

PENCARIAN JALUR TERPENDEK MENGGUNAKAN ALGORITMA SEMUT

I'ing Mutakhirah, Indrato, Taufiq Hidayat

Laboratorium Pemrograman dan Informatika Teori, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
e-mail: ukhti_iing@yahoo.com, indra_adv@yahoo.com, taufiqhid@fti.uui.ac.id

ABSTRAKSI

Secara umum, pencarian jalur terpendek dapat dibagi menjadi dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional cenderung lebih mudah dipahami daripada metode heuristik, tetapi jika dibandingkan dari hasil yang diperoleh, metode heuristik lebih variatif dan waktu perhitungan yang diperlukan lebih singkat. Pada metode heuristik terdapat beberapa algoritma, salah satunya algoritma semut.

Algoritma semut adalah algoritma yang diadopsi dari perilaku koloni semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilewati. Semakin banyak semut yang melewati suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Algoritma Semut sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur terpendek.

Kata kunci: Pencarian jalur terpendek, Heuristik, Algoritma Semut

1. PENDAHULUAN

Pada awal diciptakan, komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan jaman, maka peran komputer semakin mendominasi kehidupan. Lebih dari itu, komputer diharapkan dapat digunakan untuk mengerjakan segala sesuatu yang bisa dikerjakan oleh manusia baik dalam bidang pendidikan, kesehatan, industri, dan kehidupan sehari-hari sehingga peran komputer dan manusia akan saling melengkapi. Beberapa hal yang menjadi kekurangan manusia diharapkan dapat digantikan oleh komputer. Begitu juga dengan komputer yang tak akan berguna tanpa sentuhan manusia.

Untuk menggunakan atau memfungsikan sebuah komputer maka harus terdapat program yang terdistribusi di dalamnya, tanpa program tersebut komputer hanyalah menjadi sebuah kotak yang tak berguna. Program yang terdapat pada komputer sangat bervariasi dan setiap program tersebut pasti menggunakan algoritma. Algoritma merupakan kumpulan perintah untuk menyelesaikan suatu masalah. Perintah-perintahnya dapat diterjemahkan secara bertahap dari awal hingga akhir. Masalah tersebut dapat berupa apapun dengan catatan untuk setiap masalah memiliki kriteria kondisi awal yang harus dipenuhi sebelum menjalankan algoritma.

Dalam kehidupan, sering dilakukan perjalanan dari satu tempat atau kota ke tempat yang lain dengan mempertimbangkan efisiensi, waktu dan biaya sehingga diperlukan ketepatan dalam menentukan jalur terpendek antar suatu kota. Hasil penentuan jalur terpendek akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk menunjukkan jalur yang akan ditempuh. Hasil yang didapatkan juga membutuhkan kecepatan dan keakuratan dengan bantuan komputer.

Secara umum, pencarian jalur terpendek dapat dibagi menjadi dua metode, yaitu metode

konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional cenderung lebih mudah dipahami daripada metode heuristik, tetapi jika dibandingkan, hasil yang diperoleh dari metode heuristik lebih variatif dan waktu perhitungan yang diperlukan lebih singkat. Metode heuristik terdiri dari beberapa macam algoritma yang biasa digunakan. Salah satunya adalah algoritma semut (*Ant Colony*, Antco). Antco diambil dari perilaku koloni semut dalam pencarian jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan.

Antco diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melewati suatu lintasan maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya, hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali dan sebaliknya. Mengingat prinsip algoritma yang didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek tersebut, Algoritma Semut sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur terpendek.

1.1 Rumusan Masalah

Seringkali penyelesaian masalah jalur terpendek masih menggunakan metode konvensional bahkan menggunakan perhitungan manual. Pemanfaatan metode heuristik masih sangat jarang digunakan, sehingga dapat dirumuskan sebuah masalah yaitu dengan pemanfaatan algoritma semut

yang diharapkan nantinya dapat menyelesaikan masalah pencarian jalur terpendek dengan hasil yang lebih variatif dan dengan waktu perhitungan yang lebih singkat.

1.2 Batasan Masalah

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan, penulisan dibatasi pada satu jenis metode heuristik, yaitu algoritma semut (*Ant Colony Algorithm*, Antco).

