

IMPLEMENTASI DAN EVALUASI KINERJA PADA PERSOALAN RUTE KENDARAAN DENGAN KOEFISIEN FUZZY

Admi Syarif¹ dan Kurnia Muludi¹

¹Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145

ABSTRACT

The problems of determining the vehicle route known as Vehicle Routing Problems (VRP) have taken great interest of many researchers in these decades. Many models of VRP have been introduced for different applications. In most cases, however, researchers consider the deterministic model of VRP. There are also several methods of solving VRP given in the literature. Since VRP is known as an NP-hard problem, most of methods are belong to the class of heuristic methods.

In this paper, we report a model of VRP that had Fuzzy coefficients. Here, we represent the distance between cities in VRP as a triangular Fuzzy number. To solved the problem we design an algorithm based on Genetic Algorithm approach

Keywords: artificial intelligence, fuzzy, genetic algorithm optimization, vehicle routing problem

PENDAHULUAN

Permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah sebuah permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks, yang didefinisikan sebagai berikut: Pencarian cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vehicle* (kendaraan) yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang (Fisher, 1995). Setiap tujuannya boleh dilayani oleh satu *vehicle* saja. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas *vehicle* dalam satu kali angkut, untuk meminimalkan biaya yang diperlukan. Biasanya, penentuan biaya minimal erat kaitannya dengan jarak yang minimal. Permasalahan VRP klasik menganggap kapasitas tiap *vehicle* yang digunakan sama semua. Sejak diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser, *Vehicle Routing Problem* (VRP) telah menjadi topik penelitian yang diteliti secara luas oleh peneliti dunia (Fisher, 1995). Fungsi tujuan pada umumnya dalam mendapatkan total biaya yang diperlukan atau total jarak yang minimal.

VRP merupakan kombinasi antara persoalan Bin Packing Problem dan Traveling Salesman Problem. Baik BPP dan TSP, keduanya dikategorikan sebagai permasalahan

NP-hard (Falkenauer, , 1996), sehingga VRP juga dikategorikan sebagai NP-hard yang mungkin belum ditemukan metode eksak untuk mencari nilai optimalnya. Karena itu digunakan metode selain eksak untuk memecahkan VRP berskala besar. Untuk VRP skala kecil dengan beberapa *customer* dan *homogeneous fleet* (semua kendaraan mempunyai kapasitas yang sama), *branch and bound* terbukti sebagai metode terbaik untuk mencari solusi optimal (Pereira dkk, 2002). Kebanyakan penyelesaian untuk VRP berskala besar menggunakan *heuristic*. *Heuristic* adalah algoritma yang berbasis kira-kira, yang berusaha mencari solusi optimal secepat mungkin. Secara garis besar, metode *heuristic* dapat dikategorikan menjadi dua bagian besar, yaitu *heuristic* klasik yang berkembang antara tahun 1960 dan 1990, dan *metaheuristic* yang berkembang mulai 1990 (Laporte, Gendreau, Potvin, dan Semet, 2000). Metode *heuristic* klasik dapat dikategorikan lagi menjadi tiga kategori, yaitu *Construction Method*, *Twophase method*, dan *Improvement methods* (Laporte dan F. Semet, 1999). Selama satu dekade terakhir, setidaknya ada enam metode *metaheuristic* untuk aplikasi VRP yang ditemukan, metode tersebut adalah Simulated Annealing (SA), Deterministic Annealing (DA), Tabu Search (TS), Ant Systems (AS), Neural Network (NN), dan Genetic Algorithm (Bambang, 2007) dan Ant System Pankratz, (2004). Pada umumnya peneliti menggunakan model deterministik. Pada aplikasi dunia nyata sering kali kita dihadapkan pada kesulitan penggunaan model deterministik. Salah satu metode pemodelan yang sering digunakan pada persoalan optimasi adalah dengan menggunakan Fuzzy model. Sejak diperkenalkan oleh Holland (1992), GA saat telah dikenal luas sebagai salah satu metode *heuristic* yang banyak digunakan untuk mendapatkan solusi berbagai persoalan dunia nyata yang sulit diperoleh solusi eksaknya. Dilihat dari namanya akan sangat mudah diketahui bahwa Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm (GA)*) adalah suatu metode yang meniru mekanisme pada proses evolusi. Bererapa ahli turut mempopulerkan GA diantaranya Goldberg (1989), Michalewicz (1994) dan Gen & Cheng (1997, 2000). Cukup banyak alasan mengapa GA menjadi salah satu metode yang cukup populer, salah satu diantaranya adalah adanya fleksibilitas untuk dikombinasikan dengan metode lain (*hybrid*) (Gen dan Cheng, 1997). Dengan teknik hibridisasi ini kinerja GA umumnya dapat menjadi jauh lebih baik dan mampu membawa keluar dari solusi lokal optimum. Dalam beberapa tahun terakhir, kami fokus pada pengembangan GA untuk menyelesaikan berbagai

