

## KAJIAN LANJUT PENGEMBANGAN MODEL SIMULTAN

**Rahayu Sulistyorini**Sekolah Pasca Sarjana Teknik Sipil ITB Lab. Transportasi ITB, Gedung Labtek I Lt 3 Jl. Ganesha 10 Bandung  
Telp/Fax: (022)-2502350. Email: Sulistyorini\_smd@yahoo.co.uk dan Rahayu350@students.itb.ac.id**Ofyar Z. Tamin**

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB Lab. Transportasi ITB, Gedung Labtek I Lt 2 Jl. Ganesha 10 Bandung Telp/Fax: (022)-2502350. Email: Ofyar@trans.si.itb.ac.id

**Abstract**

*The four step model (4SM) has been the most famous demand modeling for person travel. That model developed by formulating the process as a sequential four step model, which was Trip Generation-Trip Distribution-Mode Choice-and Route Choice. As an alternative way of modeling supply-demand equilibrium in transportation systems, many combined/simultaneous models have been formulated, since the 4SM is time consuming and needs many data in developing & calibrating the model. This study discusses research which deal with model that combine steps in transportation planning, in order to be more effective and efficient.*

**Keywords:**

Four Step Model, Trip Generation, Trip Distribution, Mode Choice, Route Choice.

**PENDAHULUAN**

Kajian sistem transportasi kota, akan memerlukan pemodelan dan prosedur perhitungan untuk menganalisa hubungan antara kebutuhan transportasi dan penyediaan sistem transportasi. Kebutuhan transportasi yang dimaksud adalah jumlah gerakan orang atau barang dengan menggunakan kendaraan diatas jalan dari asal ke tujuan. Sedangkan penyediaan adalah penambahan atau pengaturan pemakaian ruas jalan yang menyatu dalam jaringan jalan.

Pada suatu interval waktu kejadian gerakan yang telah diperkirakan itu berlangsung serentak dimasing-masing ruas pada jaringan jalan. Pada interval waktu itu gerakan yang terjadi di ruas jalan dapat dinyatakan dengan besaran volume ruas. Perkiraan volume lalu lintas ini berguna sekali untuk perencanaan sistem jaringan jalan dan manajemen lalu lintas. Perencanaan bersifatantisipasi terhadap kemungkinan yang mungkin terjadi di masa datang, baik jangka pendek, jangka menengah maupun jangka panjang.

Saat ini, konsep perencanaan transportasi seringkali diselesaikan dengan mempergunakan suatu model yang biasanya disebut "Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap" dimana model ini merupakan proses bertahap dari beberapa sub model yang dilakukan secara terpisah dan berurutan (*sequential*). Model empat tahap sangat kompleks, membutuhkan banyak data dan waktu lama dalam

proses pengembangan dan pengkalibrasiannya. Model ini dapat disederhanakan agar memenuhi kebutuhan perencanaan transportasi di daerah yang mempunyai keterbatasan waktu dan biaya.

Untuk lebih mempersingkat waktu dan menghemat biaya, maka diperlukan suatu kombinasi yang merupakan gabungan dari beberapa tahapan sub model tersebut, baik secara parsial maupun keseluruhan tahapan (simultan). Dengan beberapa hal yang sudah dikemukakan diatas, tujuan makalah ini adalah untuk mengkaji/mereview beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengembangan kombinasi tahapan dalam perencanaan transportasi sehingga menjadi dasar penulis mengembangkan penelitian lebih lanjut.

**Pemodelan Transportasi**

Berkembangnya aktivitas masyarakat dan tingginya mobilitas penduduk terkadang tidak diimbangi dengan sarana dan prasarana pendukungnya, khususnya di bidang transportasi. Terjadinya kemacetan lalu lintas dan pencemaran lingkungan menyebabkan kerugian yang tidak sedikit dari segi ekonomi dan lingkungan. Penanggulangan kemacetan dapat dilakukan melalui suatu perencanaan, jadi kemacetan perlu diperkirakan sebelumnya lalu direncanakan tindakan untuk mengantisipasinya. Untuk dapat memperkirakan kemacetan lalu lintas pada jaringan jalan, diperlukan kajian sistem. Kajian sistem transportasi kota, akan memerlukan pemodelan dan prosedur perhitungan untuk menganalisa hubungan antara

kebutuhan transportasi dan penyediaan sistem transportasi. Kebutuhan transportasi yang dimaksud adalah jumlah gerakan orang atau barang dengan menggunakan kendaraan diatas jalan dari asal ke tujuan. Sedangkan penyediaan adalah penambahan atau pengaturan pemakaian ruas jalan yang menyatu dalam jaringan jalan.

