

Model Umum Algoritma Koloni Semut untuk Perhitungan Optimasi Rantai Pasok

Ditdit N. Utama

Staf Pengajar Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
Telp: (021) 7493547
e-mail : ditditn@hotmail.com

ABSTRACT

Ant colony algorithm is one of many mature research methodology in searching, routing and optimizing field. Many researchers have researched by using ant colony algorithm as their methodologies for not only for technical cases, but also for management aspects. For example, the ant colony algorithm methodology can be used in problem solving for the routing or optimizing supply chain path in supply chain management case. In this paper, the author would explain more about general model of ant colony algorithm for supply chain optimization measurement.

Keywords: *ant colony algorithm, general model, and supply chain management.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterlibatan lebih dari sebuah perusahaan di kancah industri, menyebabkan konsep manajemen rantai pasok sangat dibutuhkan di dalam pelaksanaan industri tersebut. Hubungan antar lebih dari satu perusahaan, baik itu berupa level raw material, collector, pabrik, gudang, distributor, pengecer bahkan sampai dengan pengguna akhir, merupakan rangkaian rantai pasok yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lainnya. Perbedaan platform data dan informasi, gaya pimpinan dan budaya kerja serta yang terjadi di masing-masing level rantai pasok tersebut, adalah kumpulan permasalahan yang terjadi kemudian.

Rantai pasok adalah suatu sistem tempat organisasi menyalurkan barang produksi dan jasanya kepada para pelanggannya. Rantai ini juga merupakan jaringan atau jejaring dari berbagai organisasi yang saling berhubungan yang mempunyai tujuan yang sama, yaitu sebaik mungkin menyelenggarakan pengadaan atau penyaluran barang tersebut. Kata penyaluran mungkin kurang tepat, karena istilah *supply* meliputi juga proses perubahan barang tersebut, misalnya dari bahan mentah menjadi barang jadi (Indrajit dan Djokopranoto, 2002)

Sejalan dengan itu, permasalahan penentuan jalur terbaik untuk menyalurkan barang dari hulu ke hilir, dan aliran informasi dari hilir ke hulu (Levi *et. al.* 2000) terus menjadi kajian penelitian di bidang ini. Maka dari itu, manajemen jaringan pasok cerdas (*Intelligent Supply Network*), yang merupakan jaringan pasok yang mengintegrasikan semua aktor yang terlibat di dalam rantai pasok tersebut, menjadi sebuah isu yang hangat untuk diangkat ke permukaan (Rajamani, 2005). Selain itu, rantai pasok cerdas mampu mencapai tujuan utama dari implementasi manajemen rantai pasok, yaitu responsif dan efisien (Hugos, 2006).

Salah satu metodologi yang bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, adalah metodologi algoritma koloni semut. Algoritma koloni semut adalah adalah sebuah paradigma untuk merancang algoritma *metaheuristic* untuk permasalahan optimasi yang bersifat kombinasi. Esensi dari algoritma koloni semut adalah kombinasi dari informasi tentang struktur solusi yang dijanjikan dengan informasi mengenai struktur solusi baik yang di-*obtain* sebelumnya (Maniezzo *at al.* 2004). Definisi lain mengatakan bahwa optimisasi koloni semut adalah sebuah metode optimalisasi *heuristic* penyelesaian masalah mengenai jalur tercepat atau permasalahan optimalisasi yang lainnya dengan menggunakan azas tingkah laku semut secara biologi (Habilitation dan Hammer, 2003). Berdasarkan latar belakang singkat, paper dengan judul Model Umum Algoritma Koloni Semut untuk Perhitungan Optimasi Rantai Pasok ditulis.

