

OPTIMASI FUZZY ADAPTIF PARTIKEL SWARM PADA PERMASALAHAN RUTE KENDARAAN DENGAN PEMISAHAN PENGIRIMAN

Arnita¹

¹²³ Jurusan Bahasa, FBS, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan, Indonesia 20221, Email: arnita22@yahoo.com

Diterima 5 Januari 2013, disetujui untuk publikasi 22 Februari 2013

Abstract: *This study aims to find the shortest route models and the use of utilities (vehicles) as little as possible so that costs can be minimized with split delivery imposed. Split Delivery Routing Problem (SDVRP) is a variation of the classical VRP, where the assumption of a single visit eliminated and customers can be served by a different vehicle. This study show that the cost savings of more than 50% would be obtained if split delivery enforced. Parameters used in the simulation using Fuzzy Adaptive Particle Swarm algorithm is $NP = 40$, $T = 300$, $\omega_{max} = 0$, $\omega_{min} = 0,4$, $c_1 = 2$, $c_2 + c_3 = 2$ and maximum distance is 400 kilometer. And the results obtained from simulation is used four vehicles and four route, and minimum distance is 42.3149. After be compared with tabu search Genreau et al method, FAPSO method can increase 1.84% achievement of the best solution. While the tabu search method used Gendreau et al able to increase 1.62% achievement of the best solution.*

Kata kunci:

vehicle routing problem, split delivery, fuzzy adaptif, particle swarm optimization.

Pendahuluan:

Transportasi merupakan komponen yang vital dalam manajemen logistik suatu perusahaan. Salah satu faktor yang menentukan dalam manajemen logistik adalah penentuan jalur distribusi yang akan berpengaruh terhadap biaya transportasi. Pada umumnya biaya transportasi menyerap persentase biaya logistik yang lebih besar daripada aktivitas logistik lainnya. Oleh karena itu, untuk mengurangi biaya transportasi, diperlukan sistem transportasi yang efisien. Dengan menurunnya biaya transportasi, harga produk juga dapat menurun dan lebih

mudah bersaing dengan para kompetitor dalam hal harga.

Peningkatan efisiensi pada sistem transportasi dapat dilakukan dengan memaksimalkan utilitas dari alat transportasi yang ada. Untuk mengurangi biaya transportasi dan juga untuk meningkatkan pelayanan kepada customer, perlu dicari rute atau jalur transportasi terbaik yang dapat meminimalkan jarak dan waktu. Permasalahan yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, untuk suatu kelompok kendaraan, agar dapat melayani sejumlah konsumen disebut sebagai *Vehicle Routing Problem*

Vehicle Routing Problem klasik dapat didefinisikan sebagai himpunan C dari setiap pelanggan yang membutuhkan permintaan khusus (i), dimana $i \in C$ harus dilayani oleh armada kendaraan yang sama sehingga kapasitas maksimum kendaraan diharapkan pada setiap tur kendaraan dan jarak total perjalanan dapat diminimumkan. Biasanya diasumsikan bahwa permintaan pelanggan kurang dari atau sama dengan kapasitas kendaraan dan kebijakan distribusi memberlakukan bahwa setiap pelanggan yang akan dikunjungi hanya satu kali.

VRP adalah sebuah masalah pemrograman integer yang masuk kategori *NP-Hard Problem*, yang berarti usaha komputasi yang digunakan akan semakin sulit dan banyak seiring dengan meningkatnya ruang lingkup masalah. Untuk masalah-masalah seperti ini, biasanya yang dicari adalah aproksimasi solusi yang terdekat, karena solusi tersebut dapat dicari dengan cepat dan cukup akurat.

Split Delivery Vehicle Routing Problem (SDVRP) adalah perluasan VRP dimana tiap pelanggan dapat dilayani dengan kendaraan yang berbeda sehingga biaya dapat berkurang. Perluasan ini perlu dilakukan jika jumlah permintaan pelanggan sama besar dengan kapasitas kendaraan. SDVRP dijabarkan sebagai berikut; Tujuan: Meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan untuk pelayanan; Kelayakan: Solusi dianggap layak jika tiap rute memenuhi batasan standar VRP ditambah dengan tiap pelanggan bisa dilayani lebih dari satu kendaraan; Perhitungan: Minimalisasi total biaya

untuk semua rute. Cara yang paling mudah untuk mengubah VRP menjadi SDVRP adalah dengan membagi jumlah permintaan pelanggan menjadi sejumlah kecil permintaan.