### Model Transportasi Empat Tahap

Terdapat beberapa konsep perencanaan transportasi yang telah berkembang saat ini, yang paling populer adalah Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap. Model ini merupakan gabungan dari beberapa seri sub model yang masing-masing harus dilakukan secara terpisah dan berurutan. Sub model tersebut adalah aksesibilitas, bangkitan dan tarikan pergerakan, sebaran pergerakan, pemilihan moda, pemilihan rute dan arus lalu lintas dinamis. Konsep ke dua sampai ke lima merupakan bagian utama model tersebut, yang harus dilakukan secara berurutan.

Pertama, bangkitan dan tarikan pergerakan, mengukur frekuensi perjalanan yang dikembangkan sebagai kecenderungan melakukan perjalanan. Perjalanan direpresentasikan sebagai *trip ends*, *productions* dan *attractions*, yang diestimasi secara terpisah. Kedua, sebaran pergerakan, bangkitan perjalanan didistribusikan menyesuaikan dengan distribusi tarikan perjalanan dan untuk merefleksikan hambatan perjalanan (waktu dan/atau uang), sebagai tabel perjalanan dari permintaan perjalanan orang. Berikutnya di pemilihan moda, matrik perjalanan direfleksikan dalam proporsi perjalanan menggunakan beberapa alternatif moda. Terakhir pilihan rute, matrik perjalanan menggunakan suatu moda di bebaskan ke jaringan moda tertentu.

Jenis pemodelan empat tahap ini sangat kompleks, membutuhkan banyak data dan waktu lama dalam proses pengembangan dan pengkalibrasiannya. Akan tetapi, model ini dapat disederhanakan agar memenuhi kebutuhan perencanaan transportasi di daerah yang mempunyai keterbatasan waktu dan biaya.

### Trip Generation

**Trip generation** adalah tahap pertama dalam proses perencanaan transportasi empat tahap. Tahap ini memprediksi jumlah perjalanan yang berasal atau menuju zona analisis. Tujuan tahap ini untuk mendapat total perjalanan harian dalam tingkat keluarga atau zona untuk tiap maksud perjalanan. Sedikitnya ada 3 maksud perjalanan *home-based work trips (HBW)*, *home-based other (or non-work)*

*trips (HBO)*, dan *nonhome-based trips (NHB)*. ([http://en.wikipedia.org/Trip\\_generation](http://en.wikipedia.org/Trip_generation))

*Trip end* dimodelkan sebagai tarikan atau bangkitan. Home-end perjalanan selalu bangkitan, yaitu Rumah Tangga dan demand aktivitasnya meningkat atau menghasilkan semua perjalanan. Non-home end adalah tarikan (untuk NHB, asal adalah bangkitan dan tujuan adalah tarikan). (Mc Nally, 2000).

### Trip Distribusi

Origin \ Destination	1	2	3	Z
1	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	T <sub>1z</sub>
2	T <sub>21</sub>			
3	T <sub>31</sub>			
Z	T <sub>41</sub>			T <sub>zz</sub>

Gambar 1. Matriks Tabel Perjalanan

**Trip distribution (destination choice** atau **zonal interchange analysis**) menunjukkan jumlah perjalanan dari tiap asal ke tiap tujuan. Trip Distribusi menghasilkan MAT untuk tiap maksud perjalanan sebagai fungsi atribut sistem kegiatan (bangkitan dan tarikan) dan atribut jaringan (waktu perjalanan interzona), dengan ukuran hambatan perjalanan (waktu perjalanan dan *generalized cost*) antara 2 zona. McNally (2000)

### Pemilihan Moda

**Mode choice analysis** digunakan untuk menentukan moda transportasi apa yang akan digunakan. Tahap ini adalah faktor MAT dari Trip Distribusi untuk menghasilkan MAT moda tertentu. Besarnya pergerakan yang menggunakan moda transportasi tertentu belum dapat teridentifikasi pada tahapan sebaran pergerakan. Untuk itu, dalam tahapan **pemilihan moda** akan diidentifikasi besarnya pergerakan antar zona yang menggunakan setiap moda transportasi tertentu.

