

CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM TIME WINDOWS (CVRPTW) DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA IMPROVED ANT COLONY SYSTEM (IACS) DAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING(SA)

Winda Lukitasary¹, Suyanto², Retno Novi Dayawati³

¹Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Abstrak

Pada kehidupan sehari-hari pengiriman barang membutuhkan jalur yang optimal agar barang-barang tersebut bisa sampai ditempat tujuan sesuai dengan permintaan kota tujuan tersebut. Kasus pengiriman barang ini merupakan contoh dari penerapan Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) pada kehidupan nyata. CVRPTW sendiri adalah sebuah permasalahan pencarian rute untuk sejumlah kendaraan dari satu depot menuju node-node yang tersedia dengan tujuan mengantarkan barang dari depot menuju node tujuan, dengan batasan time windows pada setiap node dan kapasitas kendaraan.

Dalam tugas akhir ini, diimplementasikan metode Improved Ant Colony System (IACS) dan metode Simulated Annealing (SA) untuk menyelesaikan permasalahan CVRPTW dalam kasus pengiriman barang PT .POS Indonesia. Ant Colony System digunakan karena metode ini mampu melakukan multiple search pada beberapa area tertentu secara bersamaan dalam sebuah ruang pencarian, dan metode ini banyak digunakan dalam permasalahan pencarian rute. Sedangkan simulated annealing (SA), merupakan local search yang dapat menghindari solusi dari local optima. Penggabungan kedua metode ini diharapkan dapat menghasilkan solusi yang mendekati optimal dilihat dari jarak tempuh.

Pengujian yang dilakukan adalah mencari parameter-parameter terbaik untuk mendapatkan solusi yang mendekati optimal. Parameter α , β , dan q_0 berpengaruh besar pada metode IACS-SA ini. Untuk mengetahui performansi metode IACS-SA ini, pada akhir pengujian akan dibandingkan dengan 2 metode lainnya yaitu metode AG-DE dan metode HS.

Kata Kunci : Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW), Improved Ant Colony System (IACS), Simulated Annealing (SA), pencarian rute.

Abstract

Delivering some goods in daily life needs some optimal routes in order to get those commodity delivered to some destination in accordance with the demands of those destination places. This case is one example of applied Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) in real life. CVRPTW itself is a route searching problem for a number of vehicles from one depot to another available nodes in purpose to deliver some goods from depot to destination nodes with time constraints for each node and vehicles' capacity.

In this final project, Improved Ant Colony System (IACS) and Simulated Annealing (SA) methods are proposed to solve CVRPTW in PT. POS Indonesia goods' delivering case. Ant Colony System is used because this method is able to do multiple search in certain area simultaneously in one searching space and commonly used in route searching case. Meanwhile Simulated Annealing (SA) is a local search which can avoid the solution from local optima. The combination of these two methods yields nearly optimum solution which can be seen from total distance.

Testing is done in order to find best parameters. α , β , and q_0 Parameters significantly involve in IACS-SA method. To know IACS-SA method's performance, IACS-SA is compared to two other methods like DE & AG and HS method in the end of testing.

Keywords : Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW), Improved Ant Colony System (IACS), Simulated Annealing (SA), route searching.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah sebuah permasalahan dimana terdapat sejumlah rute untuk sejumlah kendaraan pada satu atau lebih depot yang akan digunakan untuk mengantarkan / melayani konsumen-konsumen yang tersebar secara geografis [1]. Tujuan utama VRP sendiri adalah mengantarkan barang pada konsumen dengan biaya minimum melalui rute kendaraan yang keluar masuk depot [1]. VRP merupakan pengembangan dari permasalahan TSP, VRP dan TSP merupakan permasalahan optimasi kombinatorial dengan banyak variasi. VRP merupakan sebuah problem yang dikategorikan sebagai *nondeterministic polynomial-hard* (NP-Hard) [1], yang berarti suatu ruang lingkup masalah yang besar, sehingga membutuhkan usaha komputasi yang semakin sulit dan banyak pula.

Implementasi VRP pada dunia nyata menyebabkan beberapa variasi VRP pun muncul, salah satunya adalah *Capacitated VRP Time Windows* (CVRPTW). CVRPTW merupakan varian dari VRP yang lebih menitik beratkan pada faktor jangka waktu dan kapasitas yang telah ditentukan sebelumnya untuk melayani pelanggan. Jangka waktu yang dimaksud pada CVRPTW ini adalah selang waktu yang ditentukan oleh pelanggan untuk menerima kiriman barang. Jika barang sampai sebelum jangka waktu yang telah ditetapkan, maka kendaraan tersebut harus menunggu hingga waktu yang diminta oleh pelanggan dimulai. Sedangkan jika barang sampai melewati selang waktu yang ditentukan, maka jalur kendaraan akan kembali ke depot awal dan memulai pencarian jalur dari awal lagi.

