

## PERBANDINGAN BEBERAPA METODE *TRIP ASSIGNMENT* (PEMBEBANAN PERJALANAN) DALAM PEMODELAN TRANSPORTASI *FOUR STEP MODEL*

J. Dwijoko Ansusanto

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta  
E-mail: dwiyoko@mail.uajy.ac.id

### ABSTRAK

Dalam Pemodelan Transportasi konvensional dikenal empat tahapan yang harus dilakukan untuk membentuk sebuah model. Tahap pemodelan terdiri dari tahap bangkitan perjalanan, sebaran, pemilihan moda dan pemilihan rute atau pembebanan. Tahap terakhir dari pemodelan transportasi adalah tahap pembebanan perjalanan. Beberapa metode dikembangkan dalam tahapan ini antara lain: *All or Nothing Assignment*, *Incremental Assignment*, *User Equilibrium Assignment*, *Dynamic Traffic Assignment*, *Stochastic Traffic Assignment*. Tulisan ini akan membahas lebih lanjut mengenai perbandingan dari metode *Incremental* dan *User Equilibrium* karena dianggap dua metode ini dapat menjelaskan kondisi yang hampir mirip dengan realitas di lapangan. *Incremental Assignment* adalah pembebanan lalu lintas yang bertambah secara bertahap. Sedangkan *User Equilibrium* adalah pembebanan keseimbangan dari sistem jaringan atau *network* transportasi. Perbandingan antara metode *Incremental* dan *User Equilibrium* diuraikan secara teoritis dan direncanakan untuk diteruskan dengan penelitian menggunakan data asal tujuan pengguna jalan yang ada pada wilayah di DIY.

Kata kunci: *Incremental Assignment*, *User Equilibrium*

### 1. PENDAHULUAN

Pada analisis untuk pemodelan transportasi menggunakan metode empat tahap, tahap pembebanan perjalanan (pemilihan rute) merupakan tahap yang menjelaskan kontribusi perjalanan pada ruas jalan atau rute tertentu. Pada tahapan ini jumlah pemerjalan didistribusikan kepada setiap rute pada jaringan yang ada. Prinsip *shortest path* juga menjadi pertimbangan oleh pengguna dalam memilih rute. Beberapa metode dapat dipergunakan sesuai dengan kebutuhan dan maksud atau keperluannya. Pada tahap-tahap pemodelan empat tahap masing-masing tahap memerlukan analisis tersendiri yang merupakan suatu upaya yang cukup berat, sehingga seringkali pekerjaan pemodelan secara utuh membutuhkan sumber daya yang cukup dan waktu yang juga tidak singkat.

Tahap pemilihan rute menggambarkan besarnya volume perjalanan yang menggunakan suatu rute dibanding dengan rute yang lain. Hasil akhir yang akan didapat dapat ditampilkan berupa rasio volume-kapasitas, ataupun berupa pita garis keinginan (*desire line*). Akhirnya pembebanan perjalanan dapat dipergunakan sebagai dasar dan masukan untuk melakukan prioritas pengembangan ruas jalan pada suatu jaringan tertentu.

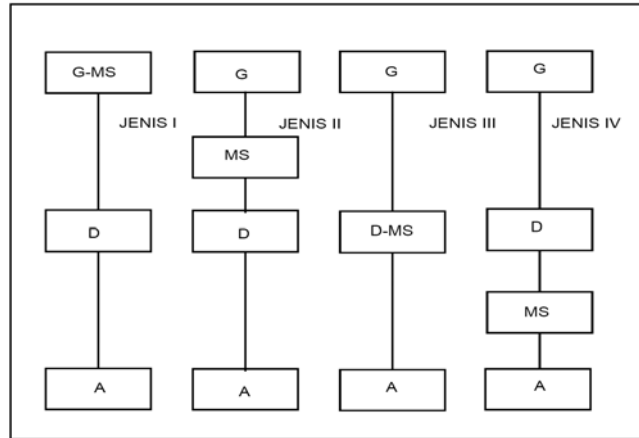
Beberapa metode pembebanan perjalanan dikembangkan dan masing-masing mempunyai tingkat akurasi dan kerumitan tersendiri.

### 2. *FOUR STEP MODEL*

Pada pemodelan transportasi konvensional dikenal pemodelan empat tahap (*four step model*). Tahapannya adalah:

- Bangkitan Perjalanan (*Generation*),
- Sebaran Perjalanan (*Distribution*),
- Pemilihan moda (*Modal Split*),
- Pemilihan Rute atau Pembebanan lalu lintas (*Assignment*).