1.3 Tujuan Penulisan

Penulisan bertujuan menyelesaikan masalah optimasi menggunakan metode heuristik, khususnya algoritma semut, mencoba mengimplementasikan dengan sebuah kasus sederhana, dan mempelajari lebih dalam tentang cabang dari ilmu kecerdasan buatan.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian adalah:

1. Menawarkan penyelesaian yang lebih mudah dalam perhitungan (sesuai dengan tujuan algoritma heuristik) untuk pencarian jalur terpendek
2. Dapat diaplikasikan menjadi sebuah perangkat lunak

2. TELAAH PUSTAKA

2.1 Pencarian jalur terpendek

Secara umum penyelesaian masalah pencarian jalur terpendek dapat dilakukan menggunakan dengan dua metode, yaitu metode algoritma konvensional dan metode heuristik. Metode algoritma konvensional diterapkan dengan cara perhitungan matematis seperti biasa, sedangkan metode heuristik diterapkan dengan perhitungan kecerdasan buatan dengan menentukan basis pengetahuan dan perhitungannya.

a. Metode konvensional

Metode konvensional berupa algoritma yang menggunakan perhitungan matematis biasa. Ada beberapa metode konvensional yang biasa digunakan untuk melakukan pencarian jalur terpendek, diantaranya Dijkstra, Floyd-Warshall, dan algoritma Bellman-Ford

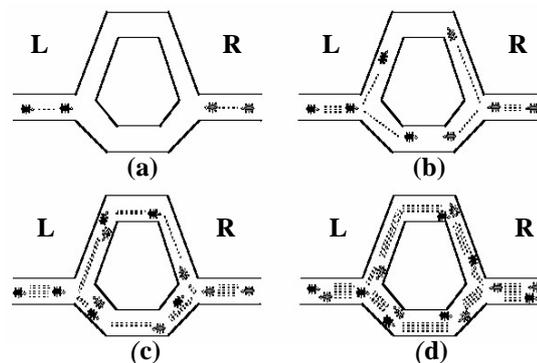
b. Metode heuristik

Adalah sub bidang dari kecerdasan buatan yang digunakan untuk melakukan pencarian dan penentuan jalur terpendek. Ada beberapa algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan dalam pencarian jalur terpendek. Salah satunya adalah algoritma semut.

2.2 Algoritma semut

Algoritma Semut diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Secara alamiah koloni semut

mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan.



Gambar 1. Perjalanan semut menemukan sumber makanan.

Koloni semut dapat menemukan jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilewati. Semakin banyak semut yang melewati suatu lintasan maka semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit semakin lama semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya atau bahkan semua semut melewati lintasan tersebut.

Gambar 1.a menunjukkan perjalanan semut dalam menemukan jalur terpendek dari sarang ke sumber makanan, terdapat dua kelompok semut yang melakukan perjalanan. Kelompok semut L berangkat dari arah kiri ke kanan dan kelompok semut R berangkat dari kanan ke kiri. Kedua kelompok berangkat dari titik yang sama dan dalam posisi pengambilan keputusan jalan sebelah mana yang akan diambil. Kelompok L membagi dua kelompok lagi. Sebagian melewati jalan atas dan sebagian melewati jalan bawah. Hal ini juga berlaku pada kelompok R. Gambar 1.b dan Gambar 1.c menunjukkan bahwa kelompok semut berjalan pada kecepatan yang sama dengan meninggalkan *feromon* atau jejak kaki di jalan yang telah dilalui. *Feromon* yang ditinggalkan oleh kumpulan semut yang melewati jalan atas telah mengalami banyak penguapan karena semut yang melewati jalan atas berjumlah lebih sedikit dibandingkan jalan yang di bawah. Hal ini disebabkan jarak yang ditempuh lebih panjang dibandingkan jalan bawah. Sedangkan *feromon* yang berada pada bagian bawah yang penguapannya cenderung lebih lama. Karena semut yang melewati jalan bawah lebih banyak daripada semut yang melewati jalan atas. Gambar 1.d menunjukkan bahwa semut-semut yang lain pada akhirnya memutuskan untuk melewati jalan bawah karena *feromon* yang ditinggalkan masih banyak, sedangkan *feromon* pada jalan atas sudah banyak

menguap sehingga semut-semut tidak memilih jalan atas. Semakin banyak semut yang melewati jalan maka semakin banyak semut yang mengikutinya, semakin sedikit semut yang melewati jalan, maka *feromon* yang ditinggalkan semakin berkurang bahkan hilang. Dari sinilah kemudian terpilihlah jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan.

