

Penerapan Kombinasi *Genetic Algorithm* dan *Iterated Local Search* Pada *Multi-Depot Capacitated Vehicle Routing Problem*

Inggrid Dwi Safira

Jurusan Matematika, FMIPA – Universitas Jember
e-mail: inggriddwi12@gmail.com

Agustina Pradjaningsih

Jurusan Matematika, FMIPA – Universitas Jember
e-mail: agustina.fmipa@unej.ac.id

Abduh Riski

Jurusan Matematika, FMIPA – Universitas Jember
e-mail: riski.fmipa@unej.ac.id

Abstract: *The logistics is a system for distributing goods or products from the company to customers. One of the problems in the logistics worlds is determining the distribution route of goods. This problem is called the vehicle routing problem (VRP). Multi-depot capacitated vehicle routing problem is a variation of the vehicle routing problem (VRP) which is based on the problem of distribution of goods where the number of depots is more than one with the addition that each vehicle has a capacity limit to be transported. In this study, the authors apply a combination of two metaheuristic algorithms, namely the Genetic Algorithm (GA) and Iterated Local Search (ILS), here in after referred to as the GA&ILS algorithm. This study aims to analyze the result of the application of the GA&ILS algorithm to solve MDCVRP on 20 simulation data grouped into four sizes (25, 50, 75, and 100 customer points). Based on the results of the research, it was found that the GA&ILS algorithm is optimal for small-scale data, but not optimal for large-scale data.*

Keywords: *MDCVRP, VRP, optimization, metaheuristic, applied mathematics*

Abstrak: *Logistik adalah suatu sistem untuk mengirimkan barang atau produk dari perusahaan kepada pelanggan. Salah satu permasalahan dalam dunia logistik yaitu penentuan rute distribusi barang. Permasalahan ini disebut dengan vehicle routing problem (VRP). Multi-depot capacitated vehicle routing problem (MDCVRP) adalah variasi dari vehicle routing problem (VRP) yang didasarkan pada permasalahan distribusi barang dimana jumlah depot lebih dari satu dengan tambahan bahwa setiap kendaraan memiliki batas kapasitas yang diangkut. Dalam penelitian ini, penulis menerapkan kombinasi dua algoritma metaheuristik, yaitu Algoritma Genetika (GA) dan Iterated Local Search (ILS), yang selanjutnya disebut sebagai algoritma GA&ILS. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil penerapan algoritma GA&ILS untuk menyelesaikan MDCVRP pada 20 data simulasi yang dikelompokkan menjadi empat ukuran (25, 50, 75, dan 100 titik pelanggan). Berdasarkan*

hasil penelitian didapatkan bahwa algoritma *GA&ILS* optimal untuk data skala kecil, namun tidak optimal untuk data skala besar.

Kata Kunci: *MDCVRP, VRP, optimasi, metaheuristik, matematika terapan*

1. Pendahuluan

Sistem logistik merupakan suatu sistem untuk menyalurkan barang atau produk dari perusahaan kepada para pelanggan. Dalam dunia industri, manajemen sistem distribusi sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan dengan pengeluaran biaya perusahaan dan kepuasan pelanggan. Pemilihan rute yang baik mampu meminimalisir biaya distribusi serta mempercepat tersalurkannya produk ke tangan pelanggan. Penentuan rute terbaik mudah dilakukan jika pelanggan yang dilayani hanya sedikit. Namun, jika jumlah pelanggan yang harus dilayani menjadi sangat banyak, penentuan rute terbaik juga menjadi sangat sulit. Selain itu, pada beberapa kasus perusahaan juga harus mempertimbangkan jumlah serta kapasitas kendaraan distribusi yang digunakan. Oleh karena itu, banyak matematikawan memodelkan permasalahan tersebut dalam model matematis agar lebih mudah diselesaikan. Model dari permasalahan ini biasa disebut dengan permasalahan *Vehicle Routing Problem (VRP)* (Kurniawan, et al., 2014).

