

## Model Stokastik Taksonomi User Equilibrium Sebagai Model TRIP Assignment

Alhadi, Syamsuwito dan Sutanto Soekodho

1. Praktisi Transportasi, 2. Mahasiswa Program PPSBIT  
Studi Teknik Sipil Kekhususan Transportasi, 3. Dosen Program PPSBIT  
Program Studi Teknik Sipil Kekhususan Transportasi  
Universitas Indonesia  
E-mail : syamal02@yahoo.com, tanto@eng.ui.ac.id

### Abstrak

*Model Stokastik Taksonomi User Equilibrium (STUE) adalah salah satu alternatif model pemilihan rute yang diharapkan dapat menjawab tantangan dunia teknik transportasi dalam mencari model rute optimal yang ampuh dan efisien, terutama metoda yang berprospek bagi implementasi komputer berkinerja tinggi yang dapat menjadi solusi bagi pencarian rute optimal dalam jaringan transportasi yang berskala besar dan bersifat kompleks. Model STUE adalah model pemilihan rute yang mempertimbangkan efek stokastik dan batasan kapasitas. Efek stokastik berarti mempertimbangkan faktor persepsi pengguna jalan terhadap waktu tempuh sekumpulan rute optimal. Batasan kapasitas berarti ada hubungan antara waktu tempuh dengan arus lalu lintas. Fungsi multinomial logit path dan konsep reliability digunakan dalam mengembangkan model STUE ini. Konsistensi penggunaan analisis secara multi path dalam penyelesaian model stokastik menjadikan model STUE lebih fleksibel, efisien dan efektif dalam penyelesaian masalah optimasi jaringan dengan bantuan pengembangan program komputer. Dalam penelitian ini diuraikan mengenai teori-teori yang mendasari pengembangan model, algoritma model, algoritma program komputer serta aplikasinya pada jaringan. Pengembangan program komputer yang menggunakan bahasa visual basic dibuat untuk keperluan akademis maupun praktis. Untuk aplikasi model digunakan jaringan Kota Bogor. Hasil model ditampilkan, baik untuk keperluan akademis seperti: nilai konvergensi, fungsi tujuan, maupun untuk tujuan praktis seperti, arus lalu lintas pada ruas jalan.*

**Kata kunci :** STUE, optimal, pemilihan rute, stokastik, batasan kapasitas, reliability

### Abstract

*Stochastic Taxonomy of User Equilibrium (STUE) is one of the alternative model route choice of expected can answer transportation technique world challenge in searching optimasi route model which is effective and efficient, especially method which is have prospect to computer implementation have high performance to able to become solution to searching of optimal route in big scale transportation network and complex. Model STUE is considering effect of stochastic and capacity restraint. Effect of stochastic mean to consider factor perception of user to travel time a set of optimal route. Capacity restrain mean there is relation between travel time with traffic flow. Function of Multinomial path logit and concept of reliability used in developing model of STUE. Consistency usage of analysis by multi path in solving of model of stochastic make model of STUE more flexible, effective and efficient in solving of the problem of network optimasi constructively development of computer program. In this research will be elaborated theorys to base an development of model, model algorithm, computer program algorithm and also its application at network . Development of computer program using visual basic language, made far practical and also academic. For application model to used town network of Bogor. The results model presented, to academic need result value of convergen, objective function , and also to be practical like, link traffic flow.*

**Keyword :** STUE, optimal, route choice, stochastic, capacity restrain, reliability.

## 1. Pendahuluan

Pencarian rute optimal dalam jaringan transportasi bukan merupakan masalah yang sederhana. Hal ini bila jaringan tersebut berskala besar, apalagi bila bersifat kompleks. Secara matematis jaringan yang demikian biasanya memerlukan rumusan nonlinear. Menjadi tantangan bagi dunia teknik transportasi untuk mencari metoda optimasi rute transportasi yang ampuh dan efisien, terutama metoda yang berprospek bagi implementasi komputer berkinerja tinggi, hal ini sejalan dengan perkembangan metoda dan algoritma model pemilihan rute dengan mempertimbangkan efek stokastik dan batasan kapasitas.