Archetti, et al (2006) mengungkapkan bahwa SDVRP pertama kali diperkenalkan oleh Dror dan Trudeau (1989,1990). Merekalah yang menurunkan sifat-sifat struktural penyelesaian optimal SDVRP dan secara empiris menunjukkan bahwa pemisahan pengiriman (*split deliveries*) dapat mengakibatkan penghematan biaya yang besar, baik jarak total perjalanan maupun jumlah penggunaan kendaraan.

Beberapa tahun terakhir ini penelitian tentang SDVRP berkembang dengan cepat. Modifikasi model sampai uji coba berbagai algoritma dilakukan untuk mendapatkan solusi yang optimal, baik dari segi kualitas maupun waktu running algoritma. Tercatat beberapa penelitian yang mengembangkan model SDVRP dengan berbagai variable kendala dan fungsi tujuan, diantaranya adalah; Mistra. S (2008) dengan fungsi kendala pemisahan pengiriman dan pengembalian; Ho, S. C., Haugland, D (2004) dengan fungsi kendala pemisahan pengiriman dan jendela waktu; Gulczynski, D., Golden, B., Wasil, E. (2010) dengan fungsi kendala pemisahan pengiriman dan jendela waktu; Bolduc, M. C., Laporte, G., Renaud, J., Boctor, F. F (2010) dengan fungsi kendala pemisahan pengiriman dengan produksi dan kalender permintaan; Dror, M., Laporte, G., Trudeau, P (1994) dengan fungsi kendala pemisahan permintaan, Belenguer, J. M., Benavent, E., Labadi, N., Prins, C., Reghioui, M. (2010)

dengan fungsi kendala pengiriman pemisahan dan rute kapasitas arc.

Pengembangan algoritma dengan melakukan banyak perbandingan untuk mendapatkan solusi dan waktu running yang optimal pada permasalahan SDVRP juga banyak dilakukan diantaranya, Derigs, U., Li, B., Vogel, U (2008), Archetti, C., Savelsbergh, M. G., Speranza, M. (2006), Archetti, C., Speranza, M. G., Hertz, A. (2006), Wilck IV, J. H., Cavalier, T. M (2012), Boudia, M., Prins, C., Reghioi, M (2007). Kebanyakan metode yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan VRP umumnya dan SDVRP khususnya menggunakan berbagai variasi dari teknik heuristik dan metaheuristik yang memerlukan sedikit pengamatan pada ruang lingkup masalah.

Teknik metaheuristik banyak dikembangkan belakangan ini. Caserta, M dan Voß, S (2009) mendefinisikan teknik metaheuristik adalah master proses iterasi yang memandu dan memodifikasi operasi subordinat heuristik secara efisien untuk menghasilkan solusi berkualitas tinggi. Dimana diperbolehkan manipulasi solusi tunggal lengkap atau tak lengkap atau sekumpulan solusi pada setiap iterasinya. Pengembangan teknik metaheuristik yang banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan SDVRP adalah modifikasi teknik *tabu search*, *local search*, *hybrid genetic algorithm*, *memetic algorithm*, modifikasi *evolutionary local search* dan variable *neighborhood descent*. Terdapat beberapa teknik metaheuristik lain yang sedang berkembang dan mulai diteliti untuk menyelesaikan permasalahan VRP dan variasi lainnya, seperti *ant colont algorithm* dan *particle swarm algorithm*. Namun *Particle Swarm Algorithm* dalam aplikasi permasalahan SDVRP belum pernah diterapkan.

Teknik *particle swarm algorithm* atau yang biasa disebut dengan teknik

particle swarm optimization dan kombinasinya mampu memberikan hasil yang memenuhi syarat lokal optima, dengan kualitas solusi yang tinggi dan waktu running yang pendek. Hal ini dapat dilihat dalam penelitian Yu, S. et al (2012), Sombuntham, P, et. al (2010), Qureshi, G, et al (2012), Eskandari, M. J, et al (2010).

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan *particle swarm optimization* pada berbagai varian permasalahan VRP, maka dalam penelitian ini akan ditunjukkan bagaimana algoritma optimisasi *fuzzy adaptif particle swarm* bekerja dalam menyelesaikan permasalahan SDVRP.