Penyusunan sistem pemodelan pemilihan moda angkutan transportasi (modal split) sangatlah kompleks, hal ini terutama disebabkan oleh banyaknya indikator atau parameter yang digunakan dan mempengaruhi proses keputusan dan pemilihan moda angkutan dari serangkaian alternatif pilihan moda angkutan.

### Pemilihan Rute

**Route assignment, traffic assignment** atau **route choice** merupakan tahap terakhir dari Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap . Tahap ke

empat ini koncern pada seleksi rute (alternative disebut *paths*) antara asal dan tujuan dalam jaringan transportasi. Untuk menentukan fasilitas yang diperlukan dan untuk mengetahui *costs* serta *benefits*, kita perlu tahu jumlah pelaku perjalanan di tiap rute dan ruas dalam jaringan. Kita perlu membebaskan lalu lintas, jika ada jaringan jalan dan sistem angkutan umum. Kita pertama ingin tahu pola tundaan lalu lintas saat ini dan kemudian apa yang akan terjadi jika perubahan dibuat.

Jika banyak kendaraan mencoba untuk menggunakan fasilitas transportasi (misal jalan), fasilitas menjadi macet dan waktu perjalanan meningkat. *Moore algorithm* dipakai untuk menentukan rute terpendek dan pembebanan semua lalu lintas ke rute pendek tersebut. Hal tersebut dikenal dengan pembebanan all or nothing (AoN) karena tidak semua lalu lintas dari *i* ke *j* bergerak sepanjang rute atau tidak sama sekali. All-or-nothing atau pembebanan rute terpendek tidak sederhana dari pandangan teknik komputasi.

Untuk membebaskan lalu lintas ke paths dan ruas kita harus punya aturan yang dikenal dengan kondisi *Wardrop Equilibrium*. Intinya bahwa pelaku perjalanan akan berusaha keras untuk menemukan rute terpendek (hambatan terkecil) dari asal ke tujuan, dan keseimbangan jaringan terjadi saat tidak ada pelaku perjalanan dapat mengurangi lalu lintas dengan berupaya berpindah ke rute baru. Ini yang diistilahkan kondisi user optimal, untuk tidak ada user yang akan beruntung dengan merubah rute perjalanan satu sistem dalam kondisi equilibrium.

### **Model Simultan**

Model perencanaan transportasi empat tahap dapat disederhanakan agar memenuhi kebutuhan perencanaan transportasi di daerah yang mempunyai keterbatasan waktu dan biaya. Waktu merupakan hal yang penting, jika hanya sedikit waktu tersedia dalam penentuan kebijakan, maka melakukan pemodelan yang sesederhana mungkin akan lebih baik daripada pemodelan yang menyeluruh. Sampai saat ini banyak dikembangkan kombinasi tahapan tersebut, yaitu menggabungkan tahapan, kemudian parameternya dikalibrasi dengan arus lalu lintas.

Kombinasi tahapan merupakan salah satu langkah pengembangan model dalam memperoleh tahapan model yang efisiensi dan efektif. Dimana dengan model kombinasi ini, proses pemodelannya menjadi lebih singkat dan cepat dengan hasil sesuai dengan yang diharapkan untuk masing-masing tahap. Disamping itu, konsistensi antar tahapan model yang dikombinasikan tersebut dapat lebih terjamin,

karena mempergunakan masukan dan batasan yang sama dalam proses pemodelannya.

Model kombinasi bertujuan menggabungkan tahapan sebaran pergerakan, pemilihan moda dan pemilihan rute dalam satu proses, kemudian parameternya dikalibrasi dengan arus lalu lintas atau penumpang.

