

OPTIMISASI RUTE KENDARAAN TUNGGAL PADA SUATU JARINGAN JALAN BERDASAR PEMROGRAMAN LINEAR INTEGER

Prpto Tri Supriyo¹

Farida Hanum²

Departemen Matematika FMIPA IPB University
¹praptosu@apps.ipb.ac.id, ²fhanum@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Pada saat ini, penentuan rute kendaraan pada suatu jaringan jalan guna memberikan layanan tertentu pada semua ruas jalan merupakan suatu masalah dinamis yang dihadapi secara rutin oleh banyak pihak. Karenanya model optimisasi rute kendaraan yang mampu mengatasi masalah semacam ini tentu sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan membangun model penentuan rute kendaraan tunggal guna menelusuri semua ruas jalan pada suatu jaringan jalan berdasar pemrograman linear integer dengan fungsi objektif meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Model divalidasi menggunakan bantuan perangkat lunak LINGO. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa model yang dibangun dapat dikatakan layak untuk diimplementasikan.

Keywords: *network, optimisasi rute kendaraan, pemrograman linear integer.*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, banyak pihak dihadapkan pada masalah penentuan rute kendaraan pada suatu jaringan jalan guna memberikan layanan tertentu. Layanan tersebut antara lain, layanan distribusi barang, layanan pengambilan sampah, dan layanan inspeksi/patrol di jalan. Optimisasi rute kendaraan merupakan masalah NP-hard, karenanya berbagai metode heuristik berbasis AI (*Artificial Intelligence*) bermunculan untuk menyelesaikan masalah ini, seperti misalnya GA (*Genetic Algorithms*), TS (*Tabu Search*), AC (*Ant Colonies*), SA (*Simulated Annealing*), dan *Evolution Strategies*.

Algoritme heuristik untuk menyelesaikan masalah penentuan rute mempunyai waktu eksekusi lebih efisien dibanding algoritme eksak. Namun demikian, sejalan dengan perkembangan teknologi komputer dengan kecepatan eksekusi dan kapasitas memori yang semakin besar, dan dengan memperhatikan berbagai kelebihan yang bisa diperoleh, maka model eksak pemrograman linear integer dipandang cukup beralasan untuk dipilih.

Penelitian ini bertujuan membangun model untuk menentukan rute kendaraan tunggal pada suatu jaringan jalan. Kendaraan tunggal tersebut harus melewati seluruh ruas jalan sedikitnya sekali sehingga total jarak tempuh kendaraan tersebut minimum. Model dibangun berdasar pemrograman linear integer. Selanjutnya model divalidasi pada beberapa kasus dengan menggunakan bantuan perangkat lunak berbasis optimisasi LINGO.

2. KAJIAN LITERATUR

Corberan dkk. (2000) memberikan model optimisasi heuristik penyelesaian masalah penentuan rute kendaraan tunggal pada suatu jaringan jalan berdasarkan pada model masalah arus dan *tabu search*. Model heuristik ini tentu saja bisa menghasilkan rute yang tidak optimum.

Supriyo (2007) memberikan langkah-langkah konstruktif penentuan rute kendaraan tunggal pada suatu jaringan jalan berdasarkan teori *graph*. Langkah-langkah konstruktif yang dimaksud pada prinsipnya melengkapi

jaringan jalan yang dipandang dengan menambahkan ruas-ruas jalan semu (ruas jalan yang akan dilalui lebih dari sekali) sehingga jaringan jalannya memuat rute yang diinginkan.

Winston (2004) menyatakan bahwa *operations research* (OR) atau sering juga disebut sebagai *management science* (MS) merupakan pendekatan ilmiah untuk pengambilan keputusan yang bertujuan untuk mendapatkan rancangan atau solusi terbaik dalam pengoperasian suatu sistem yang biasanya berkaitan dengan pengalokasian sumberdaya-sumberdaya yang terbatas. Lebih lanjut dipaparkan pula berbagai model dan *tools* untuk menyelesaikan masalah-masalah optimisasi, beberapa diantaranya terkait dengan masalah pemrograman linear integer yang disertai dengan pembahasan *software* komersial berbasis optimisasi yang digunakan untuk membantu menyelesaikan masalahnya.

Salah satu keuntungan penggunaan model pemrograman linear integer adalah relatif fleksibel untuk dimodifikasi dan diadaptasikan. Modifikasi ini dilakukan terhadap fungsi objektif dan kendala-kendala yang terkait sesuai kebutuhan dengan memperhatikan parameter-parameter yang tersedia.

