

PENGEMBANGAN MODEL PEMILIHAN
RUTE JALAN RAYA BERDASARKAN PERILAKU
PENGGUNA MENGGUNAKAN *ANT-COLONY OPTIMIZATION* (ACO)

Joko Siswanto

Siswanto_jk@yahoo.com

Abstract

In the election of the road network usually use road network system optimization considerations with aggregative behavior by determining the shortest route or the lowest cost. Determinants of consumer behavior in route selection and decision-making of the most dominant (disaggregated). Route selection optimization model based on user behavior can be implemented from the results of model development preference with Conjoint analysis. Preferences user behavior seems, is directly proportional to the convenience, the crowd, the facilities, the ease, safety, and inversely proportional to the density. Route selection optimization model with the development of ant-colony optimization formula can be applied with the substitution probability of interaction and preferences as well as the network models incorporate the concept of route selection based on consumer behavior and the physical condition of the network.

Key words : optimatization, behavior

Pendahuluan

Latar Belakang

Pemilihan rute jalan raya selama ini selalu menggunakan pertimbangan optimasi pada sistem jaringan dengan perilaku agregatif yaitu hanya mendasarkan pada penentuan rute terpendek ataupun biaya termurah, yang pada realisasinya pertimbangan model perilaku konsumen sebagai penentu keputusan konsumen sangat dominan. Dengan demikian keputusan perancangan pemilihan rute jalan raya yang selama ini hanya dengan mempertimbangkan rute terpendek atau biaya termurah harus mempertimbangkan pengetahuan dan perilaku konsumen sebagai salah satu pertimbangan pemilihan rute jalan raya. Pengembangan model pemilihan rute jaringan jalan dengan pertimbangan perilaku konsumen merupakan pengembangan dari konsep pemilihan rute dengan pertimbangan psikologi konsumen sebagai dasar preferensi rute pada jaringan jalan yang disukai. Hal ini menjelaskan bahwa rute tersebut akan memberikan kepuasan pada konsumen serta memiliki aspek yang tepat dipandang dari aspek jaringan itu sendiri.

Perancangan rute transportasi umumnya didasarkan pada optimasi dari beberapa jaringan untuk mendapatkan rute yang optimal. Dewasa ini optimasi menyajikan tantangan bagi periset dan praktisi dari beberapa disiplin ilmu, dengan beberapa teknik optimasi telah banyak dipelajari dan dikembangkan. Teknik riset operasi tradisional telah berkembang, namun banyak dari mereka menunjukkan perhitungan yang berdasar dan masalah yang kompleks. Sebagai hasilnya algoritman pencarian metaheuristik seperti *simulated annealing* (David Bookstaber, 1998, *Simulated Annealing for Traveling Salesman Problem*), *tabu search* (Shigeru Tsubakitani, 1997, *Optimizing Tabu List Size For The Traveling Salesman Problem*), *genetic algorithms* (Abdollah Homaifar, 1996,

Schema Analysis of the Traveling Salesman Problem Using Genetic Algorithms) dan *antcolony optimisation* (Dorigo et al. 1996) telah diterapkan untuk mendapatkan solusi yang baik dengan waktu komputasi yang cukup baik.

Penelitian ini menggunakan algoritma *Ant-Colony Optimisation* (ACO) untuk menyelesaikan masalah rute yang unik. Tujuannya adalah tidak untuk mencari seluruh solusi yang mungkin namun untuk mengembangkan solusi yang baik dengan waktu komputasi yang kecil. Fleksibilitas algoritma ACO dengan menggunakan dasar probabilitas dalam pemilihan rute yang terbaik menjadikan ACO mampu melibatkan beberapa parameter dalam pemilihan rute terbaik.

Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian yaitu pengembangan model pemilihan rute transportasi dengan pertimbangan perilaku pengguna dengan menggunakan algoritma *Ant-Colony Optimisation* (ACO). Sedangkan tujuan adalah;

1. Menentukan preferensi konsumen berdasarkan perilaku pengguna yang dianalisis dengan *conjoint*
2. Menentukan model optimasi yang dianalisis dengan algoritma *Ant-Colony Optimization* (ACO)

Tinjauan Pustaka

Teori Preferensi Konsumen

Heirshleifer dan Glazer (1992) memberikan gambaran ideal dari preferensi individual atas alternatif barang-barang konsumsi dalam dua hukum (*revealed preferences*) yaitu;

1. Aksioma Perbandingan
2. Aksioma Transitivitas

Kedua aksioma tersebut apabila digabungkan akan berbentuk proporsi pengurutan preferensi yaitu seluruh barang yang ada secara konsisten diurutkan menurut urutan preferensi oleh seseorang, pengurutan

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ini disebut fungsi preferensi. Menurut Browning dan Zupan (1997) terdapat tiga asumsi dasar dalam preferensi konsumen yaitu;

1. konsumen dapat meranking urutan preferensi secara lengkap terhadap semua barang di pasar. Urutan preferensi menunjukkan tingkat kesenangan relatif tanpa memperhatikan harga barangnya;
2. preferensi adalah transitivitas. Asumsi ini memungkinkan orang untuk memiliki preferensi yang rasional dan konsisten; dan
3. konsumen akan lebih menyukai barang dalam jumlah yang banyak dari pada barang yang sedikit.

Teori Pendekatan Atribut

Pendekatan atribut didasarkan pada asumsi bahwa perhatian konsumen bukan terhadap produk secara fisik, tapi lebih ditujukan kepada atribut produk yang bersangkutan (Arsyad, 2008). Pendekatan ini menggunakan analisis utilitas yang digabungkan dengan analisis kurva indifferen. Atribut adalah semua jasa yang dihasilkan dari penggunaan atau pemilikan dari suatu barang.

Preferensi konsumen dapat digambarkan melalui kurva indifferen. Kurva indifferen menunjukkan semua kombinasi dari dua barang yang memberikan tingkat kepuasan yang sama pada individu. Tingkat kepuasan konsumen akan berbeda (lebih tinggi/ lebih rendah) bila kombinasi dari dua barang berada pada kurva indifferen yang berbeda (Nicholson, 2002).

Menurut Nicholson (2002) untuk memaksimalkan utilitas, kombinasi barang yang dipilih oleh konsumen dibatasi oleh kendala anggaran. Kendala ini menunjukkan kombinasi mana dari barang-barang tersebut dapat diperoleh. Kendala ini menentukan kemampuan individu dalam memilih kombinasi kelompok barang yang memberikan utilitas tertinggi.

Ant Colony Optimization

Ant based techniques pertama kali digunakan oleh Dorigo et al. (1996) dengan menggunakan ACO untuk menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Dalam ACO, setiap semut (pengguna) dalam kawanan yang berjalan akan meninggalkan *pheromone* (semacam zat kimia) pada jalur yang dilaluinya. *Pheromone* ini menjadi semacam sinyal bagi sesama semut. Jalur yang pendek akan menyisakan sinyal yang Lebih kuat. Semut (pengguna) berikutnya, pada saat memutuskan jalur mana yang harus dipilih, biasanya akan cenderung memilih untuk mengikuti jalur dengan sinyal yang paling kuat, sehingga jalur terpendek akan ditemui karena lebih banyak semut (pengguna) yang akan melewati jalur tersebut. Semakin banyak semut (pengguna) yang lewat suatu jalur, semakin kuat sinyal di jalur itu.

Perilaku Semut

Seekor semut (pengguna) k pada simpul i akan memilih simpul j yang dituju pada layer berikutnya dengan probabilitas

$$p_{i,j} = \begin{cases} \frac{\tau_{i,j}^\alpha}{\sum_{j \in N_i^{(k)}} \tau_{i,j}^\alpha}, & \text{jika } j \in N_i^{(k)} \\ 0, & \text{jika } j \notin N_i^{(k)} \end{cases} \quad \dots (1)$$

dimana α menunjukkan derajat kepentingan *pheromone* dan $N_i^{(k)}$ adalah pilihan yang dipunyai semut (pengguna) k (*neighborhood*) pada saat ia berada pada simpul i . *Neighborhood* dari semut (pengguna) k pada simpul i akan mengandung semua simpul yang bisa dituju yang tersambung secara langsung ke simpul i , kecuali simpul yang sudah dikunjungi sebelumnya.