Model dengan pendekatan algoritma dan metoda genetik taksonomi evaluator sebagai algoritma rute tersingkat dan penerapan serta penggunaan konsep reliability dalam penentuan sekumpulan rute optimal yang dapat merepresentasikan persepsi pengguna jalan diharapkan mampu menjawab permasalahan transportasi dan menjadi model yang dapat melengkapi pengembangan model pemilihan rute yang mengarah kepada pemilihan rute yang bersifat stokastik dalam jaringan rute yang kompleks dan pembebanan yang bersifat banyak rute dan tetap konsisten penggunaan analisa secara rute dalam semua rangkaian tahapan prosedur analisisnya.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Algoritma Rute Terpendek

Pada model STUE algoritma rute terpendek yang digunakan adalah algoritma genetik taksonomi evaluator (GTE) merupakan perpaduan antara dua metoda yaitu metoda taksonomi dan algoritma genetik. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh metoda rekonstruktur taksonomi dan genetik algoritma akan dapat menjembatani tantangan bagi dunia teknik transportasi untuk mencari metode optimasi rute transportasi yang ampuh dan efisien, terutama metode yang berprospek bagi implementasi komputer berkinerja tinggi. Ada dua tahapan penting dalam algoritma GTE, yaitu tahapan dalam

rekonstruktur taksonomi yang meliputi: tahapan pembentukan struktur taksonomi dan lokalisasi masalah dalam permasalahan,

Tahapan lainnya adalah tahapan dalam algoritma genetik yang meliputi tahapan pelacakan, seleksi, evaluasi, mutasi dalam rangka bertujuan untuk peningkatan kualitas rute. Hal yang penting dalam algoritma ini adalah penentuan penggunaan definisi 3 jenis rute yang terdapat dalam taksonomi yaitu : Rute langsung, Rute tidak langsung, dan rute putar.

### 2.2. Multinomial Logit Path Choice Model

Fungsi model pemilihan rute secara stokastik yang digunakan adalah multinomial logit yang ditunjukkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$C_k^n(x) = c_k^n(x) - \frac{1}{\theta} \epsilon_k^n(x) \quad \forall r, s, k \quad (2.1)$$

dimana :

$\theta$  = parameter nonnegatif, skala persepsi aktual waktu perjalanan pada rute  
 $\epsilon_k^n(x)$  = komponen random.

Sedangkan fungsi multinomial logit untuk memperoleh sekumpulan alternatif rute menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$P_k^n(c_k^n) = \frac{\exp[-\theta c_k^n(x)]}{\sum_k \exp[-\theta c_k^n(x)]} \quad \forall r, s, k \quad (2.2)$$

Untuk menentukan arus (flow) untuk masing-masing rute  $k$  yang merupakan fungsi waktu rute, persamaan logitnya dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$f_k^n(t) = q^n(x) \frac{\exp[-\theta c_k^n(x)]}{\sum_k \exp[-\theta c_k^n(x)]} \quad \forall r, s \quad (2.3)$$

### 2.3. Konsep Dan Teori Reliability

#### 2.3.1. Fungsi Struktur Nilai Reliability

Fungsi struktur yang digunakan untuk pengembangan model algoritma pemilihan rute ini adalah " sistem series di dalam paralel", karena sesuai dengan penggunaan konsep analisis multi rute.

Sehingga sistem reliabilitas dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti berikut ini:

$$P(x) = 1 - \prod \{ (1 - \alpha_i(x)) \} = 1 - \prod \{ 1 - \Pi x_i \}$$

Sebelum menentukan nilai reliabilitas dari suatu jaringan transportasi, perlu ditentukan terlebih dahulu reliabilitas dari rute-rute yang membentuk suatu jaringan tersebut. Nilai reliabilitas dari path  $P_i$  adalah nilai ekspektasi dari nilai  $f_i^r$ , dimana nilai tersebut merupakan bilangan random variabel, yang dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan umum sebagai berikut

$$P_i = E(f_i^r) \quad (2.4)$$

Sehingga secara keseluruhan nilai reliabilitas dari suatu sistem dengan semua rute atau parsial rute dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$R = E \left\{ 1 - \prod (1 - p_i) \right\} = 1 - \prod (1 - p_i) \quad (2.5)$$

Nilai reliability suatu sistem jaringan sepasang titik asal dan tujuan perjalanan ini digunakan untuk menentukan batasan psikologis dalam menentukan batas interval sekumpulan set untuk digunakan sebagai sekumpulan rute yang masih masuk dalam batas yang masih memungkinkan untuk dilalui oleh pengguna jalan.