3. METODE PENELITIAN

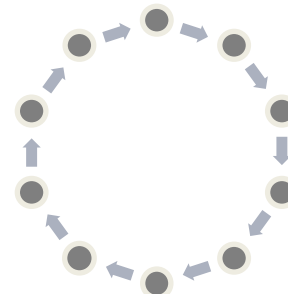
Secara umum, penelitian diawali dengan mendiskripsikan masalah secara informal, kemudian membangun model optimisasi beserta analisis matematikanya, dan yang terakhir melakukan validasi model menggunakan bantuan *software* berbasis optimisasi.

Lingkup substansi meliputi kajian dan pembangunan model optimisasi berdasar pemrograman linear integer. Selanjutnya model dianalisis secara matematik dan divalidasi dengan bantuan *software* optimisasi LINGO.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan jalan dalam suatu kota atau daerah tertentu dapat direpresentasikan sebagai *network* atau *graph* berarah $G = (N, A)$ dengan N himpunan *node* dan A himpunan *arc*. *Node* menyatakan pertigaan atau perempatan atau lebih, sedangkan *arc* menyatakan ruas jalan yang menghubungkan suatu *node* ke *node* terdekat lainnya. Setiap

arc memiliki bobot dan arah. Bobot *arc* menyatakan panjang ruas jalan atau bisa juga menyatakan waktu tempuh ruas jalan yang direpresentasikan oleh *arc* tersebut. Arah suatu *arc* menyatakan arah arus lalu lintas yang diberlakukan, sehingga suatu ruas jalan yang memiliki dua arah arus lalu lintas yang berlawanan dinyatakan sebagai dua *arc* yang berbeda. Sehingga masalah kita dapat dinyatakan sebagai menentukan rute optimum kendaraan tunggal pada suatu *network* $G = (N, A)$ sehingga semua *arc* dilalui sedikitnya sekali. Kendaraan tunggal tersebut berawal dan berakhir pada suatu depot atau *node* yang sama. Rute optimum yang diperoleh dapat digambarkan sebagai rantai berarah dimana *node* dinyatakan dengan titik dan *arc* dinyatakan dengan anak panah seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Setiap *node* dan *arc* bisa muncul lebih dari sekali. Sehingga rute optimumnya dapat diawali dan diakhiri dari sembarang *node*.

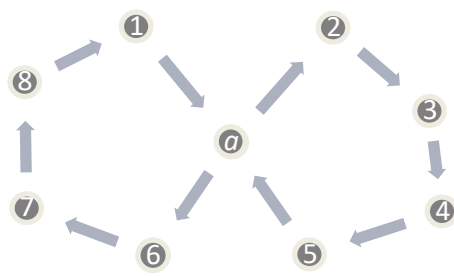


Gambar1. Rute optimum sebagai rantai berarah

Perhatikan Gambar 1. Setiap *node* memiliki pasangan *arc* masuk dan *arc* keluar, yakni *arc* masuk menuju *node* dan *arc* keluar dari *node*. Karena setiap *node* bisa muncul lebih dari sekali, maka setiap *node* pada *network* $G = (N, A)$ mempunyai jumlah *arc* masuk yang sama dengan jumlah *arc* yang keluar.

Karena itu, masalah kita akhirnya adalah memilih *arc-arc* mana yang dilalui lebih dari sekali untuk ditambahkan pada *network* aslinya menjadi *network* yang diperbesar, sehingga setiap *node* pada *network* yang diperbesar ini mempunyai jumlah *arc* masuk yang sama dengan jumlah *arc* yang keluar. Jika *network* yang diperbesar ini sudah diperoleh, maka rute optimalnya menurut Supriyo (2007) dapat diperoleh dengan mudah, yakni dengan menentukan *cycle-cycle* yang masing-masing mempunyai *arc* secara terpisah (*disjoint*) terlebih dahulu kemudian

selanjutnya digabungkan menjadi satu rute. Cara menggabungkan dua atau lebih *cycle* adalah dengan memperhatikan *node* yang digunakan secara bersamaan, selanjutnya ditelusuri untuk membentuk satu rute yang melalui seluruh *arc*. Sebagai ilustrasi, misalkan *cycle* 1-a-6-7-8-1 dan *cycle* 2-3-4-5-a-2 memiliki *node* yang sama, yakni *node* a, maka kedua *cycle* ini dapat digabungkan menjadi seperti yang nampak pada Gambar 2. Selanjutnya dapat diperoleh rute gabungannya menjadi 1-a-2-3-4-5-a-6-7-8-1. Menggabungkan lebih dari dua *cycle* dapat dilakukan secara analog.