Penambahan dan Penguapan *Pheromone*

Seekor semut (pengguna) k ketika melewati ruas akan meninggalkan *pheromone*. Jumlah *pheromone* (τ) yang terdapat pada ruas ij setelah dilewati semut (pengguna) k diberikan dengan rumus

$$\tau_{i,j} \leftarrow \tau_{i,j} + \Delta\tau^k \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dengan meningkatnya nilai *pheromone* pada ruas $i-j$, maka kemungkinan ruas ini akan dipilih lagi pada iterasi berikutnya semakin besar. Setelah sejumlah simpul dilewati maka akan terjadi penguapan *pheromone* dengan aturan sebagai berikut :

$$\tau_{i,j} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{i,j}, j; \forall(i,j) \in A \quad \dots\dots\dots(3)$$

dimana $\rho \in (0, 1)$ adalah parameter tingkat penguapan dan A menyatakan segmen atau ruas yang sudah dilalui oleh semut (pengguna) k sebagai bagian dari lintasan dari sarangnya menuju ke makanan. Penurunan jumlah *pheromone* memungkinkan semut (pengguna) untuk mengeksplorasi lintasan yang berbeda selama proses pencarian. Ini juga akan menghilangkan kemungkinan memilih lintasan yang kurang bagus. Selain itu, ini juga membantu membatasi nilai maksimum yang dicapai oleh suatu lintasan *pheromone*. Jumlah *pheromone* yang ditambahkan pada ruas $i - j$ oleh semut (pengguna) k diberikan sebagai

$$\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = \frac{Q}{L_k} \quad \dots\dots\dots(4)$$

dimana Q adalah konstanta dan L_k adalah lintasan terpendek yang dilalui semut (pengguna) k . Nilai Q biasanya ditentukan oleh user. Atau bisa juga diimplementasikan dengan cara berikut Jika $(i,j) \in$ lintasan terbaik global untuk yang lain

$$\Delta\tau_{i,j}^{(k)} \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, \\ 0, \end{cases} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Awalnya ACO diterapkan oleh penemunya untuk menyelesaikan persoalan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana ACO diterapkan pada *Traveling Salesman Problem* (TSP) berdasarkan Marco Dorigo [Dorigo et al., 1996], yang merupakan penemu algoritma ini. Dalam TSP, jika terdapat n kota akan ada (γ) buah ruas, dan juga memiliki $(\gamma - 1) / 2$ rute yang mungkin. Jarak yang digunakan dalam TSP standar merupakan jarak simetris, artinya jarak antara kota r ke kota s sama dengan jarak antara kota s ke kota r dimana $d(s,r) = d(r,s)$.

Peranan utama dari penguapan *pheromone* adalah untuk mencegah stagnasi, yaitu situasi dimana semua semut (pengguna) berakhir dengan melakukan rute yang sama. Proses di atas kemudian diulangi sampai rute-rute yang dilakukan mencapai jumlah iterasi maksimum yang ditentukan *user* atau tidak terjadi lagi perubahan solusi. Aturan transisi status yang digunakan oleh *Ant System* dinamai *random proportional rule*, yang ditunjukkan oleh persamaan

$$p_k(r,s) = \begin{cases} \tau(r,s)\eta(r,s)^\beta / \sum_{u \in M_k} \tau(r,u)\eta(r,u)^\beta, & \text{jika } s \in M_k \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad \dots(6)$$