CVRPTW merupakan salah satu permasalahan yang dikategorikan kedalam NP-Hard problem. Algoritma yang sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan NP-hard adalah algoritma optimasi kombinatorial, karena algoritma dari optimalisasi kombinatorial digunakan untuk menyelesaikan masalah yang cukup rumit. Pada tugas akhir ini, dianalisis kemungkinan jalur yang optimal pada CVRPTW untuk menyuplai kebutuhan pelanggan dalam jangka waktu tertentu. Pencarian jalur pada tugas akhir ini menitik beratkan pada penggabungan dua algoritma *metaheuristic* yang cukup populer, yaitu algoritma *Improved Ant Colony System* (IACS) dan algoritma *Simulated Annealing* (SA). IACS merupakan pengembangan ACS yang memiliki sebuah aturan konstruksi rute yang baru, aturan peng-update-an feromon baru, dan pendekatan *local search*. Pada kasus PT.POS Indonesia ini, IACS dapat menghasilkan solusi jalur yang mendekati optimal dilihat dari jarak ditempuh oleh kendaraan. Dalam permasalahan CVRPTW, IACS digunakan untuk mencari 1 rute yang terdiri dari beberapa tour sesuai jumlah vehicle yang digunakan. Jika solusi yang dihasilkan terperangkap didalam local optima, maka solusi jalur yang dihasilkan bukan merupakan solusi jalur yang paling optimal atau dengan kata lain, masih ada solusi jalur lainnya yang lebih optimal daripada solusi tersebut. Untuk menghindari outputan IACS dari *local optima*, digunakan sebuah local search yaitu *Simulated Annealing* (SA).

Kedua algoritma ini memiliki kelebihan masing- masing, dan pada tugas akhir ini, kelebihan-kelebihan dari dua metode heuristic ini digabungkan menjadi

sebuah algoritma hybrid IACS-SA. IACS memiliki kelebihan yaitu, mampu melakukan multiple search pada beberapa area tertentu secara bersamaan dalam sebuah ruang pencarian[4]. Selain itu, waktu perhitungan dari IACS inipun juga relatif lebih cepat. SA bisa mendapatkan solusi awal yang baik dari IACS, dan IACS dapat terbebas dari *local optima*[5].

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, perumusan masalah dalam tugas akhir ini yaitu :

- Bagaimana menggabungkan algoritma IACS dan SA pada CVRPTW?
- Apakah hasil penggabungan IACS dan SA akan mendapatkan hasil yang optimal dilihat dari jarak tempuh?

Adapun batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

- Sistem digunakan pada PT. Pos Indonesia
- Armada yang digunakan berjumlah 10 armada dengan spesifikasi dan kapasitas muatan yang sama dan armada selalu tersedia di kantor pusat pengiriman paket
- Terdapat 49 kota tujuan yang telah ditentukan sebelumnya
- Waktu pengiriman barang telah ditentukan sebelumnya
- Kecepatan kendaraan selalu konstan
- Kemacetan dan rambu lalu lintas diabaikan.
- Waktu tempuh tidak diperhitungkan.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengimplementasikan algoritma *Improved Ant Colony System* (IACS) dan algoritma *Simulated Annealing* (SA) dalam permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW) sehingga dapat menghasilkan solusi yang mendekati optimal dilihat dari segi jarak tempuh. Dan membandingkan hasil berupa total jarak dan waktu komputasi dari IACS-SA dengan hasil dari algoritma GA-DE dan algoritma HS.

1.4 Metodologi penyelesaian masalah

Pendekatan sistematis dan metodologi yang digunakan untuk pemecahan masalah di atas adalah dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

- Studi Literatur
Pencarian sumber bacaan berupa buku, e-book, jurnal, maupun artikel-artikel yang membahas tentang CVRPTW, algoritma ant colony system, dan algoritma simulated annealing yang berhubungan erat dengan tugas akhir ini
- Pengumpulan data
Melakukan pengumpulan data pada sebuah perusahaan untuk membantu pembangunan system ini. Dalam tugas besar ini, data yang dipakai adalah data dari PT. Pos Indonesia
- Analisis dan perancangan system
Pada tahap ini, akan dilakukan analisis terhadap CVRPTW dengan kasus yang dibahas menggunakan dua algoritma yang diharapkan bisa memberikan hasil yang optimal
- Implementasi
Kedua algoritma ini akan diimplementasikan melalui perangkat lunak dengan bahasa pemrograman tertentu.

- e. Pengujian dan analisis hasil
Pengujian dilakukan dengan mencari jalur yang paling optimal pada pengantaran paket PT. Pos Indonesia dengan menggunakan sepuluh armada yang memiliki spesifikasi dan kapasitas angkut yang sama menuju lima puluh kota yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah pengujian selesai, akan dilakukan analisa terhadap hasil pengujian.
- f. Penyusunan laporan tugas akhir
Pendokumentasian tugas akhir dari tahap-tahap diatas kedalam bentuk laporan.