Metodolgi Penelitian

2.1 Model SDVRP diformulasikan sebagai berikut :

$$\text{Min } \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{v=1}^m c_{ij} x_{ij}^v \quad (1)$$

Dengan kendala

$$\sum_{i=0}^n \sum_{v=1}^m x_{ij}^v \geq 1 \quad j = 0, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ip}^v - \sum_{j=0}^n x_{jp}^v = 0 \quad p = 0, \dots, n; v = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij}^v \leq |S| - 1 \quad v = 1, \dots, m; S \subseteq V - \{0\} \quad (4)$$

$$y_{iv} \leq d_i \sum_{j=0}^n x_{ij}^v \quad i = 1, \dots, n; v = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{v=1}^m y_{iv} = d_i \quad v = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{iv} \leq Q \quad i = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$x_{ij}^v \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n; v = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$y_{iv} \geq 0 \quad i = 1, \dots, n; v = 1, \dots, m \quad (9)$$

Dimana x_{ij}^v didefinisikan sebagai berikut

$$x_{ij}^v = \begin{cases} 1, & \text{jika } v \text{ kendaraan berjalan secara langsung dari pelanggan } i \text{ ke } j \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

Keterangan:

Kendala (2) – (4) adalah kendala yang biasa ada pada VRP klasik, kendala

(2) memaksakan bahwa setiap vertex dikunjungi setidaknya sekali. Kendala (3) merupakan aliran konservasi dan (4) adalah kendala subtour eliminasi. Kendala (5) – (7) alokasi permintaan pelanggan oleh kendaraan. Kendala (5) memberlakukan bahwa pelanggan i dilayani oleh kendaraan v jika hanya melewati i , kendala (6) memastikan bahwa semua permintaan pada setiap vertex dipenuhi. Sedangkan kendala (7) menjamin bahwa kuantitas yang disampaikan setiap kendaraan tidak melebihi kapasitas kendaraan.

2.2 Optimisasi Partikel Swarm

Dalam ilmu komputer, particle swarm optimization (PSO) adalah metode komputasi yang mengoptimalkan masalah dengan usaha iterasi untuk meningkatkan kandidat solusi sesuai dengan ukuran kualitas tertentu. PSO mengoptimalkan masalah melalui populasi kandidat solusi, yang disebut dengan partikel dan gerak partikel-partikel dalam pencarian ruang berdasarkan rumus matematika sederhana terhadap posisi partikel serta aliran kecepatannya. Setiap gerakan partikel dipengaruhi oleh posisi lokal terbaik dan dipandu menuju posisi terbaik di ruang pencarian dan selalu memperbaharu posisi yang lebih baik yang ditemui oleh partikel lain. Hal ini diharapkan dapat menggerakkan kawanan menuju solusi terbaik.

Skema alur penelitian yang akan dilakukan untuk mendapatkan solusi optimum adalah sebagai berikut :

Langkah 1. Inisialisasi swarm (kawanan)

Untuk populasi berukuran n , partikel secara acak dibangkitkan pada kisaran 0 -1 dan terletak diantara ekstrim minimum dan maksimum.

Langkah 2. Menentukan fungsi fitness

Algoritma Fuzzy Adaptive PSO (FAPSO) secara konvensional mencari solusi optimum melalui fungsi fitness minimum yang diberikan. Fungsi evaluasi adalah kombinasi dari fungsi biaya dan fungsi penalty (hukuman) yang memperhitungkan berbagai system, unit dan pelanggaran terhadap kendala. Fungsi evaluasi harus berbeda baik feasibel ataupun infeasible pada domain pencarian.

Langkah 3. Inisialisasi p_{best} dan g_{best}

Nilai-nilai fitness diperoleh dari partikel awal. Dimana posisi terbaik dari partikel diambil sebagai p_{best} dan posisi terbaik dari seluruh p_{best} dijadikan sebagai g_{best} .

Langkah 4. Menghitung Nilai FKE dan σ

Nilai rata-rata fitness terbaik dan terburuk dapat diperoleh. Untuk memperolehnya perhitungan dilakukan melalui rumusan factor kecepatan evolusi dan simpangan kuadrat fitness.

Langkah 5. Melakukan Modifikasi Bobot Inersia yang Mengikuti Aturan Fuzzy

Berat Inersia terkoreksi ($\Delta\omega$) dapat diperoleh menggunakan aturan fuzzy, modifikasi bobot inersia fuzzy.

Langkah 6. Memperbaharui Kawanan

Modifikasi kecepatan vector pada masing-masing partikel.

Langkah 7. Kriteria Penghentian

Terdapat beberapa kriteria yang digunakan untuk menghentikan algoritma optimum. Pada penelitian ini akan menggunakan jumlah maksimum iterasi sebagai kriteria penghentian algoritma.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dan simulasi yang dilakukan untuk mengevaluasi

keefektifan algoritma fuzzy adaptif particle swarm menggunakan 20 contoh pelanggan menggunakan model pemisahan pengiriman pada permasalahan routing, dengan kapaistas setiap kendaraan 23 (ton). Algoritma ini dijalan menggunakan software MATLAB 2008Ra pada PC intel i3 GHz dengan kecepatan 4 GB. Untuk setiap kasus dilakukan pengulangan sebanyak lima kali.