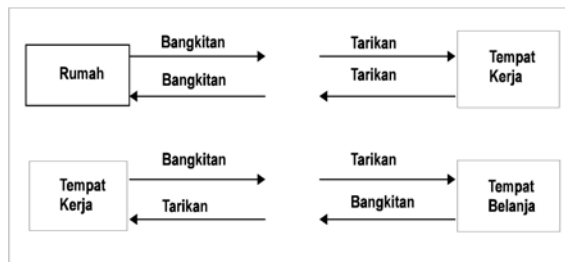
Urutan tahap pemodelan diawali dengan bangkitan dan diakhiri dengan pembebanan, namun untuk tahap sebaran dan pemilihan moda terdapat beberapa variasi letak pentahapannya, seperti dapat dilihat pada ilustrasi gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Variasi Tahapan Pemodelan Empat Tahap (Black 1981, dalam Tamin 2000)

### Bangkitan Perjalanan

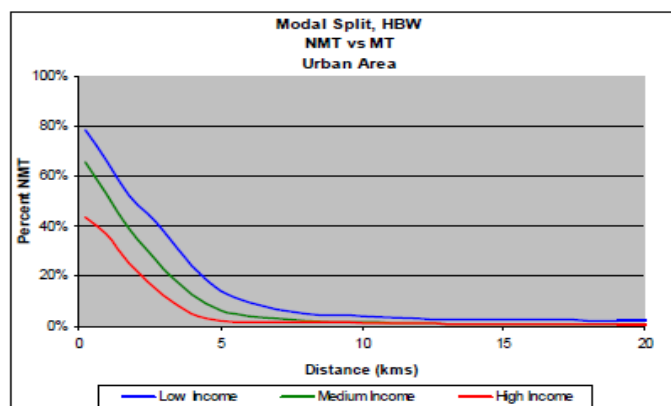
Bangkitan Perjalanan merupakan tahap awal adalah untuk mendapatkan besaran input yang akan dipergunakan sebagai masukan volume perjalanan dari titik ke titik yang lain. Beberapa jenis bangkitan dapat digolongkan ke dalam klasifikasi menurut ; waktu perjalanan, tujuan perjalanan serta pelaku perjalanannya. Analisis pemodelan untuk tahap ini dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah dengan analisis menggunakan regresi, dan juga dapat dilakukan dengan cara tabulasi silang menurut klasifikasi atau kategori.



Gambar 2. Proses Bangkitan Perjalanan (Tamin 2000)

### Pemilihan Moda

Tahap pemilihan moda dapat dianalisis dengan beberapa alternatif posisi pentahapannya (lihat gambar 1). (1) Bersamaan dengan tahap bangkitan, (2) setelah bangkitan, (3) bersamaan dengan sebaran (*distribution*), (4) setelah sebaran.



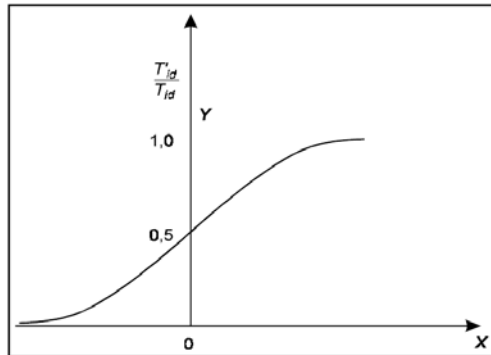
Gambar 3. Pemilihan Moda Kendaraan Bermotor dan Tidak Bermotor (Anonim, 2008)

Formula yang dipakai untuk menganalisis pemilihan moda ditunjukkan pada persamaan di bawah ini. Sebagai contoh adalah dua moda (moda 1 dan moda 2, misalnya kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor) yang dapat dipertimbangkan oleh pengguna sebagai alternative memenuhi kebutuhan perjalanannya. Penjumlahan  $P_1$  dan  $P_2$  adalah 100%, sedangkan  $u$  adalah *utility* atau nilai yang merupakan persepsi individu terhadap kualitas layanan dari setiap moda.