1.2 Penelitian Sejenis

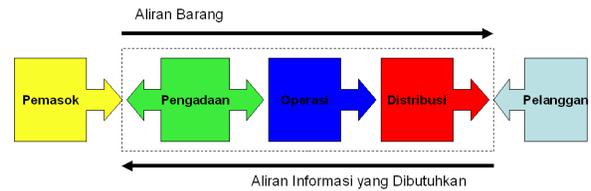
Penelitian yang menggunakan metodologi algoritma koloni semut sebagai metodologi penelitian utamanya, telah banyak dilakukan oleh para peneliti di berbagai bidang penelitian. Sebut saja Berrichi et al. (2010) yang meneliti dibidang optimasi produksi dan penjadwalan proses maintenance. Atau Barcos et al., masih di tahun yang sama 2010, melakukan penelitian dengan algoritma koloni semut sebagai metodologi penelitian utamanya di bidang perancangan routing.

Masih di tahun yang sama, 2010, Duan dan Liao (2010), telah melakukan penelitian di bidang pencarian jalur kritis proyek dengan menggunakan metodologi algoritma koloni semut. Belum cukup sampai di sana, Catay (2010) pun melakukan penelitian dengan menggunakan metodologi sejenis untuk bidang simulasi pengangkutan dan pengiriman barang di sebuah jaringan rantai pasok. Selain itu, peneliti dalam negeri pun tidak mau ketinggalan, sebut saja Djatna dan Utama (2010), yang telah melakukan kajian yang inten di bidang algoritma koloni semut ini di dalam lingkup penentuan rantai pasok cerdas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Rantai Pasok

Konsep rantai pasok merupakan konsep baru dalam melihat persoalan logistik. Konsep lama melihat logistik lebih sebagai persoalan *internal* masing-masing perusahaan, dan pemecahannya dititikberatkan kepada pemecahan secara internal di perusahaan masing-masing. Dalam konsep baru ini, masalah logistik dilihat sebagai masalah yang lebih luas yang terbentang sangat panjang sejak dari bahan dasar sampai barang jadi yang dipakai konsumen akhir, yang merupakan mata rantai penyediaan barang. Oleh karena itu, manajemen *supply chain* dapat didefinisikan sebagai berikut: *Supply chain management is a set of approaches utilized to efficiently integrate suppliers, manufactures, warehouse, and stores, so that merchandise is produced and distributed at the right quantities, to the right locations, at the right time, in order to minimize systemwide costs while satisfying service level requirement* (Levi et al. 2000). Berikut dipaparkan gambar komseptual *supply chain management*.



Gambar 1. Manajemen Rantai Pasok
(Sumber: Levi et. al, 2000)

Selain itu, rantai pasok dapat didefinisikan sebagai suatu sistem, tempat organisasi menyalurkan barang produksi dan jasanya kepada para pelanggannya. Rantai ini juga merupakan jaringan atau jejaring dari berbagai organisasi yang saling berhubungan yang mempunyai tujuan yang sama, yaitu sebaik mungkin menyelenggarakan pengadaan atau penyaluran barang tersebut. Kata penyaluran mungkin kurang tepat, karena istilah *supply* meliputi juga proses perubahan barang tersebut, misalnya dari bahan mentah menjadi barang jadi (Indrajit dan Djokopranoto, 2002).

2.2 Algoritma Koloni Semut

Algoritma koloni semut atau sebagian orang menyebutnya dengan optimasi koloni semut atau *Ant Colony Optimization (ACO)* sebenarnya adalah sebuah paradigma untuk merancang algoritma *metaheuristic* untuk permasalahan optimasi yang bersifat kombinasi. Esensi dari algoritma ACO adalah kombinasi dari informasi tentang struktur solusi yang dijanjikan dengan informasi mengenai struktur solusi baik yang di-*obtain* sebelumnya (Maniezzo at al. 2004). Definisi lain mengatakan bahwa optimisasi koloni semut adalah sebuah metode optimalisasi *heuristic* penyelesaian masalah mengenai jalur tercepat atau permasalahan optimalisasi yang lainnya dengan menggunakan azas tingkah laku semut secara biologi (Habilitation dan Hammer, 2003). Filosofi dari optimisasi koloni semut adalah:

1. Pemecahan masalah adalah koloni semut mencari makanan.
2. Jumlah alternatif solusi adalah merupakan jumlah semut di dalam koloni tersebut.
3. Populasi dari jumlah alternatif solusi adalah masing-masing waktu koloni pergi mencari makanan dan kembali ke sarang mereka.
4. Kondisi filosofis yang digunakan adalah bahwa koloni/ kelompok semut melakukan perjalanan dengan bolak-balik untuk mencari makanan dan prinsipnya bahwa tidak ada otak pusat yang mengawasi atau mengontrol semut.

