasil tersebut menggambarkan bahwa hasil arus model dapat menggambarkan arus sebenarnya sebesar 24,498 %. Sedangkan perbandingan arus angkutan pribadi hasil model (*volau*) dengan arus angkutan pribadi sekunder (*ul2*) berdasarkan hasil *running* dari pengujian model secara statistik, dengan kondisi *equilibrium assignment* maka didapat nilai $R^2 = 0,27267$ (Gambar 4.11). Dari hasil tersebut menggambarkan bahwa hasil arus model dapat menggambarkan arus sebenarnya sebesar 27,267%.

4.3 Perbandingan Arus Angkutan Umum Hasil Model Dengan Arus Angkutan Umum Hasil Survey

Perbandingan arus angkutan umum hasil model (*voltr*) dengan arus angkutan umum sekunder (*us2*) berdasarkan

hasil *running* dari pengujian model secara statistik, dengan kondisi *all or nothing* maka didapat nilai $R^2 = 0,01007$ (Gambar 4.12). Dari hasil tersebut menggambarkan bahwa hasil arus model dapat menggambarkan arus sebenarnya sebesar 1,007%. Sedangkan perbandingan arus angkutan umum hasil model (*voltr*) dengan arus angkutan umum sekunder (*us2*) berdasarkan hasil *running* dari pengujian model secara statistik, dengan kondisi *equilibrium assignment* maka didapat nilai $R^2 = 0,01012$ (Gambar 4.13). Dari hasil tersebut menggambarkan bahwa hasil arus model dapat menggambarkan arus sebenarnya sebesar 1,012 %.

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil R^2 Metode *All or Nothing* dan *Equilibrium*

	ALL OR NOTHING	EQUILIBRIUM
R^2 CAR	0,24498 (24,498%)	0,27267 (27,267%)
R^2 BUS	0,01007 (1,007%)	0,01012 (1,012%)

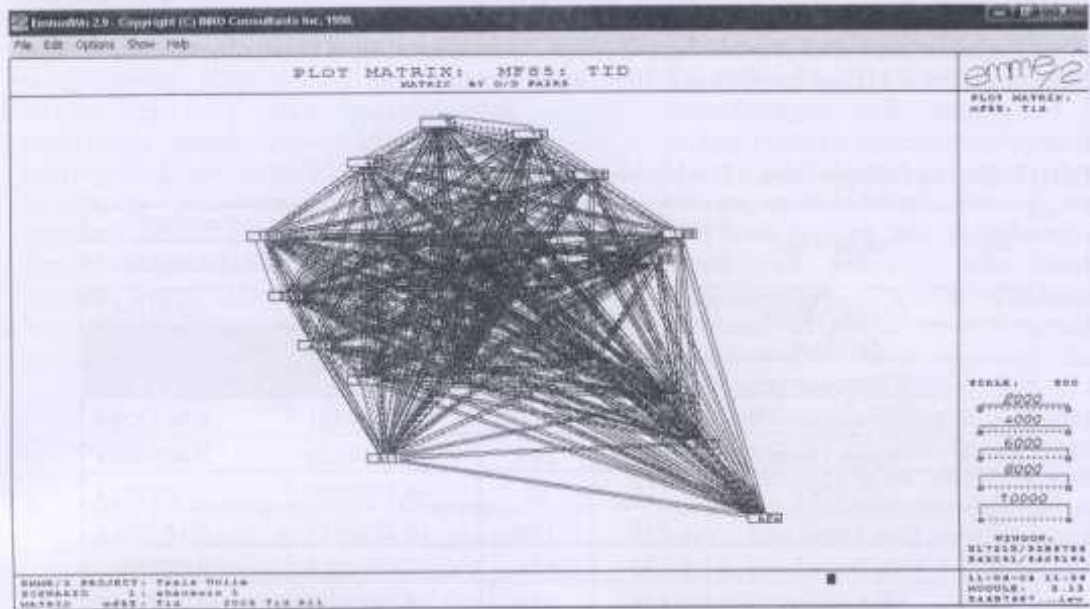
Sumber: Hasil Analisis, 2011

Dari hasil uji statistik R^2 dapat dilihat dalam Tabel 2, dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai R^2 tidak jauh beda, kemungkinan hal ini dikarenakan kondisi jaringan jalan perkotaan di Bandar Lampung belum begitu kompleks sehingga metode *all or nothing* juga dapat dipakai alat analisis pembebanan. Mengapa *all or nothing*? Karena metode *equilibrium* lebih rumit dan memerlukan iterasi serta *inputing* data yang kompleks. Sedangkan untuk di level MAT nilai R^2 juga termasuk kecil dikarenakan data bangkitan (O_i), tarikan (D_j), dan hambatan perjalanan (C_{ij}) sebagai data yang di-*input* banyak menggunakan asumsi.