dimana $p_k(r, s)$ adalah peluang pindah dari kota r ke kota s dari semut (pengguna) k , τ adalah tingkat *pheromone*, $\eta(r, s)$ kedekatan kota r dan s dan β adalah bobot yang mengontrol visibility terhadap tingkat *pheromone* τ . Pertama perlu dilakukan penghitungan matrik yang menyatakan kedekatan antar kota (*visibility*), $\eta(r, s)$, dimana setiap entri merupakan 1/jarak dari r ke s . Untuk setiap semut (pengguna) perlu dilakukan penempatan awal di kota mana akan memulai rute. Untuk TSP, setiap semut (pengguna) akan mulai dari kota 1. Dari persamaan ini ruas yang lebih pendek dan memiliki jumlah *pheromone* yang lebih besar akan lebih besar probabilitasnya untuk dipilih dalam rute. Tingkat *pheromone* (*pheromone trail*) berubah baik secara lokal dan global. Pembaruan *pheromone* secara global dimaksudkan untuk memberikan ruas-ruas yang terdapat dalam rute terpendek. Setelah satu iterasi, semua semut (pengguna) menyelesaikan satu rute, setelah semua semut (pengguna) kembali ke sarangnya akan terjadi update *pheromone* dengan aturan

$$\tau_{r,s} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{r,s} + \sum_{k=1}^N \Delta\tau_{r,s}^k \quad \dots(7)$$

dimana ρ (0, 1] adalah tingkat penguapan atau sering juga disebut faktor *decay* dan $\Delta\tau(k)_{i,j}$ adalah jumlah *pheromone* yang ditambahkan pada ruas $r-s$ oleh semut (pengguna) terbaik k . Tujuan dari update *pheromone* adalah meningkatkan nilai *pheromone* yang berkaitan dengan lintasan yang menjanjikan atau bagus. Setelah semut-semut (pengguna) *artificial* menyelesaikan satu rute mereka maka semut (pengguna)

terbaik akan menambahkan *pheromone* pada ruas-ruas yang sudah dikunjungi; yaitu ruas-ruas yang masuk dalam rutenya. Sementara ruas yang lain tidak berubah tingkat *pheromonenya*. Jumlah *pheromone* $\Delta\tau(r, s)$ yang ditambahkan dalam setiap ruas yang dikunjungi (r, s) oleh semut (pengguna) terbaik berbanding terbalik dengan jarak total rute: semakin pendek rute semakin tinggi jumlah *pheromone* yang ditambahkan pada ruas-ruasnya. cara ini memang dimaksudkan untuk meniru bagaimana *pheromone* ini diakumulasi di dalam kejadian nyata dimana dipengaruhi oleh panjang lintasan dan kontinuitas waktu semut(pengguna) menjalani lintasan. Pembaruan global diformulasikan sebagai

$$\tau(r,s) \leftarrow (1 - \rho)\tau(r,s) + \Delta\tau(r,s), \quad \dots(8)$$

dimana $\square(r,s) = (\text{rute terpendek})^{-1}$ atau $1/L_k$, dimana L_k adalah lintasan terpendek yang ditempuh semut (pengguna) k . Aturan pembaruan *pheromone* lokal ini berguna untuk mencegah agar ruas-ruas yang bagus tidak dipilih oleh semua semut (pengguna): setiap kali suatu ruas dipilih oleh seekor semut (pengguna) jumlah *pheromone* berubah dengan menerapkan aturan pembaruan lokal:

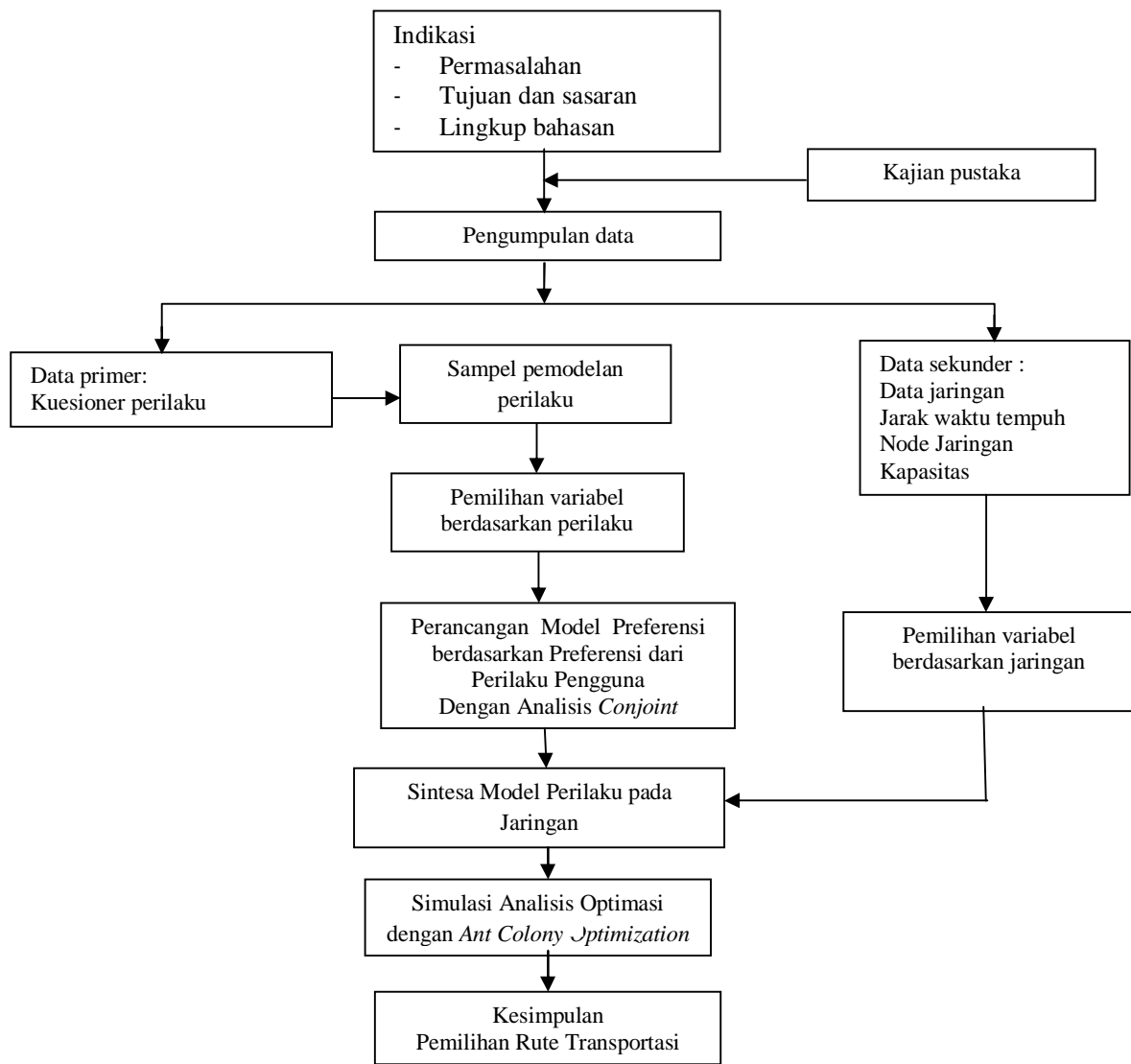
$$\tau(r,s) \leftarrow (1 - \rho)\tau(r,s) + \Delta\tau(r,s) \quad \dots(9)$$

dimana τ adalah suatu parameter. Pembaruan lokal ini juga dipengaruhi oleh penguapan seperti yang terjadi pada semut (pengguna) nyata. Dengan kata lain, pengaruh dari pembaruan lokal ini adalah untuk membuat tingkat kemenarikan ruas-ruas yang ada berubah secara dinamis: setiap kali seekor semut (pengguna) menggunakan sebuah ruas maka ruas ini dengan segera akan berkurang tingkat ketertarikannya (karena pada ruas tersebut jumlah *pheromone* berkurang akibat penguapan). Ini secara tidak langsung akan membuat semut (pengguna) yang lain akan memilih ruas-ruas lain yang belum dikunjungi. Sehingga semut-semut (pengguna) tidak akan memiliki kecenderungan untuk memilih jalur yang sama. Dengan cara membuat rute yang berbeda maka akan terdapat kemungkinan yang lebih tinggi untuk mendapatkan salah satu rute yang lebih baik daripada jika mereka semua menempuh rute yang sama.