3. PEMBAHASAN

Dalam algoritma semut, diperlukan beberapa variabel dan langkah-langkah untuk menentukan jalur terpendek, yaitu:

Langkah 1:

a. Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma.

Parameter-parameter yang di inisialisasikan adalah:

1. Intensitas jejak semut antar kota dan perubahannya (τ_{ij})
2. Banyak kota (n) termasuk x dan y (koordinat) atau d_{ij} (jarak antar kota)
3. Penentuan kota berangkat dan kota tujuan
4. Tetapan siklus-semut (Q)
5. Tetapan pengendali intensitas jejak semut (α)
6. Tetapan pengendali visibilitas (β)
7. Visibilitas antar kota = $1/d_{ij}$ (η_{ij})
8. Jumlah semut (m)
9. Tetapan penguapan jejak semut (ρ)
10. Jumlah siklus maksimum (NC_{max}) bersifat tetap selama algoritma dijalankan, sedangkan τ_{ij} akan selalu diperbaharui harganya pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama ($NC=1$) sampai tercapai jumlah siklus maksimum ($NC=NC_{max}$) atau sampai terjadi konvergensi.

b. Inisialisasi kota pertama setiap semut.

Setelah inisialisasi τ_{ij} dilakukan, kemudian m semut ditempatkan pada kota pertama yang telah ditentukan.

Langkah 2:

Pengisian kota pertama ke dalam *tabu list*. Hasil inisialisasi kota pertama semut pada langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama *tabu list*. Hasil dari langkah ini adalah terisinya elemen pertama *tabu list* setiap semut dengan indeks kota pertama.

Langkah 3:

Penyusunan jalur kunjungan setiap semut ke setiap kota. Koloni semut yang sudah terdistribusi ke kota pertama akan mulai melakukan perjalanan dari kota pertama sebagai kota asal dan salah satu kota-kota lainnya sebagai kota tujuan. Kemudian dari kota kedua, masing-masing koloni semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu

dari kota-kota yang tidak terdapat pada $tabu_k$ sebagai kota tujuan selanjutnya. Perjalanan koloni semut berlangsung terus menerus hingga mencapai kota yang telah ditentukan. Jika s menyatakan indeks urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai $tabu_k(s)$ dan kota-kota lainnya dinyatakan sebagai $\{N-tabu_k\}$, maka untuk menentukan kota tujuan digunakan persamaan probabilitas kota untuk dikunjungi sebagai berikut,

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ik'}]^\alpha \cdot [\eta_{ik'}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-tabu_k\}$$

$$p_{ij}^k = 0, \text{ untuk } j \text{ lainnya}$$

dengan i sebagai indeks kota asal dan j sebagai indeks kota tujuan.

Langkah 4:

a. Perhitungan panjang jalur setiap semut.

Perhitungan panjang jalur tertutup (*length closed tour*) atau L_k setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan dilakukan berdasarkan $tabu_k$ masing-masing dengan persamaan berikut:

$$L_k = d_{tabu_k(n), tabu_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s), tabu_k(s+1)}$$

dengan d_{ij} adalah jarak antara kota i ke kota j yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

b. Pencarian rute terpendek.

Setelah L_k setiap semut dihitung, akan diperoleh harga minimal panjang jalur tertutup setiap siklus atau L_{minNC} dan harga minimal panjang jalur tertutup secara keseluruhan adalah atau L_{min} .

c. Perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota.

Koloni semut akan meninggalkan jejak-jejak kaki pada lintasan antar kota yang dilaluinya. Adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang lewat, menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Persamaan perubahannya adalah:

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$$

dengan $\Delta \tau_{ij}^k$ adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}$$

untuk $(i,j) \in$ kota asal dan kota tujuan dalam $tabu_k$

$$\Delta\tau_{ij}^k = 0, \text{ untuk } (i,j) \text{ lainnya}$$

Langkah 5:

- a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya.
 Harga intensitas jejak kaki semut antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karena adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Untuk siklus selanjutnya, semut yang akan melewati lintasan tersebut harga intensitasnya telah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan:

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}$$

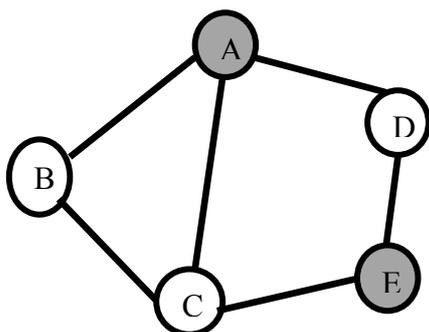
- b. Atur ulang harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota.
 Untuk siklus selanjutnya perubahan harga intensitas jejak semut antar kota perlu diatur kembali agar memiliki nilai sama dengan nol.