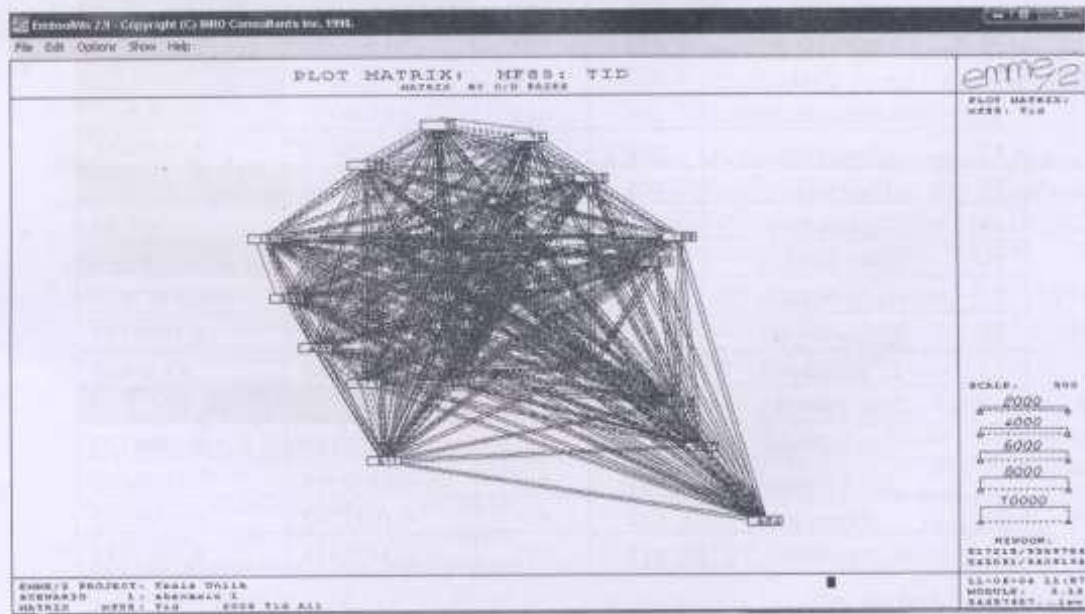
4.4 Garis Keinginan (*Desire Line*)

Selain dengan bentuk matriks, pola pergerakan dapat dinyatakan dengan bentuk lain secara grafis yang biasa disebut dengan Garis Keinginan. Disebut Garis Keinginan karena pola pergerakan selain mempunyai dimensi jumlah pergerakan, juga mempunyai

dimensi spasial (ruang) yang lebih mudah digambarkan secara grafis. Berikut ini adalah gambar garis keinginan (*desire line*) dari angkutan pribadi, angkutan umum dan garis keinginan total dari kondisi *all or nothing* dan *equilibrium*.



Gambar 2 Gambar *Desire Line* (garis keinginan) total (mf85) pada kondisi *all or nothing*



Gambar 3 Gambar *Desire Line* (garis keinginan) total (mf85) pada kondisi *equilibrium*

4.5 Analisis Kinerja Jaringan Jalan

Kinerja jaringan jalan dapat diperoleh dengan cara membandingkan data volume arus lalu lintas dengan kapasitas jalan tiap ruas jalan (V/C). Volume arus lalu lintas yang didapat dari hasil pembebanan MAT model (MAT estimasi). Dan kapasitas jalan didapat data sekunder dari Dinas Perhubungan kota Bandar Lampung tahun 2008. Adapun tabel kinerja jaringan jalan dapat dilihat pada Tabel 3 (Hasil Perhitungan, 2011) berikut ini.

Tabel 3 Kinerja Jaringan Jalan *All or Nothing VS Equilibrium*

No	Nama Ruas	from (node)	to (node)	Vmodel/C	Vmodel/C
				ALL OR NOTHING	EQUILIBRIUM
1	Sultan Agung	72	95	0,2322908	0,2381965
2	Ki Maja	92	112	2,7103193	2,5485968
3	Sultan Agung	95	72	1,2008252	1,1614539
4	Teuku Umar	107	111	0,7439361	0,7612799
5	Teuku Umar	111	107	0,4114528	0,4025964
6	Ki Maja	112	92	0,1099499	0,1088825
7	Urip Sumoharjo	126	130	0,1547557	0,1587928
8	Urip Sumoharjo	130	126	0,2686918	0,2785603
9	P.Antasari	173	174	0,5457282	0,5587168
10	P.Antasari	174	173	1,4452416	1,4571994
11	Raden Intan	298	311	1,5367093	1,5650768
12	Gajah Mada	305	359	0,6842515	0,9596601
13	Kartini	307	297	1,3214682	1,3245859
14	Gajah Mada	359	305	0,1435754	0,1585201
15	A. Yani	393	385	0,8882433	1,0265909
16	W. Mangonsidi	395	413	0,6589495	0,8767878
17	Sudirman	398	397	0,195456	0,2030041
18	Diponegoro	406	412	0,9515538	1,0117299
19	Diponegoro	412	406	0,1686711	0,1740069
20	Gatot Subroto	445	454	1,199799	1,2017927
21	Gatot Subroto	454	445	0,5606239	0,5737823
22	L. Malhayati	563	565	0,1885139	0,1938127
23	L. Malhayati	565	563	0,6800766	0,686802
24	Ikan Tenggiri	570	562	6,3433644	5,5648076
25	Yos Sudarso	601	603	0,1885139	0,1938127
26	Yos Sudarso	603	601	0,6800766	0,686802
27	Panjang	612	613	0,1061792	0,1092362
28	Panjang	613	612	0,3132388	0,3167034