### 3. Algoritma Model

Step 0 Inialization, lakukan pembebanan jaringan dengan menggunakan prosedur pembebanan metoda stokastik multinomial logit dengan analisa secara multi path model pemilihan rute, didasarkan set  $\{t_{rs}^a\}$ , sehingga diperoleh arus tiap rute selanjutnya diperoleh arus tiap ruas yang sebagai hasil  $\{x_{rs}^a\}$ , kemudian tentukan  $n := 1$ .

Sedangkan prosedur dari algoritma "Stokastik multinomial logit path with GTE algoritma dapat ditunjukkan sbb:

Langkah awal :

Dengan kondisi  $\{t_{rs}^a\}$ , tentukan semua rute yang terbentuk dari masing-masing titik O-D yang termasuk jenis rute langsung, rute tidak langsung, dan rute putar.

Langkah pertama :

Hitung probabilitas dari sekumpulan rute tersebut dengan fungsi persamaan sbb :

$$P_i^r(c) = \frac{\exp[-\theta c_i^r(x)]}{\sum_k \exp[-\theta c_k^r(x)]} \quad \forall r, s, k. \quad (3.1)$$

Kemudian untuk menentukan jumlah rute yang memenuhi persamaan (3.2) digunakan grafik fungsi kumulatif distribusi probablity dengan batasan sebagai berikut :

$$\sum_{i \in R} P_i^r(x) \leq R_i^r \quad (3.2)$$

Langkah kedua :

Dari hasil langkah pertama diperoleh sejumlah kumpulan rute yang merupakan "reasonable path", kemudian lakukan perhitungan probabilitas masing-masing rute dengan menggunakan persamaan:

$$P_i^r(c_i^r) = \frac{\exp[-\theta c_i^r(x)]}{\sum_k \exp[-\theta c_k^r(x)]} \quad \forall r, s, k. \quad (3.3)$$

Setelah masing-masing rute telah diketahui probabilitasnya, maka tentukan arus rute dengan persamaan :

$$f_i^r(x) = q^r(x) \frac{\exp[-\theta c_i^r(x)]}{\sum_k \exp[-\theta c_k^r(x)]} \quad \forall r, s, k$$

dimana :

$$\sum_k f_k^r(x) = q^r \quad \forall r, s, k. \quad (3.4)$$

Untuk menentukan volume arus ruas ditentukan dengan persamaan:

$$x_{rs}^a = \sum_r \sum_k q_r P_i^r(c_i^r) \delta_{rsk}^a \quad \forall r, s, k. \quad (3.5)$$

Hasil dari pembebanan ini merupakan hasil sekumpulan arus ruas  $x_{rs}^a$ , kemudian tentukan  $n := 1$ . Probabilitas pada persamaan (3.3) adalah untuk angkutan pribadi, sedangkan untuk

angkutan umum dengan waktu perjalanan  $c_{rs}^{rs}$  memenuhi persamaan sebagai berikut

$$: \hat{c}_{rs} = c_{rs} + \phi_{rs}^k + \phi_{rs}^k \quad (3.6)$$

Probabilitas dari angkutan umum dapat ditulis dengan persamaan :

$$P_{rs}^{rs}(c_{rs}^{rs}) = \frac{\exp[-\theta c_{rs}^{rs}(x)]}{\sum_s \exp[-\theta c_{rs}^{rs}(x)] + \exp[-\theta c_{rs}^{rs}(x)]} \quad \forall r, s, k \quad \dots \dots (3.7)$$

dimana :

$$\sum_k f_{rs}^{rs}(x) = q_{rs}^{rs} \quad \forall r, s, pt. \quad (3.8)$$

Untuk angkutan umum :

$$f_{rs}^{rs}(x) = q_{rs}^{rs}(x) \frac{\exp[-\theta c_{rs}^{rs}(x)]}{\sum_s \exp[-\theta c_{rs}^{rs}(x)] + \exp[-\theta c_{rs}^{rs}(x)]} \quad \forall r, s, k \quad \dots \dots (3.9)$$