$$P_1 = \frac{e^{u_1}}{e^{u_1} + e^{u_2}} \dots\dots\dots(1)$$

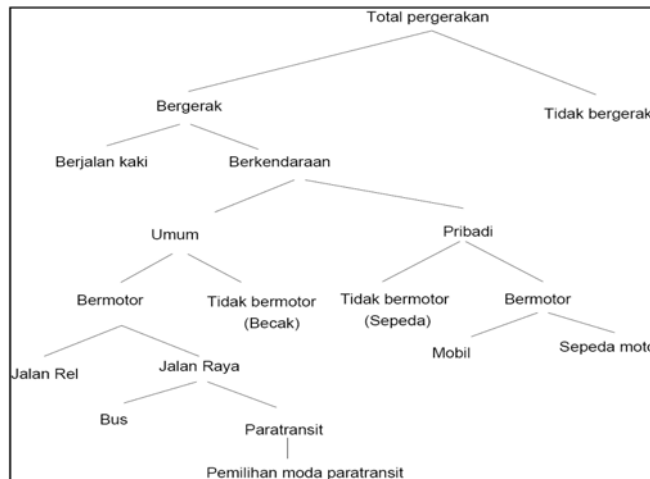
$$P_2 = \frac{e^{u_2}}{e^{u_1} + e^{u_2}} \dots\dots\dots(2)$$

Banyak kalangan berpendapat bahwa tahap ini merupakan tahap tersulit dalam pemodelan. Meskipun demikian untuk analisisnya dapat dilakukan bertahap dengan menggunakan formula yang sama seperti telah diuraikan di atas. Pemilihan moda berjenjang atau bersarang (*nested*) seperti pada gambar pohon pemilihan moda, menggambarkan pemilahan pengguna ke dalam moda alternatif yang dipilih sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengguna.



Gambar 4. Kurva Pemilihan antara dua moda

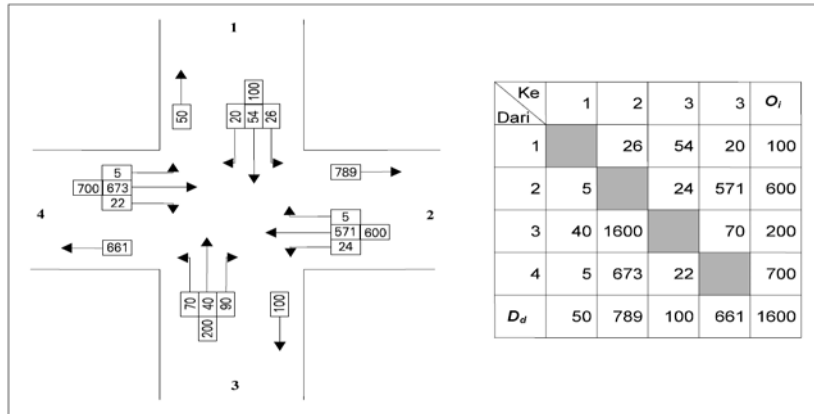
Kurva di atas adalah menggambarkan besarnya proporsi pemilihan antara dua moda, misalnya seseorang dihadapkan pada pilihan antara naik angkutan umum atau sepeda motor. Padahal jumlah moda yang melayani kebutuhan masyarakat sangat beragam, sehingga proses pemilihan menjadi begitu kompleks seperti dapat digambarkan pada pohon pemilihan moda di bawah ini.



Gambar 5. Pohon pemilihan moda

**Sebaran Pergerakan (*Trip Distribution*)**

Sebaran pergerakan memperlihatkan pola pergerakan dari suatu titik asal menuju ke titik tujuan, yang seringkali digambarkan dalam Matriks Asal Tujuan (MAT). Tiap sel dari matriks (lihat gambar di bawah) berisi jumlah atau volume pergerakan dari titik asal ( $O=origin$ ) ke titik tujuan ( $D=destination$ ). Sebagai gambaran kondisi di sebuah simpang dan gambar MAT dapat dilihat pada gambar ini. Persimpangan merupakan titik simpul sehingga dapat dipakai sebagai *node* dari asal atau tujuan pergerakan.



Gambar 6. Sebaran Pergerakan (Tamin, 2000)