### **Kombinasi Sebaran Pergerakan dengan Pembebanan Rute**

Secara umum kebutuhan pergerakan dipengaruhi oleh ketersediaan jaringan. Beberapa penelitian untuk mengembangkan metode sistem peramalan untuk menghitung kebutuhan pergerakan dengan ketersediaan jaringan secara langsung telah dikembangkan. Evans (1976) mempublikasikan kombinasi matematis dari model distribusi *gravity* dengan model *equilibrium assignment*. Kutipan awal kombinasi ini dikerjakan oleh Florian et al (1975) yang mencatat beberapa hal dari penelitian Evans. Penelitian mereka menghasilkan umpan balik antara kondisi keseimbangan pada kemacetan dan sebaran pergerakan, dengan menerapkan juga prosedur *sequential*.

Perjalanan interzona dibebankan ke rute terpendek. Rute terpendek yang baru, di komputasi, dan panjangnya (*access times*) digunakan sebagai input model distribusi. Arus interzonal yang baru kemudian dibebankan dalam beberapa proporsi ke rute yang telah diperoleh. Prosedur ini dihentikan ketika waktu *interzonal* untuk iterasi berturut-turut tidak benar-benar sama.

Florian et al. mengusulkan metode yang agak berbeda untuk memecahkan kombinasi sebaran dan pembebanan dengan menerapkan secara langsung algoritma Frank-Wolfe. Boyce et al. (1988) merangkum penelitian masalah keseimbangan jaringan, termasuk pembebanan dengan *elastic demand*.

### **Kombinasi model sebaran pergerakan dan pemilihan moda**

Ben-Akiva dan Lerman (1985) mengembangkan kombinasi sebaran pergerakan dan pemilihan moda menggunakan rumusan logit untuk perjalanan bekerja dan tidak bekerja. Dalam penerapan saat ini, beberapa model, termasuk misalnya model perencanaan transportasi yang digunakan di Portland, Oregon menggunakan rumusan logit untuk distribusi perjalanan. Allen (1984) menggunakan utilitas logit berdasar model pemilihan moda dalam menentukan keterpisahan (composite impedance) untuk sebaran pergerakan. Pendekatan menggunakan pemilihan moda log-

sums menyatakan secara tidak langsung bahwa sebaran pergerakan tergantung dari variabel-variabel yang sama seperti pemilihan moda. Tamin (1988) mengembangkan model agregat yang dikombinasikan dengan model pemilihan moda logit yang dikalibrasi dengan data arus lalu lintas (penumpang). Arus lalu lintas (penumpang) diekspresikan sebagai fungsi dari model TDMC. Dalam kasus ini model TDMC direpresentasikan dengan fungsi dari bentuk model dan parameter yang relevan. Model yang diuji adalah model gravity yang dikombinasikan dengan model multinomial logit. Untuk mengkalibrasi parameter model kombinasi tersebut digunakan estimasi Non Linear Least Squares (NLLS). Levinson dan Kumar (1995) menggunakan probabilitas pemilihan moda sebagai faktor bobot dan mengembangkan fungsi hambatan khusus atau "f-curve" untuk tiap moda untuk maksud perjalanan bekerja dan non bekerja.

Tamin serta Purwanti, O. (2002) mengembangkan model kombinasi Sebaran Pergerakan Pemilihan Moda (SPPM), parameter model dikalibrasi dengan data arus lalu lintas atau penumpang dan beberapa data perencanaan sederhana. Pada model kombinasi Sebaran Pergerakan Pemilihan Moda (SPPM), peubah  $p_{id}^{lk}$  digunakan untuk dapat mendefinisikan proporsi jumlah perjalanan (moda  $k$ ) dari zona asal  $i$  ke zona tujuan  $d$  yang menggunakan ruas jalan  $l$ . sehingga arus lalu lintas di setiap ruas jalan dalam suatu jaringan jalan adalah hasil dari :

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

### **Kombinasi Aksesibilitas, Sebaran Pergerakan dan Pemilihan Moda**

Penelitian yang dilakukan oleh Departemen Transportasi di US (Bureau of Transportation Statistics, 1994) menemukan bahwa hasil dari model pilihan moda logit digunakan sebagai variabel penjelas dalam model distribusi. Variabel aksesibilitas, yang dikenal dengan variable *logsum*, diperhitungkan untuk tiap bagian *origin-destination* sebagai logaritma dari persamaan model pilihan moda logit. Variabel ini merepresentasikan utilitas maksimum yang diharapkan, yang diperoleh dari semua moda perjalanan yang mungkin antara asal dan tujuan diantara variabel waktu dan biaya. Variabel *logsum* dapat diinterpretasikan dan digunakan sebagai *generalized cost*, yang memberikan ukuran lebih baik dari biaya seseorang dalam melakukan perjalanan. Penggunaan variabel