Sumber: Hasil Analisis, 2011

Keterangan :

■ = Kapasitas Jalan Tidak Mencukupi (Sangat Macet) $V/C > 1$

■ = Kapasitas Jalan Hampir Tidak Mencukupi (Macet) $V/C < 1$

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa jalan yang membutuhkan tindakan lebih lanjut dimana kapasitas jalan tidak mencukupi atau sangat macet yaitu ditandai dengan warna merah, sedangkan ruas jalan yang hampir tidak mencukupi atau macet ditandai dengan warna kuning. Nilai $V/C > 1$ menunjukkan bahwa kapasitas jalan tersebut tidak mencukupi untuk arus lalu lintas yang melewati jalan tersebut. Kemacetan merupakan persoalan yang berdampak langsung pada tingkat pelayanan lalu lintas. Kemacetan setempat biasanya bersangkutan dengan aspek kinerja lalu lintas atau kapasitas, hambatan samping, kebutuhan dan perilaku sosial.

5. SIMPULAN

- Berapapun nilai awal beta (β) dan gama (γ), maka hasil akhir proses kalibrasi model akan memberikan nilai beta (β) dan gama (γ) yang ditetapkan (solusi akhir).
- Pada penelitian ini hasil uji R^2 metode *all or nothing* dan *equilibrium* tidak begitu signifikan hal ini dikarenakan jaringan jalan di Kota Bandar Lampung belum begitu kompleks.
- Di level MAT nilai R^2 tergolong kecil hal ini disebabkan oleh data bangkitan (O_i), tarikan (D_j), dan hambatan perjalanan (C_{ij}) sebagai data yang di-input banyak menggunakan asumsi.
- Metode *all or nothing* merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana, yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara dalam memilih rute yang diinginkan hanya tergantung pada asumsi pribadi, ciri fisik setiap ruas jalan yang akan dilaluinya, dan tidak tergantung pada tingkat kemacetan. Sedangkan untuk metode *equilibrium* adalah pada kondisi tidak macet, setiap pengendara akan berusaha meminimumkan biaya perjalanannya dengan beralih menggunakan rute alternatif. Bagi pengendara tersebut,

biaya dari semua alternatif rute yang ada diasumsikan diketahui secara implisit dalam pemodelan. Jika tidak satupun pengendara dapat memperkecil biaya tersebut, maka sistem dikatakan telah mencapai kondisi keseimbangan.

- Kota Bandar Lampung memiliki kecenderungan pada metode *all or nothing* karena arus lalu lintas di kota ini belum terlalu kompleks seperti kota-kota megapolitan Jakarta, Bandung, dan kota besar lainnya. Hal ini didasarkan karena para pengguna jalan masih menggunakan asumsi yang sama dalam melakukan perjalanan yaitu mengambil rute terpendek, biaya termurah dan waktu yang tercepat.
- Pada penelitian ini jaringan jalan yang dianalisa hanya ruas-ruas tertentu yakni hanya memakai jalan arteri dan jalan kolektor, dengan kata lain tidak ada ruas jalan alternatif untuk menuju suatu lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Evans, S.P. 1976. *Derivation and Analysis of Some Models for Combining Trip Distribution and Assignment*. Transportation Research 10, 3757.
- Florian, Michael, Sang Nguyen, and Jacques Ferland. (1975), *On the Combined Distribution-Assignment of Traffic*," Transportation Science, 9, 4353.
- Ortuzar, J.D. dan Willumsem, L.G. 1994. *Modelling Transport*, Second Edition, John Wiley & Sons.
- Purwanti, O., Tamin, O.Z., Sjafruddin, A. 2000. *Estimasi Model Kombinasi Sebaran Pergerakan dan Pemilihan Moda Berdasarkan Informasi Data Arus Lalu Lintas*. Simposium III FSTPT, ISBN no. 979-96241-0-X.
- Sulistyorini, Rahayu. 2010. *Estimasi Parameter Model Kombinasi Sebaran Pergerakan dan Pemilihan Moda*

- Dalam Kondisi Pembebanan Keseimbangan*. Disertasi Doktor. Institut Teknologi Bandung.
- Tamin, O.Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Edisi II. ITB. Bandung.
- Tamin, O.Z. 2008. *Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi*. ITB. Bandung.
- Wardrop, J.G. 1952. Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *Proceeding of the Institute of Civil Engineering*. II(1): 325-378.
- Wells, G.R. 1975. *Comprehensive Transport Planning*. Charles Griffin. London.