Langkah 6:

Pengosongan *tabu list*, dan ulangi langkah dua jika diperlukan. *Tabu list* perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan kota yang baru pada siklus selanjutnya, jika jumlah siklus maksimum belum tercapai atau belum terjadi konvergensi. Algoritma diulang lagi dari langkah dua dengan harga parameter intensitas jejak kaki semut antar kota yang sudah diperbaharui.

a. Contoh kasus

Jika diketahui suatu graph di bawah yang ingin diketahui jalur terpendek dari kota A ke kota E:



Gambar 2. Ilustrasi graph dengan 5 kota

Dengan jarak antar kota (d_{ij}) sebagai berikut:

Tabel 1. jarak antar kota

	A	B	C	D	E
A	0	5	7	3	
B	5	0	4		
C	7	4	0		5
D	3			0	4
E			5	4	0

Parameter-parameter yang digunakan adalah:

- $\alpha = 1.00$
- $\beta = 1.00$
- $\rho = 0.50$
- $\tau_{ij}(\text{awal}) = 0.01$
- Maksimum siklus (NC_{\max}) = 2
- Tetapan siklus semut (Q) = 1
- Banyak semut (m) = 4

Dari jarak kota yang telah diketahui dapat dihitung visibilitas antar kota (η_{ij}) = $1/d_{ij}$

Tabel 2. visibilitas antar kota

	A	B	C	D	E
A	0	0.2	0.143	0.33	0
B	0.2	0	0.25	0	0
C	0.1	0.25	0	0	0.2
D	0.3	0	0	0	0.25
E	0	0	0.2	0.25	0

Siklus ke-1:

Panjang jalur semut:

Tabel 3. Hasil pada siklus pertama

semut ke-	Rute				panjang rute
1	A	C	B		
2	A	C	E		12
3	A	B	C	E	14
4	A	D	E		7

Siklus ke-2:

Panjang jalur semut:

Tabel 4. Hasil pada siklus kedua

semut ke-	Rute				panjang rute
1	A	B	C	E	14
2	A	B	C	E	14
3	A	B	C	E	14
4	A	D	E		7

Dari dua siklus diatas, diketahui lintasan terpendek diperoleh oleh semut ke-4 dengan jalur A-D-E dengan panjang lintasan 7.

4. KESIMPULAN

- a. Pemanfaatan teknologi informasi pada pencarian jalur terpendek menghasilkan suatu hasil atau keluaran yang akurat dan tepat, untuk pilihan perjalanan seseorang dengan mempertimbangkan beberapa parameter yang lain.
- b. Secara konsep algoritma, metode konvensional lebih mudah untuk dipahami. Namun, hasil

yang diperoleh dari metode heuristik lebih variatif.

- c. Algoritma semut tepat untuk digunakan dalam permasalahan optimasi.
- d. Untuk kasus penentuan jalur terpendek antara kota A dan E dari dua siklus yang dilewati terbukti bahwa jalur terpendeknya hanya melewati satu kota yaitu kota D dengan panjang rute 7

5. SARAN

- a. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efisiensi dari pencarian jalur terpendek menggunakan Metode heuristik.
- b. Diharapkan penelitian berikutnya yang dapat membandingkan antar metode-metode heuristik yang lain.

PUSTAKA

- Kusumadewi, S., *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003
- Kusumadewi, S., dan Hari, p., *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005
- Efendi, R., *Penerapan algoritma semut untuk pemecahan masalah spanning tree pada kasus pemasangan jaringan kabel telepon*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia, 2003
- Zuhri,Z., “*Optimasi rute dengan algoritma semut*” ,makalah system cerda, volume 1, Nomor 1, Universitas Islam Indonesia, 2002.
- Dorigo,M., *The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents*, IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics–Part B, Vol.26, No.1, 1996.
- Dorigo,M dan Gambardella,L.M., *Ant Colony System:A Cooperative Learning Approach to theTraveling Salesman Problem*, Université Libre de Bruxelles Belgium,1996.