Permasalahan *VRP* merupakan salah satu topik optimasi yang sering dibahas dalam ilmu matematika terapan. Permasalahan *MDCVRP (Multi-depot Capacitated Vehicle Routing Problem)* merupakan salah satu variasi dari *VRP* yang dikembangkan berdasarkan kondisi dunia industri dewasa ini dan sangat menarik untuk dibahas, dimana jumlah pusat distribusi lebih dari satu dan dengan tambahan bahwa setiap kendaraan memiliki batas kapasitas yang diangkut (Permana, et al., 2015). Terdapat beberapa penelitian mengenai permasalahan *MDCVRP* dalam beberapa tahun terakhir, antara lain: (1) algoritma *nested particle swarm optimization* oleh (Geetha & Poonthilir, 2013); (2) kombinasi algoritma *biased randomized* dan *iterated local search* oleh (Juan, et al., 2015); dan (3) algoritma *cooperative coevolutionary* oleh (Oliveira, et al., 2016). Dari penelitian-penelitian tersebut disimpulkan bahwa permasalahan *MDCVRP* masih menjadi salah satu topik yang menarik untuk dibahas dan diteliti lebih lanjut. Selain itu, algoritma yang diterapkan pada penelitian-penelitian tersebut tidak efektif pada data skala besar, sehingga penerapan algoritma optimasi lain juga perlu dilakukan guna mencari metode penyelesaian terbaik.

Dewasa ini, penerapan algoritma *hybrid* lebih banyak diminati oleh para peneliti untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Hal ini dikarenakan banyak algoritma *hybrid* yang dibuktikan mampu memberikan hasil yang lebih baik. Salah satu algoritma *hybrid* yang memiliki performa sangat baik adalah kombinasi *genetic algorithm (GA)* dan

iterated local search (ILS) yang diajukan oleh (Derbel, et al., 2011). Berdasarkan penelitiannya, disimpulkan bahwa algoritma yang diajukannya GA&ILS lebih baik daripada algoritma genetika saja dalam menyelesaikan permasalahan *Location-Routing Problem* (LRP). Permasalahan LRP ini merupakan permasalahan yang hampir sama dengan permasalahan MDCVRP. Perbedaannya terletak pada jumlah kendaraan tiap depot pada LRP hanya satu saja dengan kapasitas tidak terbatas, sedangkan pada MDCVRP setiap depot memiliki lebih dari satu kendaraan dengan masing-masing kendaraan mempunyai batas kapasitas.

Berdasarkan uraian di atas, penulis bermaksud untuk menerapkan algoritma GA&ILS pada permasalahan MDCVRP. Algoritma diujikan pada data simulasi yang merupakan gabungan data riil dan data random. Data riil diambil dari data jarak antar desa di Kabupaten Jember serta data biaya kendaraan dan bahan bakar. Data random adalah data yang dibangkitkan secara acak untuk jumlah permintaan pelanggan, kapasitas depot dan kapasitas kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas dan efisiensi dari penerapan algoritma GA&ILS untuk menyelesaikan permasalahan MDCVRP.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan dari data asli dan random. Terdapat beberapa data yang digunakan, yaitu koordinat (*latitude* dan *longitude*), jarak, kapasitas depot, permintaan pelanggan, kapasitas kendaraan, biaya kendaraan dan biaya bahan bakar. Terdapat 20 data MDCVRP yang digunakan sebagai bahan simulasi uji algoritma. Data tersebut diambil dari data utama 2 titik depot dan 197 titik pelanggan. Data simulasi yang digunakan dibagi secara acak menjadi empat ukuran yaitu 25 titik pelanggan, 50 titik pelanggan, 75 titik pelanggan dan 100 titik pelanggan. Dari setiap ukuran tersebut, terdapat lima jenis data yang titik-titik pelanggannya diambil secara acak. Dalam penelitian ini, barang yang digunakan diasumsikan dikemas dalam kardus dengan ukuran panjang 38 cm, lebar 24 cm, dan tinggi 24 cm. Jenis kendaraan yang digunakan adalah mobil truk *small box* dengan media penyimpanan berukuran panjang 237 cm, lebar 155 cm, dan tinggi 129 cm.

Data yang telah dikumpulkan dalam penelitian ini, kemudian diselesaikan menggunakan program penerapan algoritma GA&ILS. Dimana simulasi program dijalankan sebanyak 10 kali untuk setiap data. Solusi terbaik dari simulasi program digunakan untuk menganalisis hasil penerapan algoritma. Metode yang digunakan untuk menganalisis hasil penerapan algoritma terdapat dua metode yaitu berdasarkan persentase deviasi dan ilustrasi rute distribusi. Berdasarkan persentase deviasi, semakin nilai persentase deviasi memiliki arti algoritma semakin konvergen. Persentase deviasi dihitung menggunakan persamaan (1)

$$PD = \frac{RRB - BTT}{BTT} \times 100\%$$

Dengan PD adalah persentase deviasi, RRB adalah rata-rata biaya, dan BTT adalah biaya total terkecil. Dari sisi ilustrasi distribusi, rute yang terbentuk tidak memiliki garis yang saling berpotongan untuk masing-masing kendaraan atau membentuk *Hamiltonian cycle* (Filar & Krass, 1994).