*logsum* ini berbeda dengan yang umum digunakan di sebagian besar daerah perkotaan saat ini, yang menggunakan waktu perjalanan, sebagai variabel batasan dalam model gravity dari sebaran perjalanan. Variabel *logsum* digunakan sebagai *intervening opportunities* model trip distribusi. Model ini menggunakan parameter yang disebut nilai  $L$ , yang diukur dari probabilitas tujuan yang dipilih. Nilai  $L$  dari asal tergantung aksesibilitas dan semua kemungkinan tujuan perjalanan. Aksesibilitas asal mempunyai nilai  $L$  yang rendah, sehingga didefinisikan variable aksesibilitas dalam model sebaran pergerakan sebagai jumlah tujuan perjalanan.

Model nested logit berbasis pada teori utilitas random, dimana orang memilih alternatif yang memaksimalkan utilitasnya. Variabel Logsum juga digunakan di Seattle (*Puget Sound Regional Council*) dan di daerah New Hampshire/Maine seacoast (*Resource Systems Group*) untuk mengintegrasikan model pilihan moda dengan model alokasi tata guna lahan, informasi aksesibilitas digunakan dalam model tata guna lahan. Satu digunakan untuk tiap tipe tata guna lahan (perumahan, perdagangan dan non perdagangan) di tiap zona. Yang diturunkan dari variabel logsum pilihan moda. Setiap variabel aksesibilitas adalah jumlah bobot dari variabel logsum pilihan moda untuk semua bagian O-D dalam zona, meliputi perjalanan bekerja berbasis rumah, tidak bekerja berbasis rumah dan perjalanan tidak berbasis rumah. Bobot jumlah tergantung tipe tata guna lahan dari variable aksesibilitas yang dihitung, dan diestimasi menggunakan metode *multiple linear regression*.

Penggunaan kombinasi pilihan moda dengan bagian lain model kebutuhan perjalanan menjadi kompleks dalam estimasi dan aplikasinya. Sebagai contoh penggunaan variabel logsum dalam model sebaran pergerakan menggunakan prosedur iterasi keseimbangan, karena ada ketergantungan antara model. Parameter model pilihan moda di ambil untuk memperoleh hasil yang sesuai antara arus lalu lintas yang diestimasi dengan model sebaran pergerakan. *Adjustment* ini merubah variabel logsum, ketika digunakan dalam model sebaran pergerakan merubah arus lalu lintas. Model pilihan moda dan sebaran pergerakan harus diperkirakan secara iterasi sampai arus lalu lintas sesuai dengan variabel logsum untuk dua model tersebut.

### **Kombinasi Sebaran Pergerakan, Pemilihan Moda dan Pemilihan Rute**

Boyce and Bar-Gera (2003) mengembangkan penelitian tentang kombinasi trip distribusi, *mode*

*choice* dan *route choice*, untuk *multiple user classes* yang diterapkan dalam kondisi macet di jalan perkotaan di Chicago. Untuk memvalidasi dan mengestimasi model digunakan survey perjalanan rumah tangga dan data sensus 1990.

Beberapa penelitian sebelumnya berupa single-class model (pelaku perjalanan berdasar maksud perjalanan atau kelompok sosioekonomi merupakan satu kelompok homogeneous). Sementara sebenarnya pilihan bervariasi tergantung maksud perjalanan, income, kepemilikan kendaraan dll. Sehingga penelitian untuk model multi kelas dikembangkan.

Dua model multiklas dari trip distribusi, mode, and route choice diformulasi, diestimasi dan divalidasi. Model pertama menggabungkan O-D and mode choice menggunakan single exponential function of generalized travel cost. Model kedua memisahkan distribusi dan mode choice tetapi ada hubungan diantaranya dengan fungsi exponential digambarkan dengan nested logit model. Pelaku perjalanan dikelompokkan dalam klas maksud perjalanan dalam periode jam sibuk pagi dengan satuan orang/jam.