persoalan logistik diantaranya: *Traveling Salesman Problem* (Admi, Wamiliana, dan Yaser, 2008), *Transportation* (Admi dan Gen. 2003) dan *Supply Chain* (Admi, Yun dan Gen, 2002, Admi dan Gen 2003b] dsb. Dari hasil eksperimen, kami memperoleh informasi bahwa GA mampu memberikan solusi optimal/pendekatan untuk persoalan-persoalan tersebut dalam waktu yang relatif singkat. Pada penelitian ini akan dilaporkan algoritma berbasis GA untuk penyelesaian FVRP

METODE

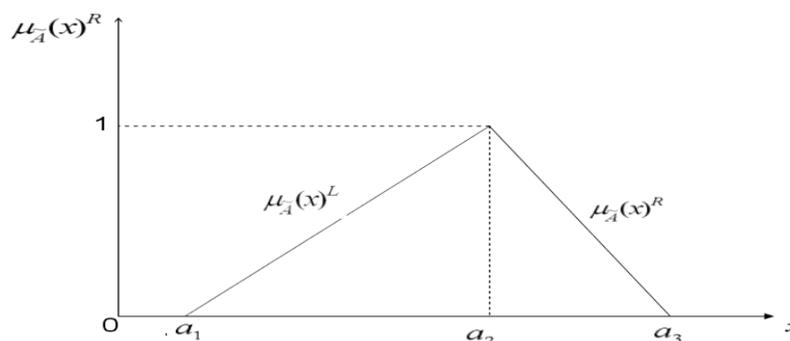
Fuzzy Vehicle Routing Problem

Ranking Fuzzy numbers

Pemodelan persoalan optimisasi dengan model fuzzy telah banyak dilakukan. Salah satu konsep yang digunakan pada pemodelan Fuzzy adalah *Triangular Fuzzy Number* (Gen dan Cheng, 2000). Koefisien Fuzzy \tilde{A} yang digunakan dinyatakan oleh $\langle a_1, a_2, a_3 \rangle$ dengan a_1, a_2, a_3 bilangan real. Fungsi keanggotaan untuk bilangan fuzzy ini ($\mu_{\tilde{A}}$):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - a_1)/(a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (x - a_3)/(a_2 - a_3), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Gambar berikut mengilustrasikan fungsi keanggotaan bilangan Fuzzy.



Gambar 1. The membership function (Gen dan Cheng, 2000)

Untuk mengevaluasi dan mendapatkan solusi dari persoalan ini digunakan metode perankingan. Metode ini menggunakan parameter α sebagai tingkat optimistik yang diinginkan. Nilai total integral dari bilangan Fuzzy tersebut adalah

$$I(\tilde{A})^D = \int g_{\tilde{A}}(x)^L dy = \frac{1}{2} (a_1 + a_2)$$

$$I(\tilde{A})^R = \int g_{\tilde{A}}(x)^R dy = \frac{1}{2} (a_2 + a_3)$$

maka \tilde{A}

$$\begin{aligned} I_T^\alpha(\tilde{A}) &= \alpha I(\tilde{A})^R + (1 - \alpha) I(\tilde{A})^D \\ &= \frac{1}{2} [\alpha(a_2 + a_3) + (1 - \alpha)(a_1 + a_2)] \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Algoritma GA untuk FVRP

Genetic Algorithm (GA) adalah suatu metode yang meniru mekanisme pada proses evolusi. Proses evolusi ini dilakukan pada sekumpulan kandidat solusi (*chromosome*) dengan mengikuti prinsip seleksi natural yang dikembangkan oleh Darwin (Holland, 1992). Meskipun tidak dapat dijamin bahwa GA akan selalu memberikan solusi optimal dari persoalan-persoalan optimisasi, setelah melalui proses evolusi pada beberapa generasi, GA pada umumnya akan mampu memberikan solusi yang baik. GA saat ini banyak dipakai pada berbagai aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang-bidang keilmuan lain.