Simulasi berdasarkan algortma Fuzzy Adaptif Partikel Swarm pada model pemisahan pengiriman pada 20 kostumer menggunakan 4 kendaraan dalam menyelesaikan permasalahan pengiriman. Adapun parameter yang digunakan dalam simulasi algoritma FAPSO ini adalah $NP = 40$, $T = 300$, $\omega_{max} = 0$, $\omega_{min} = 0,4$, $C_1 = 2$, $C_2 + C_3 = 2$ dan jarak maksimum adalah 400 kilometer. Hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 3 dan solusi terbaik ditunjukkan pada gambar 1. Tabel 3. Hasil simulasi model SDVRP menggunakan algoritma FAPSO

Vehicles	Best lenght	Routes
4	42.3149	1 3 11 12 17 14 6 16 10 1;1 20 4 5 8 7 13 1;1 9 15 18 2 1;1 19 1

Implementasi algoritma FAPSO menghasilkan empat rute optimal menggunakan empat kendaraan dengan jarak tempuh terpendek (terbaik) adalah 42.3149. Sedangkan urutan pelanggan yang dukunjungan pada keempat rute tersebut adalah sebarikut :

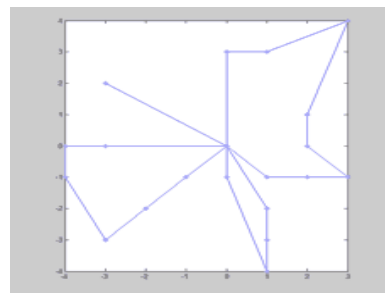
- a) 1 – 3 – 11 – 12 – 17 – 14 – 6 – 16 – 10 – 1.
- b) 1 – 20 – 4 – 5 – 8 – 7 – 13 – 1.
- c) 1 – 9 – 15 – 18 – 2 – 1.

d) 1 – 19 – 1.

Dengan asumsi 1 adalah depot, maka untuk rute pertama kendaraan akan melayani permintaan pelanggan no 3 terlebih dahulu kemudian 11, 12, 17, 14, 6, 16, 10 dan kemudian kendaraan yg melayani permintaan pelanggan balik lagi ke depot.

Sedangkan untuk rute kedua, maka kendaraan kedua melayani permintaan pelanggan no 20, kemudian 4, 5, 8, 7, 13 dan kendaraan kembali ke depot. Rute ketiga, maka kendaraan ketiga melayani permintaan pelanggan no 9 terlebih dahulu, kemudian 15, 18, 2, dan balik ke depot. Sedangkan rute keempat kendaraan keempat hanya melayani satu pelanggan, yaitu pelanggan no 19 saja.

Gambar berikut ini adalah gambar hasil simulasi dengan seribu iterasi dari kedua puluh contoh/pelangan yang digambarkan menggunakan software MATLAB 2008Ra.



Gambar 1. Hasil simulasi 20 contoh pada iterasi 1000

Gambar 1 menunjukkan empat rute yang dilalui empat kendaraan untuk memenuhi kebutuhan 20 pelanggan.

Untuk menguji tampilan algoritma FAPSO maka digunakan 180 permasalahan yang sudah dibenchmark

pada Gendreau et al. Hasil yang diperoleh menggunakan algoritma FAPSO dibandingkan dengan algoritma tabu search yang digunakan oleh Gendreau et al. Metode FAPSO mampu meningkatkan 1,84% pencapaian solusi terbaik. Sementara metode tabu search yang digunakan Gendreau et al mampu meningkatkan 1,62% pencapaian solusi terbaik.

Kemampuan FAPSO dalam menyelesaikan contoh besar lebih baik dibandingkan Tabu search yang digunakan Genreau et al. Sedangkan prosedur Tabu Search Genreau et al menghasilkan hasil yang lebih baik saat menyelesaikan kasus dengan demand lebih kecil yang menyesuaikan dengan kapasitas kendaraan.

Waktu komputasi yang dihasilkan algoritma FAPSO juga lebih efektif dibandingkan dengan Tabu Search Genreau et al. Tabu Search Gendreau et al membutuhkan waktu yang lebih banyak untuk mencapai solusi terbaik jika demand nya besar. Hal ini disebabkan oleh jumlah pergerakan yang dilakukan untuk melakukan evaluasi pada setiap iterasi sangat banyak.