Untuk menentukan volume arus ruas ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

Ruas yang dilalui oleh rute angkutan umum dalam satuan mobil penumpang yaitu :

$$x_{rs}^n = \sum_{rs} \sum_{rs} q_{rs} P_{rs}^{rs}(c_{rs}^{rs}) \delta_{rs}^n \quad \forall r, s, \text{ dan } pt. \quad (3.10)$$

Hasil dari pembebanan ini merupakan hasil sekumpulan arus ruas  $x_{rs}^n$ , kemudian tentukan  $n := 1$

Step 1 : Update

Kemudian tentukan  $t_a^n = t_a(x_a^n) \forall a$

Step 2 : Direction Finding

Lakukan prosedur pembebanan dengan menggunakan "Stokastik multinomial logit path with GTE algoritma", yang didasarkan kepada sekumpulan waktu perjalanan rute yang terakhir (setelah di update) ,  $\{t_a^n\}$ , hasil ini merupakan "an auxiliary link flow pattern"  $\{y_a^n\}$

$$y_a^n = \sum_{rs} \sum_k q_{rs} P_k^{rs}(c_k^{rs}) \delta_{a,rs}^n \quad (3.11)$$

Step 4 : Move

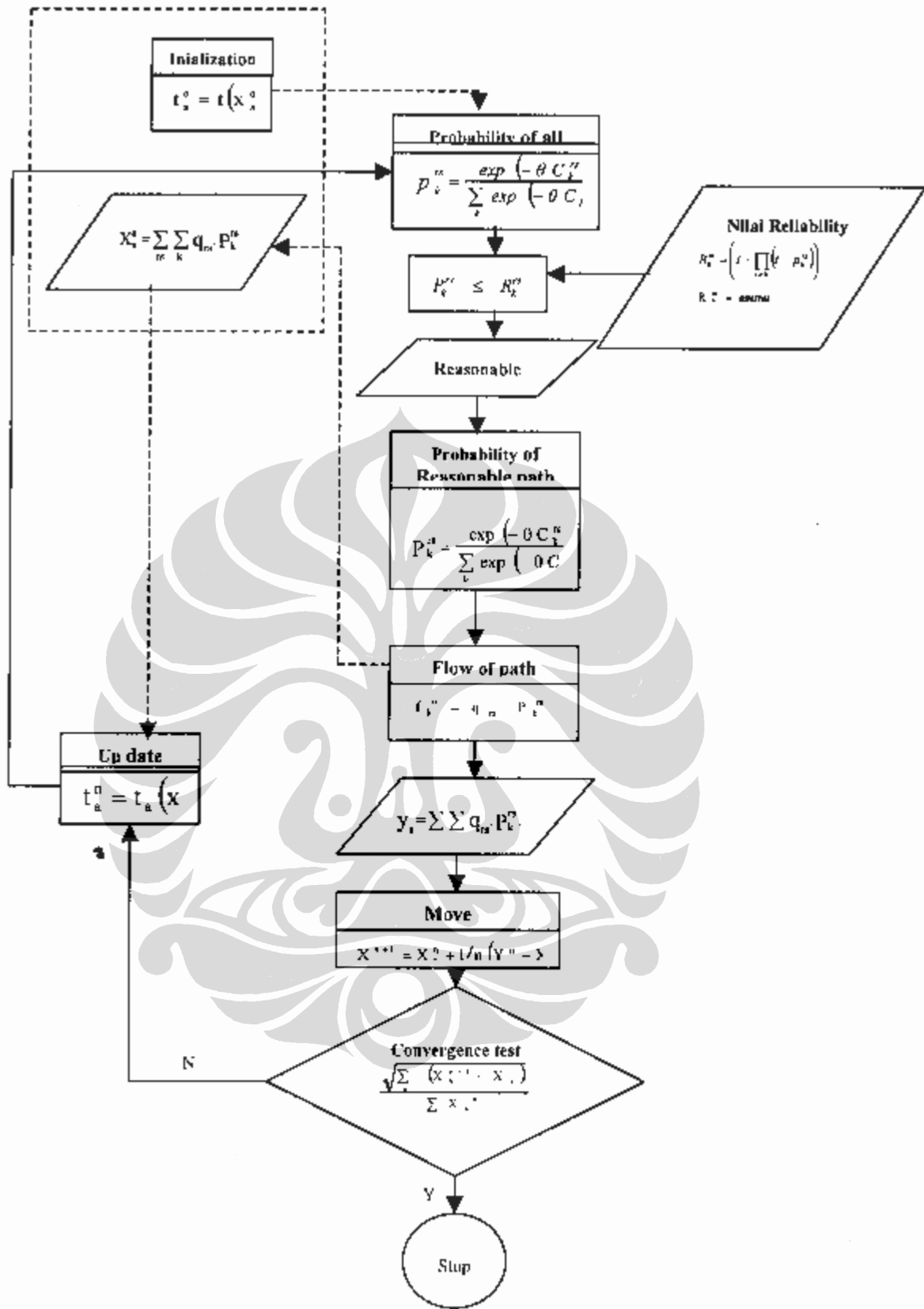
Cari pola arus yang baru untuk masing-masing ruas, yang diatur dengan persamaan berikut :