Untuk menyelesaikan persoalan VRP dengan GA, kita harus melakukan beberapa tahapan utama. Tahap pertama adalah konversi data dari bentuk fuzzy ke bentuk deterministic. Tahap kedua adalah pengelompokan (*clustering*) pelanggan pada masing-masing rute truk. Tahap selanjutnya adalah penentuan rute optimal yang harus ditempuh. Pada tahapan kedua inilah teknik local search diadopsi untuk memperbaiki tur yang dibentuk.

Ada dua teknik perbaikan tur (*local search*) yang kami gunakan pada penelitian ini. Pertama kami mengadopsi metode perbaikan *2-opt* (Goldberg, Lingle dan Alleles, 1994) dan *3-opt* untuk memperoleh tur yang lebih baik. Kedua teknik ini telah kami implementasikan pada persoalan TSP dan menunjukkan hasil yang baik (Admi, Wamiliana, Yaser, 2008).

Representasi Chromosome

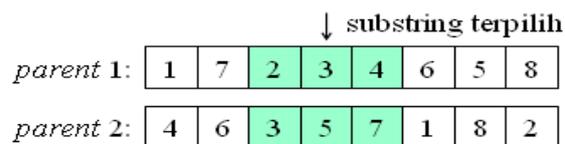
Pada implementasi GA, hal pertama yang sangat penting adalah menentukan metode representasi kromosom yang dapat membawa kita pada solusi persolan. Untuk persoalan VRP, kami menggunakan metode permutasi yang menggambarkan urutan kota yang dikunjungi. Untuk mendapatkan *chromosome* yang baik pada populasi awal, digunakan teknik *nearest neighbor heuristic* yang telah dibuktikan mampu memberikan hasil yang baik (Goldberg, Lingle dan Alieles, 1994). Untuk suatu rute, apabila permintaan pelanggan berikutnya akan melebihi kapasitas truk maka dibentuk rute baru. Adapun algoritma dari metode ini adalah sebagai berikut:

Crossover

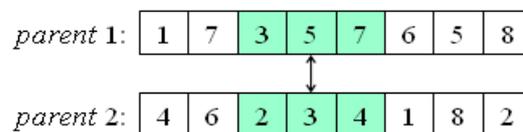
Crossover (persilanganan) dilakukan atas dua *chromosome* untuk menghasilkan *chromosome* anak (*offspring*). *Chromosome* anak yang terbentuk akan mewarisi sebagian sifat *chromosome* induknya.. Metode *crossover* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Partial-Mapped Crossover* (PMX) (Gen dan Cheng, 1997). Prosedur dari PMX dapat diuraikan sebagai berikut:

Procedure: PMX

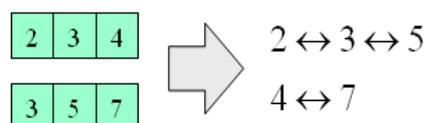
Langkah 1: Pilih satu bagian dari *chromosome* secara acak



Langkah 2: Pertukarkan masing-masing substring



Langkah 3: Tentukan pemetaan maing-masing gen pada substring



Langkah 4: Perbaiki chromosome dengan mempergunakan informasi yang diperoleh dari langkah 3

offspring 1:

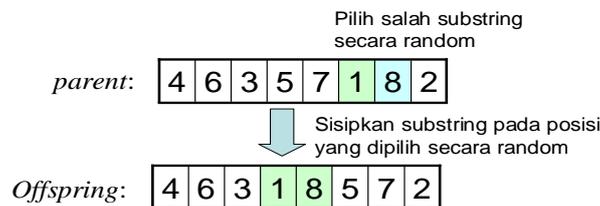
1	4	3	5	7	6	2	8
---	---	---	---	---	---	---	---

offspring 2:

7	6	2	3	4	1	8	5
---	---	---	---	---	---	---	---

Mutasi

Proses mutasi biasanya dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap gene pada suatu *chromosome*. Proses ini bertujuan meningkatkan keragaman chromosome yang ada pada populasi sehingga kita tidak terbawa pada local optimum. Pada penelitian ini digunakan metode mutasi pemindahan (*Displacement*). Metode ini dilakukan dengan memilih dua titik pada *chromosome*. Selanjutnya gene yang ada diantara kedua titik tersebut (*substring*) disisipkannya pada suatu posisi yang juga dipilih secara random. Ilustrasi metode ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Seleksi

Salah satu hal penting pada proses GA adalah pemilihan *chromosome* untuk generasi berikutnya. Berdasarkan teori evolusi Darwin, hanya *chromosome* yang terbaik yang dipilih kegenerasi berikutnya. Pada penelitian ini untuk menjamin bahwa *chromosome* terbaik akan terbawa kegenerasi berikutnya dan keragaman *chromosome* tetap terjaga, kami memilih *chromosome* terbaik sebanyak 20% dari total jumlah populasi induk dan keturunan dan sisanya secara acak.

Perbaikan Tur

Algoritma 2opt

Suatu tur dikatakan baik adalah jika tidak terjadi persilangan didalamnya. O Prinsip dari metode ini adalah menghapus dua lintasan yang berpotongan dan menguraikan tur menjadi dua lintasan dengan cara yang lain sedemikian hingga tidak terjadi perpotongan. Adapun algoritma ini dapat diuraikan sebagai berikut:

Langkah 1:

Pilih kota i untuk setiap kota $i = 1, 2, \dots, n$ dimana n adalah banyaknya kota.

Langkah 2 :

Misalkan a adalah kota yang sedang dipilih, cek apakah terjadi persilangan antara lintasan terbentuk dari a menuju kota b dimana, b adalah kota yang tiba setelah a dengan sembarang lintasan. Parameter suatu tur terdapat persilangan dapat dideskripsikan sebagai berikut: dimisalkan kota a adalah kota yang sedang dipilih, $next(a)$ adalah kota datang sesudah kota a dalam urutan tur. Dan jika b sembarang kota yang berbeda dari kota a dan $next(a)$. Tur yang sekarang dapat diperbaiki jika dan hanya jika

$$d(a, next(a)) + d(b, next(b)) > d(next(a), next(b)) + d(a, b).$$

Selanjutnya arc yang baru adalah $(next(a), next(b))$ dan (a, b) .

Untuk menggambarkan proses algoritma diatas perhatikan gambar 4a. Dimisalkan kota yang sekarang dipilih adalah kota 3, dan kota 4 adalah sembarang kota yang dipilih. Jelas, bahwa jarak $d(3,9) + d(4,10) > d(3,4) + d(9,10)$. Tur yang digambarkan pada Gambar 4b.

Algoritma 3-Opt

Tujuan algoritma 3-Opt adalah menghapus ketajaman yang terjadi dalam tur yang terbentuk setelah inisialisasi ataupun setelah *crossover*. Adapun uraian dari algoritma 3-Opt adalah sebagai berikut:

Langkah 1 :

Buat list pasangan kota terdekat (*near list*) untuk setiap kota.

Langkah 2 :

Cek untuk setiap kota apakah terjadi ketajaman pada tur. Parameter terjadinya ketajaman dapat dirumuskan sebagai berikut: Dimisalkan jarak $d(i, j)$ mewakili jarak dari kota i ke j . Dan juga, dimisalkan kota a adalah kota yang sedang dicek, b adalah kota yang terdekat dengan a , dan c adalah tetangga dengan b juga dekat dengan a . Parameter keberadaan ketajaman dalam tur jika hanya jika:
$$d(\text{prev}(a), a) + d(a, \text{next}(a)) + d(b, d) > d(b, a) + d(a, c) + d(\text{prev}(a), \text{next}(a))$$
dimana, $\text{prev}(a)$ dan $\text{next}(a)$ adalah kota sebelum dan sesudah kota a secara berurutan dalam tur.