Kesimpulan

Algoritma Fuzzy Adaptif Partikel Swarm (FAPSO) dengan pemisahan pengiriman pada permasalahan routing mampu menjadi solusi alternatif dalam penyelesaian masalah routing. Algoritma FAPSO pada simulasi ini menghasilkan penggunaan empat kendaraan untuk menyampaikan permintaan diempat rute. Algoritma FAPSO mampu menyelesaikan permasalahan routing dengan kecepatan

dalam pencapaian solusi optimal yang singkat, dalam kasus ini jarak terpendek yang dihasilkan adalah 42,3149

Algoritma FAPSO mampu bersaing dengan algoritma lain dalam menghasilkan solusi yang paling optimal, ditunjukkan dengan hasil perbandingan FAPSO terhadap Tabu search Genreau et al, FAPSO mampu meningkatkan 1,84% pencapaian solusi terbaik. Sementara metode tabu search yang digunakan Gendreau et al mampu meningkatkan 1,62% pencapaian solusi terbaik.

Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan pengembangan algoritma FAPSO untuk memperoleh hasil yang lebih baik lagi dengan berbagai macam jumlah contoh yang dilakukan dalam simulasi.

Ucapan Terima Kasih

terima kasih disampaikan kepada Universitas Negeri Medan dan Dit. Ucapan Litabmas DP2M Dikti Depdikbud yang memberikan dana penelitian Desentralisasi Skim Hibah Bersaing Tahun anggaran 2012.

Daftar Pustaka

- Archetti. C, Spreza. M. G, Herzt. A, A Tabu Search Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. *Transportation Science*; Feb 2006; Vol. 40, 1.
- Archetti, C., Savelsbergh. M. G, Speranza, M. An Optimization-Based Heuristic for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. *Transportation Science*; February 2008; Vol. 42, No. 1, Pages 22-31.

- Boudia, M., Prins, C., Reghioui, M, 2007. An Effective Memetic Algorithm with Population Management for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. Proceeding HM'07 Proceedings of the 4th international conference on Hybrid Metaheuristics. Pages 16-30.
- Belenguer, J. M., Benavent, E., Labadi, N., Prins, C., Reghioui, M. Split-Delivery Capacitated Arc-Routing Problem: Lower Bound and Metaheuristic. *Transportation Science*. May 2010, Vol. 44, No. 2, Pages. 206–220
- Derigs,U., Li, B., Vogel. Local Search-Based Metaheuristics for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. *Journal of the Operational Research Society*. 2010, Vol. 61, Pages 1356 – 1364.
- Dror, M., Laporte, G., Trudeau, P. Vehicle Routing With Split Deliveries. *Discrete Applied Mathematics*. 1994, Vol. 50, Pages. 239-254.
- Eskandari. M. J, Jalali. N, Aliahmadi. A. R, Sadjadi. S. J. A Robust Optimization Approach for the Milk Run Problem with time Windows Under Inventory Uncertainty an auto Industry Supply Chain Case Study. Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Dhaka, Bangladesh, January 9 – 10, 2010.
- Gulczynski,D., Golden, B., Wasil, E. The Split Delivery Vehicle Routing Problem with Minimum Delivery Amounts. *Transportation Research*. 2010, Part E, Vol 46, Pages. 612–626
- Ho, S. C., Haugland, D. A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem With Time Windows and Split Deliveries. *Computers & Operations Research*. 2004, Vol. 31, Pages 1947–1964.
- Mitra. S, A Parallel Clustering Technique for the Vehicle Routing Problem with Split Deliveries and Pickups, *Journal of the Operational Research Society; JORS 2008, Vol 59, Pages 1532 –1546*
- Sombuntham. P, Kachitvichayanukul. V. A Particle Swarm Optimization Algorithm for Multi-depot Vehicle Routing problem with Pickup and Delivery Requests. Proceedings of International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2010 Vol III, IMECS 2010, March 17-19, 2010, HongkongWilck IV, J. H., Cavalier, T. M. A Genetic Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. *American Journal of Operations Research*, 2012, Vol. 2, Pages 207-216.
- Yu. S , Yang. X, B. Y, Chen. Z, Zhang. J, A novel particle swarm Optimization algorithm based Fine Adjustment for solution of VRP. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622 www.ijera.com Vol. 2, Issue 6, November- December 2012, pp.136-141.*
- Qureshi. G, Bajaj. D. P. R, Puranik. P. V, Particle Swarm Optimization with Genetic. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) , Vol. 4 No.07 July 2012.*