Metode Penelitian

Atribut dan level yang digunakan dalam Perancangan Rute transportasi darat Berbasis Perilaku (gambar 1). Pada penelitian ini, preferensi konsumen dalam memilih rute dilakukan dengan membangun suatu stimuli yang merupakan kombinasi dari beberapa atribut yang didasarkan pada konsep perilaku terhadap transportasi, yaitu :

1. Kepadatan lalu lintas jalan
2. Persepsi kenyamanan jalan
3. Keramaian tepi jalan
4. Persepsi pada fasilitas jalan
5. Kemudahan menjangkau jalur angkutan pengumpan dari rumah/kantor
6. Keamanan jalan



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Analisis Conjoint

Analisis *conjoint* digunakan untuk menentukan kepentingan relatif yang dikaitkan pelanggan pada atribut yang penting dan utilitas yang mereka kaitkan pada tingkatan atau level atribut (Supranto, 2004). Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan analisis conjoint adalah :

1. Pembentukan stimulus dilakukan dengan menggunakan profil penuh (*full-profile procedure*).
2. Jumlah stimuli yang akan dihasilkan adalah sebanyak $2^6 = 64$ stimuli yang didapatkan dari perkalian antar jumlah level untuk masing-masing atribut.
3. Stimuli ini kemudian digunakan dalam kuisisioner untuk diurutkan oleh responden.
4. Jumlah stimuli tersebut dirasa terlalu banyak sehingga akan membingungkan responden dalam mengurutkannya. Untuk mengurangi jumlah stimuli yang terlalu banyak tersebut, maka dilakukan reduksi dengan menggunakan *orthogonal array*. Desain ini mengasumsikan bahwa semua interaksi yang tidak penting dapat diabaikan.

5. Selanjutnya subyek penelitian diminta untuk mengisi rangking preferensi mereka terhadap 16 kombinasi atribut tersebut dengan nilai rangking dimana nilai tertinggi menunjukkan sangat disenangi dan nilai terendah menunjukkan yang paling tidak disenangi.
6. Dari data hasil preferensi terhadap ke 16 stimuli yang disajikan selanjutnya dilakukan prosedur analisis conjoint dengan model dasar sebagai berikut :

$$\mu(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k_i} \alpha_{ij} x_{ij} \dots\dots\dots(10)$$

di mana:

- $\mu = (X)$ adalah seluruh *utility* dari suatu alternatif
- α_{ij} adalah koefisien utility parth-worth atau dari atribut ke-i dan level ke-j
- k_i adalah banyaknya level atribut i
- m adalah banyaknya atribut
- x_{ij} adalah dummy variable atribut ke-i level ke-j

7. Koefisien *part worth* merupakan nilai dari masing-masing level atribut yang diamati. Dari analisis *conjoin* akan diperoleh koefisien *parth worth* dari masing-masing level atribut. Urutan peringkat preferensi adalah jumlah total dari nilai masing-masing koefisien level setiap atribut pada seluruh kombinasi atribut. Rumusannya adalah:

$$\text{Preferensi} = \text{PWh1} + \text{PWh2} + \text{PWh3} + \text{PWh4} + \text{PWh5} + \text{PWh6} \dots\dots\dots(11)$$

di mana:

PWh1 = partworth level atribut 1, PWh2 = partworth level atribut 2

PWh3 = partworth level atribut 3, PWh4 = partworth level atribut 4

PWh5 = partworth level atribut 5, PWh6 = partworth level atribut 6

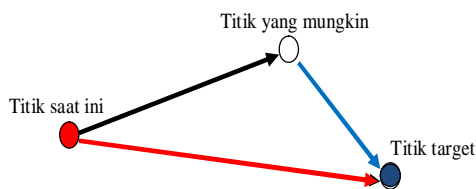
8. Nilai relatif factor menunjukkan besarnya persentase masing-masing atribut terhadap preferensi untuk mengetahui atribut yang paling penting bagi konsumen, dapat dihitung tingkat kepentingan atribut. Tingkat kepentingan atribut adalah selisih utilitas tertinggi dan terendah.