Satuan *generalized cost* mobil adalah *in-vehicle minutes*. Satuan koefisien relasi mobil adalah *in-vehicle minutes* per satuan variabel (*cents, out-of-vehicle minutes, miles, etc.*). Koefisien *monetary cost* mobil termasuk okupansi kendaraan. Tidak ada asumsi secara eksplisit bagaimana *monetary cost* dibagi untuk okupansi. Koefisien panjang perjalanan merepresentasikan *disutility* perjalanan dan *monetary operating cost*. Waktu perjalanan tergantung total arus di ruas, diaplikasikan untuk semua klas: *Home-to-Work Travel, Other Travel, and Trucks*.

Penelitian ini menggambarkan formulasi, estimasi dan validasi dari model multiklas skala besar perjalanan di perkotaan pada periode puncak. Hasil yang diperoleh adalah kelayakan implementasi dan penggunaan model yang mencapai konsistensi internal antara arus O-D mode dan waktu perjalanan kendaraan pribadi untuk meramalkan perjalanan. Pengujian model yang lebih detail diperlukan sebelum mempraktekkan model. Alternatif bentuk fungsional dari model perlu dicari khususnya fungsi deterrence yang lebih umum yang mengkombinasikan *negative exponential function* dengan *power function*.

Fernandes et al (2003) melakukan pendekatan modeling untuk memecahkan masalah keseimbangan jaringan (dengan bangkitan

perjalanan dan tarikan perjalanan yang tetap). Model ini mempertimbangkan keanekaragaman model kebutuhan dan perilaku pilihan rute termasuk pengguna multikelas dan kombinasi moda perjalanan. Pilihan kebutuhan diasumsikan mempunyai struktur hirarki. Saat sebaran perjalanan menjadi variabel, model entropi maksimum dengan dua batasan berada pada tingkat pertama dari pilihan dan model logit berhirarki digunakan untuk mempertimbangkan pilihan kebutuhan (waktu keberangkatan, moda perjalanan, titik transfer untuk kombinasi moda, dll). Jika sebaran perjalanan menjadi *exogenous*, pilihan kebutuhan dimodelkan sebagai logit berhirarki. Model ini mempertimbangkan efek kemacetan dan batasan kapasitas di tiap jaringan pelayanan angkutan umum. Masalah secara matematis diformulasikan dengan fungsi biaya asimetris. Masing2 iterasi dipecahkan dengan algoritma Evans.

## PEMBAHASAN

Dalam bahasan model empat tahap (Mc Nally, 2000) merupakan kilas pandang penerapan model konvensional dari peramalan perjalanan, dikenal sebagai model 4 tahap. Pilihan pendekatan empat tahap ini bukan karena terbaik, tetapi hanya pendekatan yang tersedia, dengan batasan institusi dan finansial. Dalam peramalan transportasi perlu direpresentasikan pendekatan berbasis kegiatan yang dikembangkan untuk pendekatan lebih baik perilaku perjalanan.

Model perencanaan transportasi perkotaan disusun sebagai set dari tahapan yang harus diikuti, dan model disusun untuk digunakan di tiap tahap. Dalam beberapa kasus, telah dicatat bahwa tahapan dapat digabungkan. Secara lebih umum, tahapan mungkin dibuat secara serempak, dan ini dapat diperlukan dalam analisis yang lebih baik.

Model *Trip Generation* sebagian besar tidak merefleksikan hambatan perjalanan atau ukuran umum dari aksesibilitas terkait dengan membagi perjalanan dalam bangkitan dan tarikan. Hambatan perjalanan digunakan, *skim tree (interzona impedance)* harus dihasilkan untuk tahap berikutnya. Waktu perjalanan mobil pribadi pada *free flow* untuk melalui 4tahap. Idealnya *skim tree* dapat merefleksikan *generalized cost* untuk keseluruhan moda pada tahap berikutnya.