$$x_a^{n+1} = x_a^n + \left(\frac{1}{n}\right)(y_a^n - x_a^n) \quad (3.12)$$

Step 5 : Convergency Criterion

Jika tingkat konvergen telah tercapai, hentikan iterasi, jika tidak tentukan  $n + 1$ , kemudian kembali kepada langkah 1. Kriteria konvergen yang digunakan adalah:

$$\frac{\sqrt{\sum_a (\bar{x}_a^{n+1} - \bar{x}_a^n)^2}}{\sum_a \bar{x}_a^n} \leq \epsilon \quad (3.13)$$



PERPUSTAKAAN PUSAT  
UNIVERSITAS PONTIANAK

Gambar 3.1.  
Algoritma model STUE

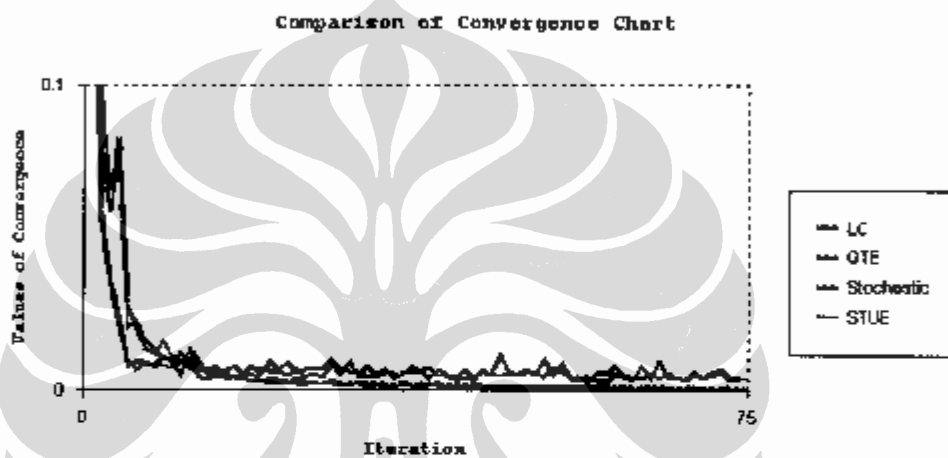
#### 4. Aplikasi Model

Data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan dengan program komputer model STUE ini secara garis besar meliputi antara lain :