5. Penutup

5.1 Kesimpulan

berdasarkan hasil implementasi, pengujian dan analisis yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter α , β , dan q_0 yang dapat menghasilkan solusi mendekati optimal pada kasus ini masing-masing bernilai 0.3, 0.88, dan 0.25
2. Parameter α berpengaruh terhadap σ_{ij} dalam probabilitas penentuan node berikutnya oleh semut. Dimana parameter α merupakan jejak pheromone antar node yang akan menunjukkan seberapa seringnya jalur tersebut dilewati oleh semut. Semakin besar nilai α , maka semut akan memprioritaskan pencarian dilihat dari banyaknya pheromone pada jalur.
3. Parameter β berpengaruh terhadap n_{ij} dalam probabilitas penentuan node berikutnya. Dimana parameter β merupakan visibility yang menyatakan bahwa kota-kota yang dekat memiliki probabilitas yang tinggi untuk terpilih. Semakin besar nilai β , maka semut akan memprioritaskan node-node terdekat untuk dikunjungi
4. Parameter q_0 berpengaruh pada aturan pseudo random proportional rule, yaitu kemampuan semut untuk melakukan eksplorasi atau eksploitasi dalam membentuk solusi yang mendekati optimal
5. Setelah dibandingkan dengan dua metode lainnya dan dengan masing-masing metode ACS dan SA, Metode IACS-SA dapat menghasilkan solusi jarak yang mendekati optimal.

5.2 Saran

Tugas akhir ini masih dapat dikembangkan dengan bentuk sebagai berikut:

1. Jumlah node yang digunakan bisa ditingkatkan, untuk melihat pengaruh metode IACS-SA pada kasus yang lebih besar.
2. Mencoba metode lain yang bisa diterapkan untuk pencarian jalur pengiriman barang yang mendekati optimal. Seperti evolutionary algorithm, tabu search.

Telkom
University

Daftar Pustaka

- [1] A. Raden Prana. 2007. *Aplikasi kombinatorial pada vehicle routing problem*. Available at <http://student.eepis-its.edu/~afrizal/KTI/vrp.pdf>, diakses pada tanggal 25 Maret 2011.
- [2] Arbelaitz, Olatz, Rodriguez, Clemente, Zamakola, Ion. 2001. *Analysis of the Construction of a New Fast System to Solve VRPTW Problems based on Simulated Annealing*.
- [3] Caric, Tonci, Gold, Hrvoje. *Vehicle Routing Problem*. September 2008. In-The. austria .
- [4] Casagrande, Norman, Donatia, Alberto V, Gambardella, Luca Maria, Lucibello, Enzo, Montemmanina, Roberto, Oliverio, Fabrizio, Rizzolia, Andre E. 2003. *Ant Colony Optimization for vehicle routing in advanced logistics systems*.
- [5] CHEN, Chia-Ho, TING, Ching-Jung. 2005. *A Hybrid Ant Colony System for Vehicle Routing Problem With Time Windows*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6.
- [6] Chou, Shuo-Yan, Lin, Shih-Wei, Yu, Vincent F. *Solving the truck and trailer routing problem based on a simulated annealing heuristic*.
- [7] Dréo, Johann, Pétrowski, Alain, Siarry, Patrick, Taillard, Eric. *Metaheuristics for hard Optimization*. 2006.
- [8] Gendreau, Michael, Laporte, Gilbert, Potvin, Jean-Yves, Semet, Frédéric. *Classical and Modern Heuristics for the Vehicle Routing Problem*. 1999.
- [9] Kilby, Philip, Prosser, Patrick, Shaw, Paul. *Guided Local Search for the Vehicle Routing Problem*. Departemen of Computer Science. University of Strathclyde. 1997
- [10] Konig, Wolfgang, Wendt, Oliver. *Cooperative Simulated Annealing: How much cooperation is enough?*. Frankfurt University. Jerman.
- [11] Lukas, Samuel, Arnold Aribowo, Hadinata. 2007. *Penerapan ant colony system untuk penyelesaian vehicle routing problem*. Seminar nasional aplikasi teknologi informasi.
- [12] Siswanto, Nurhadi, Wiratno, Stefanus Eko. *Perancangan Rute dan Penjadwalan Kendaraan dengan Menggunakan Algoritma Perbaikan Simulated Annealing*. Available at <http://digilib.its.ac.id/detil.php?id=1675&q=simulated%20annealing>. Diakses tanggal 17 Januari 2008
- [13] Suyanto. *algoritma optimisasi: deterministik atau probabilitik*. 2010
- [14] The VRP Web. Available at <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/>, diakses pada tanggal 23 Maret 2010.
- [15] Vehicle Routing Problem. Available at <http://www.idsia.ch/~monaldo/vrp.html>, diakses pada tanggal 23 Maret 2010.