Wilson menurunkan *gravity-like model* dengan membobotkan parameter yang menyatakan segala sesuatu tentang daya tarik asal dan tujuan. Tanpa banyak matematis kita dapat menulis probabilitas dari kalimat pilihan berbasis pada daya tarik, dan ini

mengambil bentuk yang sama dengan beberapa variasi dari *disaggregate demand models*.

Model gravity menggambarkan hubungan macroscopic antar tempat (rumah dan tempat kerja). Interaksi antara dua lokasi menurun dengan meningkatnya (jarak, waktu dan biaya ) diantara dua lokasi tersebut, tapi ini terkait dengan jumlah aktivitas di masing-masing lokasi . Dengan analogi dalam fisika, dirumuskan “hukum gravitasi”, dan definisi kekuatan demografi, energi, dan potensial, sekarang disebut aksesibilitas. Faktor kekurangan jarak dari 1/jarak diperbaharui menjadi fungsi yang lebih komprehensif dari *generalized cost*. Dalam analogi dengan hukum Newton tentang gravity, model gravity jarang digunakan di perencanaan transportasi. Model gravity dikuatkan berulang kali berdasar hubungan (Levinson and Kumar 1995).

*Disaggregate demand models* pertama dikembangkan untuk membicarakan masalah *mode choice*. Masalah itu mengasumsikan bahwa orang memutuskan untuk melakukan perjalanan, kemana perjalanan dilakukan, dan pada saat kapan perjalanan akan dibuat. Sama dengan itu, *model nested* dikembangkan, mulai dengan probabilitas perjalanan yang dibuat, kemudian menguji pilihan diantara tempat, kemudian pilihan moda.

Model *doubly constrained entropy* merupakan poin dari permulaan dari upaya di tingkat *aggregate*. Model itu terdiri dari *constraint*

$$t_{ij}c_{ij} = C$$

dimana  $c_{ij}$  adalah biaya perjalanan di ruas,  $t_{ij}$  adalah lalu lintas di ruas, dan C adalah sumber batasan yang diukur ketika mencocokkan model dengan data. Sebagai pengganti penggunaan bentuk batasan, peningkatan fungsi hambatan yang digunakan dalam pembebanan lalu lintas, dapat digunakan. Hasilnya menentukan pergerakan dari zona ke zona dan membebaskan lalu lintas ke jaringan. lalu lintas *zone-to-zone* kadang tergantung pada hambatan karena kemacetan. Fungsi hambatan di ruas termasuk fungsi obyektif (dan fungsi biaya total tidak dianggap sebagai batasan).

Pendekatan *generalized disaggregate choice* dikembangkan sebagai pendekatan *generalized aggregate*. Pertanyaan besar adalah hubungan diantaranya. Ketika kita menggunakan macro model, kita ingin tahu perilaku disaggregate yang direpresentasikan. Jika kita mengerjakan *micro analysis*, kita ingin tahu implikasi *aggregate* dari analysis.

Salah satu kunci untuk menggambarkan kembali penerapan model-model awal adalah ketidakmampuan untuk menghitung lalu lintas pada saat macet di jaringan jalan. Dalam menentukan probabilitas saat melakukan perjalanan antara dua lokasi. Walaupun Wohl tercatat di awal 1963 meneliti mekanisme kilas balik atau “interdependencies antara pembebanan atau distribusi volume, waktu perjalanan (travel ‘resistance’) dan rute atau kapasitas sistem, pekerjaan ini belum secara luas diadopsi dengan test yang teliti konvergen, atau dengan “equilibrium” atau pemecahan “combined” (Boyce et al. 1994). Asumsi internal tentang waktu perjalanan digunakan untuk mengembangkan demand yang seharusnya konsisten dengan keluaran waktu perjalanan dari pembebanan rute dari demand.

Tiga masalah ruas tidak dapat dipecahkan secara grafis, paling banyak masalah jaringan transportasi melibatkan sejumlah besar node dan link. Karena masalah besar, algorithm diperlukan untuk memecahkan masalah pembebanan, dan Frank-Wolfe algorithm (sedikit dimodifikasi sejak dipublikasikan pertama kali) digunakan. Dimulai dengan all or nothing assignment, dan kemudian diikuti aturan yang dikembangkan oleh Frank-Wolfe untuk iterasi sampai mencapai nilai minimum dari fungsi obyektif. (Algoritma menerapkan kemungkinan pemecahan berturut-turut untuk mencapai konvergen ke pemecahan optimal).