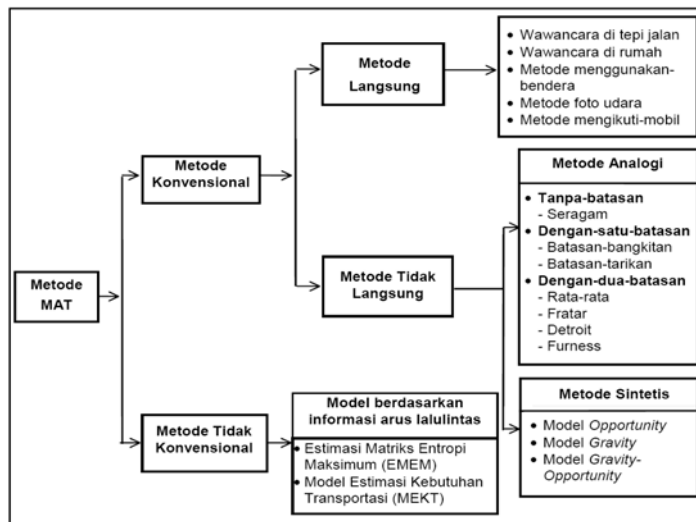
Jumlah total pergerakan untuk seluruh zona = T adalah sama dengan penjumlahan pergerakan yang berasal dari zona asal (O) menuju semua zona tujuan.

$$O_i = \sum_d T_{id}$$

$$D_d = \sum_i T_{id}$$

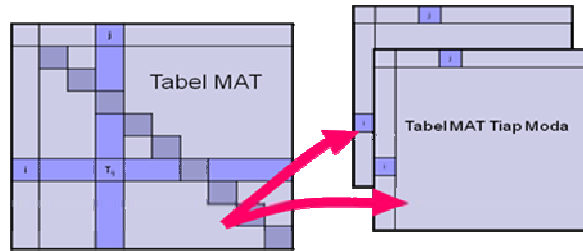
$$T = \sum_i O_i = \sum_d D_d = \sum_i \sum_d T_{id}$$

Beberapa metode untuk mendapatkan MAT ini dikembangkan terus menerus dan sampai saat ini telah didapat beberapa metode untuk dipergunakan dalam analisis pemodelan.



Gambar 7. Berbagai Metode MAT yang dikembangkan (Tamin, 2000)

Keterkaitan antara tahap sebaran dengan tahap pemilihan moda dapat digambarkan dalam gambar berikut ini. Dalam gambar tampak bahwa tabel MAT (OD) yang diperoleh dari tahap sebaran pergerakan dipecah menjadi tabel MAT untuk setiap mode. Dari gambar-1 mengenai variasi tahap pemodelan proses sebaran dan pemilihan moda dapat saling tukar urutan. Bisa dilakukan model pemilihan moda baru sebaran, atau sebaliknya model sebaran terlebih dahulu kemudian baru diikuti dengan pemilihan moda.



Gambar 8. Sebaran Pergerakan untuk setiap moda  
(Anonim, 2008)

### 3. PEMBEBANAN PERJALANAN (*TRIP ASSIGNMENT*)

Sering tahap ini disebut sebagai tahap pemilihan rute (*route choice*), dimana volume pengguna disebarkan melalui rute-rute yang mungkin dipilih. Pada tahap ini beberapa faktor menjadi pertimbangan yang menentukan pengguna untuk memilih rute sesuai dengan yang diinginkannya. Faktor tersebut dapat berupa kondisi operasi dan pelayanan, yang berupa kualitas, kehandalan, dan keteraturan, selain itu juga dipertimbangkan waktu tempuh, jarak, biaya (bahan bakar dll.), kemacetan, dan antrian, jenis manuver yang dibutuhkan, jenis jalan raya (jalan tol, arteri), pemandangan, kelengkapan rambu dan marka jalan, serta kebiasaan pengguna (Tamin, 2000).

Pengguna akan mencoba dan menilai rute yang paling sesuai dengan kebutuhan masing-masing dengan tujuan meminimumkan biaya perjalanan, termasuk di dalamnya adalah waktu perjalanan. Hasilnya adalah rute yang terbaik bagi pengguna tertentu, yang kemungkinan dipilih setelah mencoba dan membandingkan beberapa alternatif rute untuk tujuan yang sama. Setiap pengguna akan melakukan hal yang sama, sehingga ada kemungkinan rute tertentu akan mengalami penurunan kinerjanya, dan pengguna akan mencoba untuk beralih ke rute yang lain yang masih menunjukkan kinerja yang lebih baik. Hal tersebut terjadi terus menerus sehingga tercipta keseimbangan pembebanan rute pada jaringan.

Beberapa metode pembebanan perjalanan :

- *All or Nothing Assignment*
- *Incremental Assignment*
- *User Equilibrium Assignment*
- *Dynamic traffic assignment*
- *Stochastic traffic assignment*

Pada metode *all-or-nothing* semua pengguna akan memilih rute terpendek guna meminimumkan hambatan transportasi yang berupa jarak, waktu dan biaya tidak ada yang memilih rute lain. Analisis didasari bahwa semua pengguna dengan tujuan yang sama akan memilih rute terbaik yang sama pula, karena persepsi antar pengguna sama. Karena alasan itu maka setiap pengguna akan memilih rute yang sama. Dalam hal kemacetan tidak menjadi pertimbangan maka metode ini hampir sama dengan metode stokastik. Dengan demikian maka rute yang sama akan selalu dipilih oleh pengguna, tanpa mempedulikan kondisi rute tersebut.