Ant Colony Optimisation

Model optimasi ACO memerlukan modifikasi dari model *Ant System* awal yang digunakan oleh Dorigo et al. (1996). Beberapa modifikasi yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Parameter rute terpendek

Probabilitas pemilihan rute terpendek dilakukan dengan menggunakan nilai visibilitas. Visibilitas adalah sebuah ukuran yang ditujukan untuk memberikan pengaruh pada masing-masing semut (pengguna) dalam bergerak kearah titik target selanjutnya dengan jarak garis lurus. Karena tujuan dari semut (pengguna) sudah ditentukan, maka hal ini berbeda dengan model TSP yang hanya mendapatkan visibilitas dari jarak terpendek saja. Penentuan visibilitas suatu titik relatif terhadap titik target disajikan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Penentuan visibilitas

$$\text{Visibilitas} = \frac{\text{Jarak titik saat ini terhadap titik target}}{\text{Jarak titik yang mungkin terhadap titik target}} \dots(12)$$

Nilai visibilitas yang besar akan memberikan probabilitas yang lebih besar

2. Parameter persepsi perilaku dan preferensi. Probabilitas pemilihan rute berdasarkan perilaku dan preferensi didapatkan dengan skor nilai yang diperoleh dari model *Conjoint* untuk setiap ruas jalan. Nilai skor preferensi dari *Conjoint* relatif

terhadap skor maksimal yang mungkin. Aspek ini disebut penerimaan dan nilainya diperoleh sebagai berikut :

Preferensi = skor preferensi *conjoint*

3. Parameter *Pheromone*.

Pheromone merupakan jejak yang ditinggalkan oleh semut (pengguna) lain yang sebelumnya melewati ruas garis tersebut. Nilai *pheromone* yang lebih besar memiliki probabilitas pemilihan rute yang lebih besar.

Dengan menggunakan ketiga parameter tersebut maka probabilitas penerimaan rute diperoleh sebagai berikut :

$$\text{Prob} = \frac{(\text{Pheromone})^\alpha (\text{Preferensi})^\beta * (\text{visibilitas})^\gamma}{\sum (\text{Pheromone})^\alpha (\text{Preferensi})^\beta * (\text{visibilitas})^\gamma} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

- a. nilai alpha (α) yang merupakan nilai penggan- da feromon,
- b. nilai beta (β) yang merupakan nilai pengganda aspek visibilitas
- c. nilai gamma (γ) yang merupakan nilai pengganda aspek preferensi-perilaku.

Nilai-nilai tersebut menentukan proporsi penggunaan faktor jaringan atau preferensi-perilaku dalam pemilihan rute.

Analisis Dan Output

Analisis Preferensi

Analisis preferensi dilakukan berdasarkan hasil survey terhadap 100 responden pengguna transportasi. Analisis *konjoin* menghasilkan nilai kegunaan (*utility*) masing-masing level tiap atribut dan nilai kepentingannya (*average importance score*). Nilai kepentingan menunjukkan seberapa penting suatu atribut terhadap keseluruhan preferensi. Nilai kegunaan dan nilai kepentingan yang dihasilkan oleh analisis *konjoin* ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil analisis *conjoint*

No	Atribut	Nilai Pelanggan (%)
1	Nyaman	19.581
2	Ramai	13.153
3	Fasilitas	16.947
4	Mudah	18.433
5	Aman	15.796
6	Padat	16.090

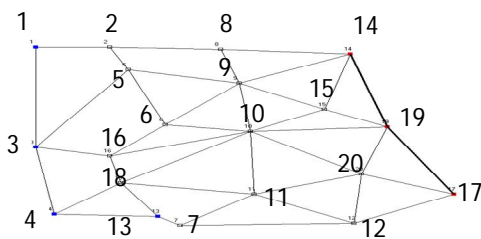
Tabel menunjukkan atribut yang dinilai paling penting adalah atribut kenyamanan yaitu dengan persentase kepentingan sebesar 19,581%, sedangkan atribut yang paling dianggap tidak penting adalah atribut keramaian yaitu sebesar 13,15%. Hal ini berarti bahwa pengguna jasa angkutan jalan raya yang pertama adalah dengan memperhatikan kenyamanan jalan yang menjadi rute.