Menarik bahwa Frank-Wolfe algorithm tersedia th 1956. Penerapannya telah dikembangkan th 1968, dan mencapai hampir dua dekade yang lain sebelum *equilibrium assignment algorithm* yang pertama tersimpan dalam penggunaan *transportation planning software Emme and Emme/2*, dikembangkan oleh Florian dan lainnya di Montreal. (Florian, 1978)

Di beberapa daerah, output dari logit mode choice model digunakan sebagai variable penjelas dalam distribution model. Variabel aksesibilitas, yang dikenal dengan logsum variable, diperhitungkan untuk tiap origin-destination pair sebagai natural logarithm dari sebutan persamaan dari logit mode choice model. Variabel ini merepresentasikan expected maximum utility yang diperoleh dari semua moda perjalanan yang mungkin antara asal dan tujuan diantara variable waktu dan biaya. logsum variable dapat diinterpretasikan dan digunakan sebagai composite impedance atau generalized cost. Ini memberikan ukuran lebih baik dari biaya orang membuat perjalanan dan putusan tujuan perjalanan karena ini merupakan factor dari beberapa pilihan transportasi dan biaya, lebih

daripada menggunakan hanya waktu perjalanan. Penggunaan logsum variable di daerah ini kontras dengan yang dipraktekkan saat ini di sebagian besar daerah perkotaan saat ini dalam menggunakan waktu perjalanan, selalu waktu perjalanan di jalan raya, sebagai impedance variable dalam gravity model dari trip distribution.

## SIMPULAN

Mengacu pada beberapa penelitian terdahulu, maka kemungkinan pengembangan yang dapat diambil adalah pengembangan kombinasi sebaran pergerakan, pemilihan moda dan pemilihan rute berdasarkan informasi data arus lalu lintas pada kondisi pemilihan rute keseimbangan.

## REFERENSI

- Allen, B., 1984, "Trip Distribution Using Composite Impedance", *Transportation Research Record* 944 pp. 118-127
- Bar-Gera, H. Boyce, D., 2003, "Validation of Multiclass Urban Travel Forecasting Models Combining Origin-Destination, Mode and Route Choices", *Journal of Regional Science*, Vol 43, No. 3, 517-540
- Ben-Akiva, M. and S. Lerman., 1985, "Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand", MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Boyce, David E., Larry J. LeBlanc, and Kyong S. Chon., 1988, "Network Equilibrium Models of Urban Location and Travel Choices: A Retrospective Survey", *Journal of Regional Science*, 28, 159-183.
- Evans, S.P., 1976, "Derivation and Analysis of Some Models for Combining Trip Distribution and Assignmen", *Transportation Research* 10, 37-57.
- Fernandes, J., Soto, A., 2003, "Solving Network Equilibrium Problems on Multimodal Urban Transportation Networks with Multiple User Classes", *Working Paper N° 87, Department of Transport Engineering, Catholic University of Chile*.
- Florian, Michael, Sang Nguyen, and Jacques Ferland., 1975, "On the Combined Distribution-Assignment of Traffic," *Transportation Science*, 9, 43-53.
- Florian, M. And Nguyen, S. (1978), "A Combined Trip Distribution, Modal Split and Trip Assignment Model", *Transportation Research*.
- Michael G. McNally., 2000, "The Four Step Model", University of California, Paper UCI-ITS-AS-WP-00-5, Irvine, USA
- Levinson, D. and Kumar A., 1995. "A Multi-modal Trip Distribution Model". *Transportation Research Record*. #1466: 124-131.
- Tamin, O.Z., 1988, "The Estimation of Transport Demand Model From Traffic Counts", PhD Dissertation of the University of London, University College London.
- Tamin, O.Z., Sjafruddin A, and Purwanti, O., 2002, "Public Transport Demand Estimation by Calibrating The Combined Trip Distribution-Mode Choice (TDMC) Model from Passenger Counts: A Case Study in Bandung, Indonesia", *the 4<sup>th</sup> Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS)*.
- U.S. Department of Transportation., 1994, "Short-Term Travel Model Improvements", Final Report