Pada metode stokastik, hal yang mendasari adalah bahwa persepsi yang tidak sama dari setiap pengguna mengenai biaya perjalanan. Sehingga dengan adanya persepsi yang berbeda-beda akan sulit untuk disatukan dalam model pembebanan yang sederhana. Sedangkan efek dari batasan-kapasitas timbulnya karena kondisi arus lalu lintas yang berpengaruh pada biaya yang merupakan fungsi dari waktu. Misalnya kondisi macet maka waktu tempuh akan menjadi lebih lama, akibatnya biaya tinggi. Untuk menghasilkan model yang *reliable* maka kedua pengaruh ini, yaitu stokastik dan batasan-kapasitas harus dimasukkan. Stokastik berpengaruh pada volume lalu lintas rendah, pengguna bebas memilih rute. Sedangkan pengaruh batasan-kapasitas terjadi pada volume tinggi. Persepsi terhadap waktu dan biaya perjalanan sangat beragam, untuk itu pendekatan terhadap penggunaan biaya dapat didekati menggunakan formula berikut ini.

$$\text{Biaya Perjalanan} = (A \times \text{waktu}) + (B \times \text{jarak}) + C$$

A = nilai waktu (Rp/jam)

B = biaya operasi kendaraan (Rp/km)

C = biaya tambahan lain (harga karcis tol)

Input data untuk menganalisis pembebanan perjalanan adalah : matriks asal tujuan (MAT atau data OD), jaringan (jalan maupun transportasi umum), fungsi *link performance*, data jalan toll. Output yang diperoleh dari hasil pemodelan berupa volume rute yang ditampilkan dalam rasio volume/kapasitas (v/c ratio), kecepatan perjalanan pada setiap rute jalan.

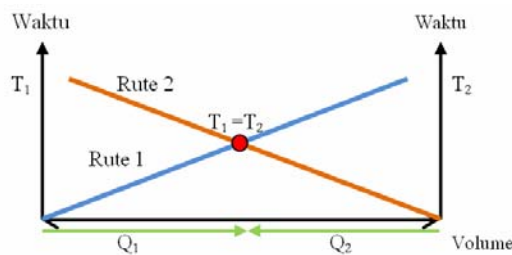
Prinsip dasar dari Wardlop untuk pembebanan perjalanan adalah :

- (1) “Waktu perjalanan pada semua rute yang biasa dipergunakan adalah sama atau kurang dari waktu pada rute yang tidak biasa digunakan. Dengan kata lain semua pemerjalan dari suatu titik ke titik yang lain akan menggunakan waktu yang sama walaupun menempuh rute yang berlainan. Hal ini adalah prinsip yang mendasari metode “*user equilibrium assignment*”
- (2) Pada kondisi seimbang tercapai, waktu perjalanan rata-rata adalah minimum.

#### 4. PERBANDINGAN METODE INCREMENTAL DAN USER EQUILIBRIUM

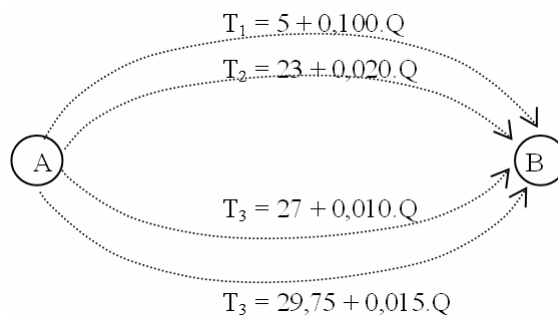
##### Metode User Equilibrium

Dalam setiap kondisi waktu tempuh selalu akan menjadi lebih lama dengan bertambahnya volume lalulintas pada suatu rute tertentu. Pada User Equilibrium, waktu tempuh pada rute 1 dan rute 2 akan berpotongan pada suatu titik potong tertentu dimana waktu tempuh untuk kedua rute tersebut sama besarnya. Pengguna merasa sama saja dalam memilih rute antara rute 1 dan rute 2 sehingga waktu tempuh yang dipergunakan untuk berpindah dari satu titik ke titik yang lain dianggap sama. Gambar di bawah ini menggambarkan keseimbangan pengguna (*user equilibrium*), dimana prinsip pertama dari Wardlop berlaku. Keseimbangan terjadi pada rute 1 dan 2 dengan waktu tempuh yang sama. Kemacetan tidak menjadi pertimbangan dalam pemilihan rute 1 atau 2.