Secara linier Model matematis preferensi pemilihan rute jaringan jalan dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\text{PREF} = K^1 \text{NYAMAN} - K^2 \text{RAMAI} + K^3 \text{FASILITAS} + K^4 \text{MUDAH} + K^5 \text{AMAN} - K^6 \text{PADAT}$$

Keterangan (Sumber : Joko Siswanto 2013 Disertasi *Unpublish*):

$$K^1 = 0,043; K^2 = 0,170; K^3 = 0,640; K^4 = 0,436; K^5 = 0,596; K^6 = 0,113$$



Gambar 3. Jaringan Existing

Optimasi penentuan rute dilakukan dengan menggunakan program Delphi 7. Nilai probabilitas penentuan rute terbaik dilakukan dengan menggunakan perkalian visibilitas jarak terpendek dan dikalikan dengan skor preferensi yang diperoleh dari penerapan rumus yang diperoleh dari model *Conjoint*. Hasil optimasi model pemilihan rute (Gambar b). Hasil optimasi mendapatkan empat buah rute dari masing-masing titik asal sebagai berikut:

Rute dari Node 1 akan melalui node 2, 8 dan Stasiun 14. Rute dari Node 3 akan melalui node 5, 9 dan Stasiun 14. Rute dari node 4 akan melalui node 18, 10 dan Stasiun 19. Rute dari node 13 akan melalui node 7, 11, 20 dan Stasiun 17.

Kesimpulan

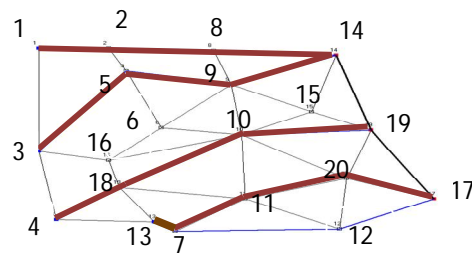
1. Preferensi perilaku pengguna berbanding lurus dengan kenyamanan, keramaian, fasilitas, kemudahan, aman, dan berbanding terbalik dengan kepadatan.
2. Optimasi model pemilihan rute dengan *ant colony optimization* dapat diterapkan dengan menggunakan formula probabilitas interaksi antara preferensi dengan model jaringan. Model ini dapat memadukan konsep pemilihan rute berdasarkan perilaku konsumen dan kondisi fisik jaringan.

Daftar Pustaka

1. Arsyad, 2008, "*Ekonomi Manajerial*", Edisi empat, BPFE, Yogyakarta. Badan Pusat Statistik, 2008, "*D.I Yogyakarta dalam Angka*".
2. Browning, Edgar K., and Mark Zupan, 1997, "*Microeconomic Theory and Applications*", Fifth Edition, Harper Collins College Publisher.

Optimasi

Optimasi digunakan untuk menerapkan model persepsi-preferensi dan model jaringan untuk menentukan model rute antarmode terbaik. Implementasi penentuan rute dalam hal ini dilakukan dengan menggunakan data fiktif dengan menggunakan 20 node (Gambar 3). Model memberikan satu rute yang sudah optimal yang menghubungkan 3 buah stasiun yaitu Node nomer 14, 19 dan 17. Selanjutnya optimasi model adalah dengan membentuk pilihan rute terbaik dari 4 titik asal yaitu Node nomer 1, 3, 4 dan 13 (Gambar 4).



Gambar 4. Optimasi Jaringan Rute

3. Dorigo, Marco. 1996. *The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents* IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B, Vol.26, No.1, 1996, pp.1-131
4. Dorigo, Marco dan Thomas Stutzle, 1996. *Ant Colony Optimization*, A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
5. Hirshleifer and Glazer, 1992, "*Price Theory and Application*", Fifth Edition, Prentice Hall.
6. Nicholson, 2002, "*Mikroekonomi Intermediate dan Aplikasinya*", Alih Bahasa, Edisi Kedelapan, Erlangga, Jakarta.
7. Supranto, J., 2004, "*Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi*", Rineka Cipta, Jakarta.