Langkah 3 :

Jika syarat dilangkah 3 terpenuhi, lakukan pemulusan dengan mengubah lintasan dalam tur tersebut. Yakni, jika lintasan $L(\text{prev}(a), a)$, $L(a, \text{next}(a))$, $L(b, a)$ adalah lintasan yang terbentuk dari kota yang sedang dieksekusi. Ubah lintasan tersebut sehingga menjadi $L(b, a)$, $L(a, c)$ dan $L(\text{prev}(a), \text{next}(a))$.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian kami tahun pertama ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Algoritma berbasis GA dapat digunakan sebagai salah satu metode penyelesaian persoalan FVRP.
2. Perlu dilakukan implementasi dan eksperimen yang lebih lengkap untuk menguji efektifitas GA pada persoalan FVRP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui program Hibah Bersaing (BOPTN) Universitas Lampung tahun 2013,

DAFTAR PUSTAKA

Admi, S., Wamiliana dan Yasir, W, Evaluasi Kinerja Metode-Metode Heuristik untuk Penyelesaian Traveling Salesman Problem, *Jurnal Sains MIPA* (Terakreditasi), Vol 14, No. 1, 2008

- Admi, S., dan Gen, M., 2003a, "Solving Exclusionary Side Constrained Transportation Problem by Using A Hybrid Spanning Tree-based Genetic Algorithm", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 14 (3/4), pp. 389-399.
- Admi, S., Yun, Y.S., dan Gen, M., 2002, "Study on Multi-stage Logistics Chain Network: A Spanning Tree-based Genetic Algorithm Approach", *International Journal of Computer and Industrial Engineering*, Vol. 43, No. 1-2, pp. 299-314.
- Admi, S., dan Gen, M., 2003b, Double Spanning Tree-Based Genetic Algorithm for Two Stage Transportation Problem, *The International Journal of Knowledge-based Engineering Systems*, Vol. 7, No. 4, pp. 214-221.
- Bambang E, H., *Implementasi Algoritma Paralel Genetic Algorithm Untuk Penyelesaian Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem*, NRP : 5103 100 024 Department : Teknik Informatika FTIf-ITS, 2007
- Beasley, J. E., "OR-Library: Distributing test problems by electronic mail", *Journal of the Operational Research Society*, No. 41, pp.1069-1072., <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/orlib/capinfo.html>
- Fisher. M. Vehicle routing. *Handbooks of Operations Research and Management Science*, chapter 1, 8:1-31, 1995.
- Falkenauer. E. A hybrid grouping genetic algorithm for bin packing. *Journal of Heuristics*, 2:5-30, 1996.
- Gen, M. dan R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley & Sons, New York, 1997.
- Gen, M. dan R. Cheng *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, New York, 2000.
- Goldberg., D. E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, Incorporated, Reading, Massachusetts, 1989
- Goldberg D. Lingle, R., dan Alleles, 1994, loci and the traveling salesman problem, *Proc. of the 1st Inter. Conf. on GA*, pp.154-159.
- Holland, J. - *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, 1975 and MIT Press, 1992.
- Johnson, D.S., L.A. McGeoch. 1997. The traveling salesman problem: a case study, E. H. Aarts, J. K. Lenstra, eds. *Local Search in Combinatorial Optimization*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. 215–310.
- Laporte, G. Gendreau, M. J- Potvin, Y. and Semet F. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. *International Transactions in Operational*



Research, 7:285-300, 2000.

Laporte G. and Semet. F. *Classical heuristics for the vehicle routing problem*. Technical Report G-98-54, GERAD, 1999.

Michalewicz, Z. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1994

Pankratz, G.: "A Grouping Genetic Algorithm for solving the Pickup and Delivery Problem with Time Windows", *OR Spectrum*, 2004.

Pereira, F.B. Tavares, J., Machado, P. and Costa. GVR, E.: a new genetic representation for the vehicle routing problem. *Proceedings of the 13th Irish International Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science*, pages 95-102, 2002.