Gambar 9. Grafik Volume dan Waktu Tempuh Pada metode *User Equilibrium*

Contoh pembebanan *user equilibrium* untuk empat alternative rute antara titik A ke titik B berikut ini menggambarkan bagaimana keseimbangan pembebanan dengan menghasilkan waktu tempuh sama. Persamaan waktu tempuh yang merupakan fungsi dari volume perjalanan masing-masing rute.



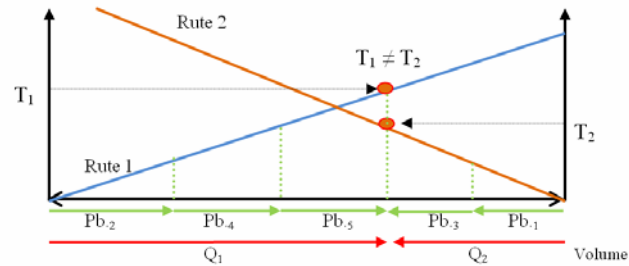
Gambar 10. Contoh pembebanan rute

Tabel 1. Perhitungan Waktu Tempuh

Rute	Q (vol)	Persamaan	T (wkt)
1	300	$5 + 0,100.Q$	35
2	600	$23 + 0,020.Q$	35
3	800	$27 + 0,010.Q$	35
4	350	$29,75 + 0,015.Q$	35

### Metode Incremental

Pada metode Incremental pembebanan dilakukan dengan cara bertahap. Hal ini disebabkan pengguna sudah mempertimbangkan efek kemacetan yang dirasakan terhadap rute yang dipilih. Sebagai ilustrasi gambar di bawah ini mencerminkan bagaimana proses pembebanan bertahap tersebut terjadi. Pada volume lalu lintas rute 2 yang relatif kecil maka pengguna akan memilih rute 2 ini sehingga pembebanan pada kondisi Pb.1. Dengan meningkatnya volume maka sebagian pengguna akan mempertimbangkan untuk beralih memilih rute 1 yang mempunyai volume lebih kecil dari rute 2, sehingga rute 1 mendapat pembebanan Pb.2. Kemudian volume akan meningkat lagi, maka rute 1 volume perjalanannya menjadi lebih tinggi dibanding rute 2, maka sebagian pengguna akan beralih lagi menggunakan rute 2 dengan pembebanan Pb.3. Begitu seterusnya sampai dicapai kondisi volume  $Q_1$  dan  $Q_2$  dimana waktu tempuhnya tidak sama ( $T_1 \neq T_2$ ).



Gambar 11. Grafik Volume dan Waktu Tempuh Metode Incremental

## 5. KESIMPULAN

Secara teoritis metode pembebanan lalu lintas atau perjalanan menggunakan metode *incremental* dirasa memberikan hasil yang lebih realistis dibanding dengan metode *user equilibrium* karena pengguna setiap saat akan mempertimbangkan rute yang dipilih sehingga pembebanan akan selalu memilih rute perjalanan dengan waktu tempuh paling singkat. Pengguna sudah mempertimbangkan efek pelayanan dari rute yang dirasakan misalnya kemacetan atau tundaan. Meskipun demikian pendapat ini baru akan dibuktikan melalui penelitian lebih lanjut yang akan dilaksanakan menggunakan data asal tujuan perjalanan pada suatu wilayah tertentu.

## 6. SARAN

Untuk membuktikan bahwa metode *incremental* lebih mendekati kenyataan yang ada di lapangan maka perlu dilakukan penelitian dan dilakukan validasi dengan MAT hasil survai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2008) “*Transportation Planning Training Course*”. JICA Study Team , Gadjah Mada University Center for Transportation and Logistics Studies
- Tamin, OZ. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Edisi kedua, Penerbit ITB, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.
- Purwanti, O., Tamin, OZ., Sjafruddin, A. (2000). “Estimasi Model Kombinasi Sebaran Pergerakan Dan Pemilihan Moda Berdasarkan Informasi Data Arus Lalu Lintas”. Simposium FSTPT III, Yogyakarta.

KoNTeKS 3, UPH – UAJY  
Jakarta, 6 – 7 Mei 2009