Filosofi semut yang lain dalam mencari dan mengumpulkan makanan adalah (Ahmad dan Srivastava, 2008):

1. Ada perintah secara acak untuk melakukan pencarian dan pengumpulan makanan
2. Ketika satu semut menemukan sumber makanan, maka semut tersebut me-*trace* kembali jalur/ jalan yang tadi digukannya untuk menemukan sumber makanan tersebut
3. Semut-semut meletakkan jejak berbahan kimia (*Pheromones*) di dalam *path* mereka yang dapat menguap jika tidak ditambah (dengan cara berjalan kembali pada path yang mereka lalui)
4. Secara berulang, *path*/ jalur yang digunakan akan ditambah selama jalur tersebut berkurang kadar kimianya
5. Semut-semut mengikuti jalur-jalur yang memiliki jejak yang lebih kuat

2.3 Prosedur Algoritma Koloni Semut

Algoritma *ant colony* menggunakan koloni semut, dimana setiap semut akan memilih nilai terbaik pada setiap tahapan yang dipengaruhi oleh semut sebelumnya dan kualitas dari setiap alur. Pengaruh semut sebelumnya ditandai dengan pheromone trail, sedangkan kualitas dari setiap alur yang akan dilewati merupakan informasi heuristik yang diperoleh dari nilai fungsi matematis. Selama perjalanan, *pheromone train* mengalami penguapan dengan koefisien tertentu, sehingga tidak semua semut melewati alur yang sama. Mekanisme pemilihan solusi oleh semut dapat dilakukan melalui dua proses, yaitu (Bauer, 1999):

1. Eksploitasi, yaitu semut memilih job yang memiliki nilai fungsi pheromone trail dan informasi heuristik yang paling tinggi di antara seluruh kandidat job yang ada. Hal ini dilakukan untuk menghindari pencarian yang terlalu random dan jauh dari solusi optimal. Berikut ini merupakan persamaan dalam memilih job berdasarkan proses eksploitasi

$$job_j = \text{arrangemax}_{h \in \Omega} \{ [\tau_{ih}]^\alpha [\eta_{ih}]^\beta \}$$

Di mana, Ω = himpunan job yang belum dimasukkan ke dalam tabu (k)

2. Eksplorasi, yaitu semut melakukan penyelidikan terhadap suatu job dengan probabilitas pemilihan berdasarkan nilai

fungsi pheromone trail dan informasi heuristik. Proses ini dapat menghasilkan alternatif solusi yang lebih banyak sehingga mengurangi kemungkinan terjebak pada keadaan optimum lokal

$$p_j = \begin{cases} \frac{[\tau_j]^\alpha [\eta_j]^\beta}{\sum_{h \in \Omega} [\tau_{ih}]^\alpha [\eta_{ih}]^\beta} & \text{Jika } j \in \Omega \\ 0 & \text{Selain itu} \end{cases}$$

Setelah setiap semut memilih satu *job* ke dalam tabu pada urutan tertentu, maka *pheromone trail* dari *job* pada urutan tersebut akan mengalami evaporasi yang disebut dengan proses *local trail update*. Berikut ini merupakan persamaan pada proses *local trail update*.

$$\tau_j(t+1) = (1 - \rho)\tau_j + \rho\tau_0$$

$$\tau_0 = \frac{1}{n.T_{SPT}}$$

Dimana: τ_0 = *Pheromone trail* awal

T_{SPT} = Nilai fungsi tujuan dari metode *Shortest Processing Time*.