Gambar 2. Rute gabungan dua *cycle*

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penentuan rute optimum dalam masalah ini dilakukan dalam dua langkah, yakni: (1) Membangun *network* yang diperbesar dengan menambahkan *arc-arc* pada *network* asli sehingga setiap *node* pada *network* yang diperbesar mempunyai jumlah *arc* masuk yang sama dengan jumlah *arc* yang keluar. *Arc* yang ditambahkan pada *network* asli dipilih sehingga akan membentuk rute yang optimum; (2) Menentukan *cycle-cycle* yang memiliki *arc* terpisah, selanjutnya digabung membentuk satu rute yang kita inginkan. Dalam praktek, langkah (2) ini relatif mudah dibanding langkah (1) dan juga tersedia beberapa algoritme untuk mendapatkan rute yang diinginkan, antara lain algoritme Fleury yang dapat dilihat di dalam Deo (1986), sehingga kita akan fokus membangun model untuk langkah (1).

Formulasi Masalah

Pandang *network* $G = (N, A)$ dimana $N = \{1, 2, \dots, n\}$ himpunan *node*, dan $A = \{x_{ij} | i \in N, j \in N, i \neq j\}$ himpunan *arc*. Untuk setiap *arc* x_{ij} melekat label d_{ij} yang menyatakan jarak tempuh *arc* x_{ij} , yakni jarak tempuh dari *node* i ke *node* j .

Masalah kita adalah menentukan berapa kali masing-masing *arc* x_{ij} dilalui sehingga rute optimum diperoleh, karenanya x_{ij} merupakan variabel keputusan yang bernilai *integer* tak negatif.

Model bertujuan meminimumkan total jarak tempuh kendaraan, yakni:

$$\text{Min } f = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} x_{ij}, i \neq j.$$

Kendala yang harus dipenuhi model adalah sebagai berikut:

1. Ruas jalan yang menghubungkan *node* k dan *node* l yang memiliki dua arah lalulintas yang berlawanan, cukup dilalui sekali.

$$x_{kl} + x_{lk} \geq 1$$

Kendala ini dapat dihilangkan sesuai dengan kebutuhan.

2. Ruas jalan yang menghubungkan *node* m dan *node* n yang hanya memiliki satu arah lalulintas harus dilalui sedikitnya sekali.

$$x_{mn} \geq 1$$

3. Setiap *node* mempunyai jumlah *arc* masuk yang sama dengan jumlah *arc* yang keluar.

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = \sum_{i \in N} x_{ji}, \forall j \in N, i \neq j.$$

4. Variabel keputusan bernilai *integer* tak negatif.

$$x_{ij} \in \{0, 1, 2, 3, \dots\}$$

Validasi

Validasi model dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak LINGO 11.0 dengan input berbagai parameter yang sesuai. Hasil validasi memperlihatkan adanya kesamaan hasil dengan perhitungan di atas kertas untuk semua skenario yang diberikan.

5. KESIMPULAN

Telah diperlihatkan formulasi masalah optimisasi penentuan rute kendaraan tunggal pada suatu jaringan jalan berdasar model pemrograman linear integer sehingga setiap ruas jalan sedikitnya dilalui sekali. Fungsi objektif model adalah meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Input model berupa jaringan jalan dan jarak masing-masing ruas jalan beserta arah arus lalulintasnya,

sedangkan output model berupa total jarak tempuh minimum kendaraan beserta informasi berapa kali masing-masing ruas jalan dilalui kendaraan.

6. REFERENSI

- Corberan A, Marti R, Romero A. 2000. Heuristic for the mixed rural postman problem. *Computers & Operational Research*. 27(2):183-202.
- Deo Narsingh. 1986. *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. New Delhi: Prentice-Hall.
- Supriyo PT. 2007. Algoritma Rute Terpendek Berbasis Teori Graph. *Jurnal Matematika dan Aplikasinya*. 5(1):23-31.
- Winston WL. 2004. *Operations Research: Applications and Algorithms*. New York (US): Duxbury.