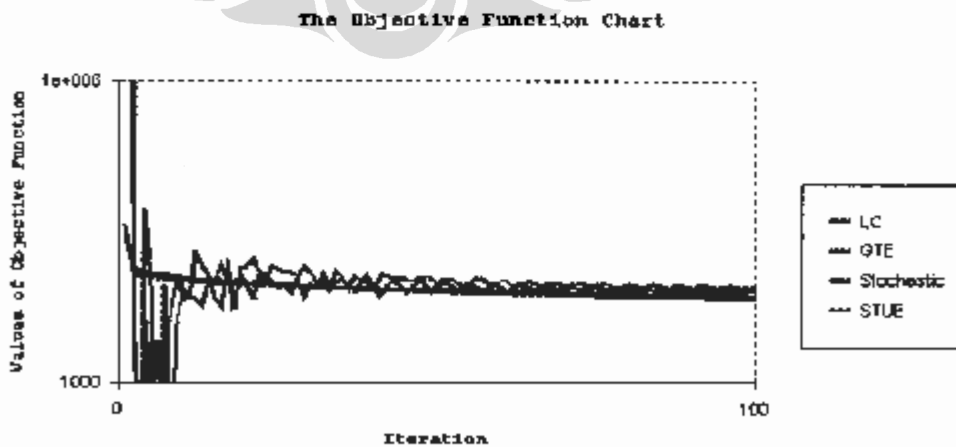
- Data jaringan jalan, yaitu node, link, ordinat.
- Data link performance function (LPF)
- Matriks Asal-Tujuan untuk wilayah Kota Bogor

- Data rute dan waktu perjalanan angkutan umum.

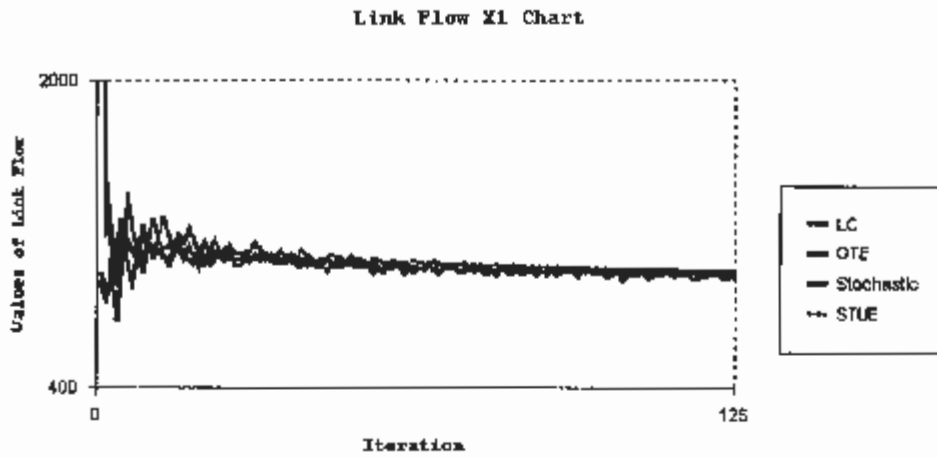
Dari hasil perhitungan akhir untuk keperluan akademis model keseimbangan menggunakan 4 algoritma (LC, GTE, STOCH/DIAL, STUE) Gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan untuk keperluan praktisi diperlihatkan hasil arus lalu lintas tiap ruas jalan dalam jaringan kota Bogor Gambar 4.4 sebagai berikut:



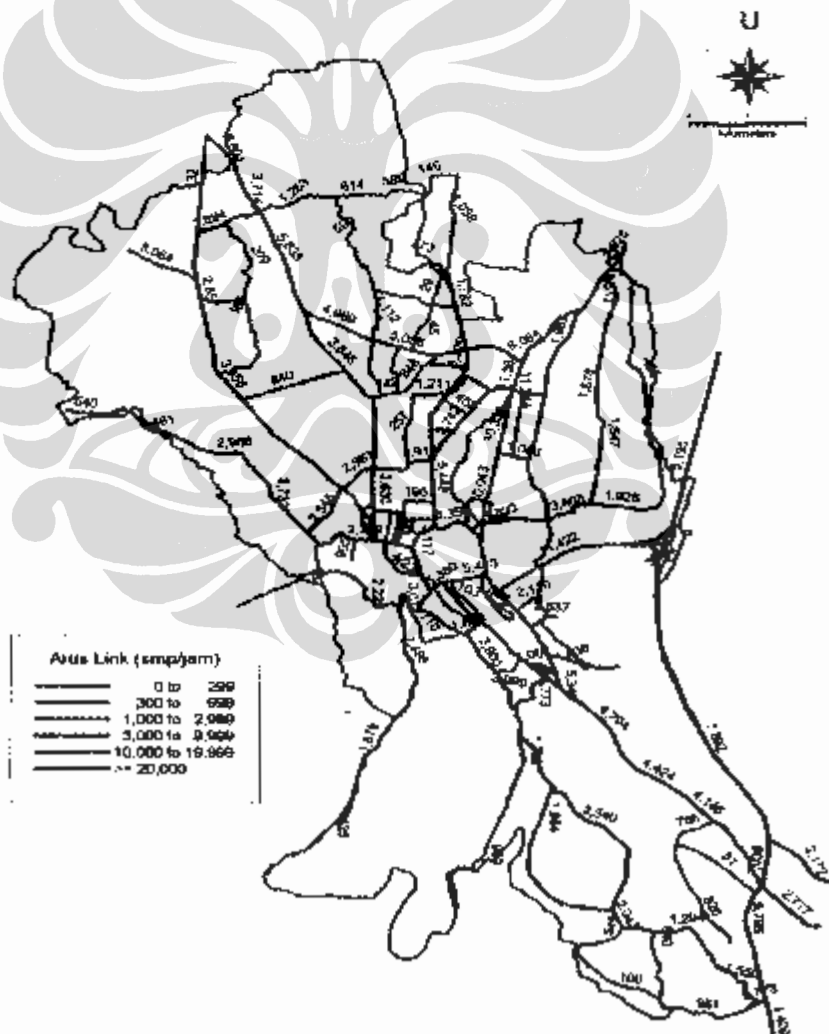
Gambar 4.1.  
Perbandingan nilai konvergensi masing-masing model



Gambar 4.2  
Nilai fungsi tujuan



**Gambar 4.3**  
Nilai arus pada ruas dalam jaringan



**Gambar 4.4**  
Nilai arus lalu lintas masing-masing ruas

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil uraian penggunaan dan penerapan teori dan konsep dasar pengembangan model, dengan aplikasinya pada jaringan kota Bogor, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Penyelesaian optimasi pembebanan jaringan dengan pendekatan stokastik dengan analisis secara multi path, terutama pada jaringan yang besar dan kompleks dapat terjawab dengan penggunaan model STUE. hal ini dapat ditunjukkan pada hasil aplikasi model pada jaringan kota Bogor.

Dengan pengembangan model STUE yang bersifat stokastik dan implementasinya, membuka kemungkinan untuk pengembangan model permasalahan transportasi lainnya.

Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut, terutama mengenai penggunaan konsep dan teori reliability dalam menggambarkan dan merepresentasikan persepsi pengguna jalan.

#### Daftar Acuan

1. Bell, Michael G. H. & Lida Yasunori (1997). *Transportation Networks Analysis*. John Wiley & Sons Ltd, England.
2. Bell, M. G. H & Cassir, C. (1997). *The Use of The Path Flow Estimator In Multi-Modal Networks*. University of Newcastle.
3. Horowitz, Ellis & Sahni, Sartaj (1978). *Fundamentals of Computer Algorithms*. Joseph F. P. Luhokay, United States of America. (1978).
4. Rao, S. S. (1977). *Optimization Theory and Applications*. Wiley Eastern Limited, Kanpur.
5. Sheffi, Yosef (1985). *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
6. Sheffi, Y., and Powell, W.B. *A Comparison of Stochastic and Deterministic Traffic Assignment Over Congested Networks*, *Transportation Research*, 1981.