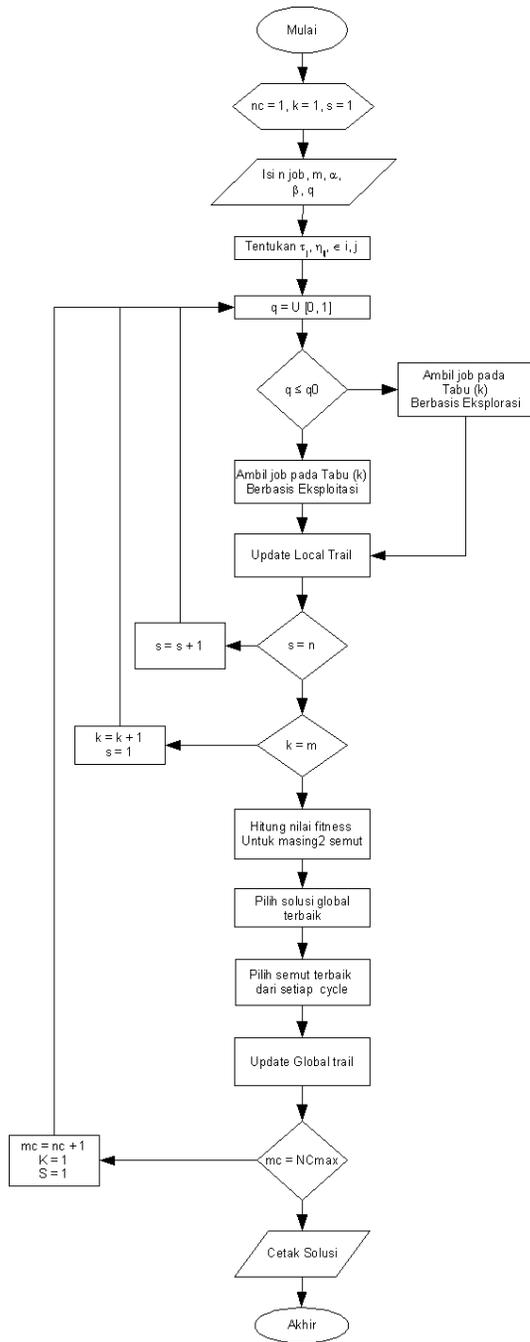
Setelah semua *job* dimasukkan ke dalam tabu oleh setiap semut, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai fungsi tujuan dari setiap semut. Semut terbaik dari setiap siklus akan dibandingkan dengan solusi terbaik secara global dari siklus sebelumnya. *Pheromone trail* dari solusi terbaik secara global akan mengalami evaporasi yang dikenal dengan proses *global trail update* sebagai berikut:

$$\tau_j = (1 - \rho)\tau_j + \rho\Delta\tau_j(t)$$

$$\Delta\tau_j(t) = \begin{cases} \frac{1}{T^*} & \text{untuk setiap } i, j \text{ dari solusi terbaik} \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

Dimana: T^* = Nilai fungsi tujuan dari pencarian algoritma koloni semut

Proses Pencarian solusi oleh setiap semut akan dilakukan secara berulang sampai jumlah siklus yang ditetapkan telah terpenuhi. Pada keadaan ini dipilih nilai fungsi tujuan terbaik secara keseluruhan yang merupakan solusi optimal. Bagan alur dari algoritma koloni semut digambarkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alur Ant Colony Algorithm (Sumber: Bauer, 1999)

2.4 Model Umum

Model matematika yang umum digunakan untuk perhitungan kinerja rantai pasok dapat dilihat pada formula model matematika berikut.

$$PoP_C = D_C \times \left[\frac{\sum PoV_{C-1}}{\sum ToV_{C-1}} \right] \times (1 - Ph_C)$$

Di mana:

- PoP_C = Performance of Current Path
- D_C = Current Distance, dasar perhitungan
- PoV_{C-1} = Performance of Previous Node Variable
- ToV_{C-1} = Total of Previous Node Variable
- Ph_C = Current Path Pheromone

Kinerja path pada rantai pasok sangat tergantung pada jarak lintasa / path tersebut (variabel ini yang dijadikan dasar perhitungan), kinerja elemen rantai pasok dan *pheromone*, yang inti dari zat kimia yang ditinggalkan oleh semut (sebagai *agent*) yang setiap semut lain melewatinya terus di-*update*. Sedangkan untuk kinerja elemen rantai pasok dapat dilihat pada model matematika berikut.

$$\sum PoV_{C-1} = PoS_{C-1} + PoF_{C-1} + PoAV_{C-1} + PoTC_{C-1}$$

Dimana kinerja elemen rantai pasok sangat tergantung pada kinerja variabel SCOR, Finansial, Added-Value dan Biaya transportasi. Model matematika ini merupakan opened model, artinya, setiap orang dapat menambahkan berbagai macam jenis variabel yang dibutuhkan, sesuai dengan kasus yang dihadapi.

Model algoritma semut ini dapat dilihat dalam bentuk Class diagram seperti pada Gambar 3. Class diagram utama untuk menggambarkan model ini terdiri dari lima class utama: class AntGraph, class Ant, class AntColony, class Ant4SC dan class AntColony4SC. Class AntGraph berhubungan dengan ClassSupplyChainPerformance yang terdiri dari: class SCORPerformance, class financialPerformance, costPerformance, dan addedValuePerformance. Model ini disebut dengan *distance based model* (Djatna dan Utama, 2010).

3. SIMPULAN

Metode algoritma koloni semut dapat digunakan di dalam optimasi rantai pasok, dengan menilai kinerja elemen rantai pasok dan kinerja rantai pasok itu sendiri. Model yang dikembangkan merupakan opened model, artinya model ini dapat dimodifikasi (ditambahkan variabel) sesuai dengan keinginan dan kasus yang sedang dihadapi.

Kinerja rantai pasok sangat bergantung pada jarak dari path tersebut dengan variabel kinerja elemen rantai pasok itu sendiri. Sedangkan kinerja elemen rantai pasok tersebut sangat dipengaruhi dengan variabel-variabel SCOR, Finansial, Added-Value dan Biaya transportasi.

REFERENSI

- Ahmad MA, Srivastava J. 2008. *Expert Identification in Social Networks an Ant Colony Optimization Approach*. University of Minnesota
- Bauer A. 1999. *An Ant Colony Optimization Approach for the Single Machine Total Tardiness Problem*. Departement of Management Science Univeristy of Vienna
- Berrichi A, Yalaoui F, Amodeo L, Mezghiche M. 2010. Bi-Objective Ant Colony Optimization Approach to Optimize Production and Maintenance Scheduling. *Computers and Operations Research* 37 (2010), pp. 1584 – 1596
- Barcos L, Rodriguez V, Alvarez MJ, Robuste F. 2010. Routing Design for Less-Than-Truckload Motor Carriers Using Ant Colony Optimization. *Transportation Research Part E* 46 (2010), pp. 367 – 383
- Catay B. 2010. A New Saving-Based Ant Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. *Journal of Expert System with Applications* (2010), pp. 1 – 9
- Duan Q, Liao TW. 2010. Improved Ant Colony Optimization Algorithms for Determining Project Critical Paths. *Journal of Automation in Construction* (2010), pp. 1 – 18
- Habilitation LZ, Hammer B. 2003. *Ant Colony Optimization*. Osnabruck University
- Hugos M. 2006. *Essentials of Supply Chain Management*. John Wiley & Sons, Inc. Second Edition
- Indrajit RE, Djokopranoto R. 2002. *Konsep Manajemen Supply Chain*. Grasindo
- Levi DS, Kaminsky P, Levi ES. 2000. *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*. Irwin McGraw-Hill
- Maniezzo V, Gambardella LM, Luigi FD. 2004. *Ant Colony Optimization*. Internet Publication
- Rajamani D. 2005. *Intelligent Supply Network*. The University of Texas (School of Management)
- Djatna T, Utama DN. 2010. Modeling UML for Optimization of Supply Chain in Palm Oil Based Bioenergy. *International Conference – AFITA 2010*