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, program simulasi yang telah dibuat, dijalankan untuk menyelesaikan permasalahan MDCVRP dengan data yang telah dikumpulkan. Perangkat komputer yang digunakan dalam penelitian ini untuk menjalankan program simulasi adalah Laptop dengan Processor Intel® Celeron® CPU N3060 @ 1.60GHz RAM 4,00GB. Nilai parameter yang digunakan dalam simulasi ini antara lain: jumlah populasi $N = 275$, iterasi maksimal GS&ILS $Imax = 2000$ (data 25 dan 50 titik) dan $Imax = 5000$ (data 75 dan 100 titik), iterasi maksimal ILS $T = 20$. Pada setiap data, program simulasi dijalankan sebanyak sepuluh kali percobaan. Rangkuman hasil simulasi akhir penyelesaian 20 data MDCVRP yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

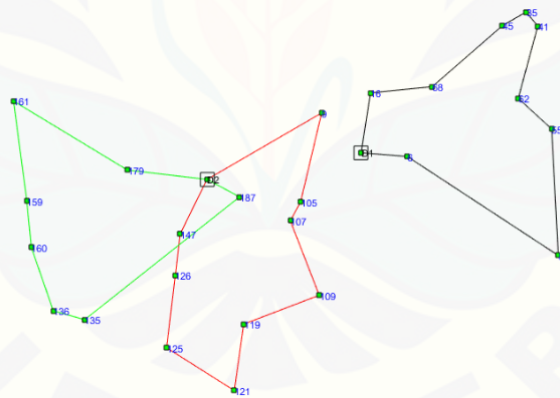
Tabel 1. Hasil Simulasi Program

No	Data	Rata-rata Biaya	Biaya Terkecil	Persentase Deviasi (%)	Waktu Komputasi (s)
1	Data 25a	473.300	473.300	0	12851,3196
2	Data 25b	476.940	476.500	0,0923	12861,7482
3	Data 25c	478.900	478.600	0,0627	21937,0142
4	Data 25d	492.040	491.600	0,0895	22167,5157
5	Data 25e	518.780	518.300	0,0926	20896,1019
6	Data 50a	929.180	923.600	0,6042	22827,4608
7	Data 50b	834.960	832.500	0,2954	22447,4220
8	Data 50c	789.620	788.500	0,1420	29555,3544
9	Data 50d	808.160	800.600	0,9442	21411,4748
10	Data 50e	753.070	749.300	0,5031	21633,7809
11	Data 75a	1.158.490	1.141.300	1,5061	78823,5472
12	Data 75b	1.163.260	1.147.600	1,3646	78379,3245
13	Data 75c	1.186.440	1.164.500	1,8796	78788,6563
14	Data 75d	1.130.550	1.113.600	1,5221	78280,5265
15	Data 75e	1.235.310	1.220.900	1,1802	78148,3859
16	Data 100a	1.568.235	1.509.250	3,9082	102606,0168
17	Data 100b	1.548.810	1.516.650	2,1204	101600,9944
18	Data 100c	1.545.540	1.510.700	2,3062	102441,5586

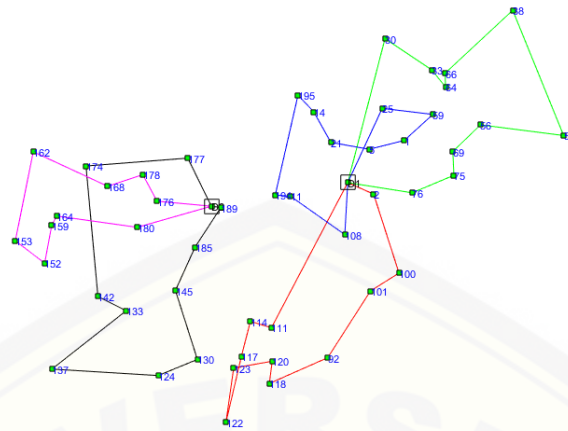
No.	Data	Rata-rata Biaya	Biaya Terkecil	Persentase Deviasi (%)	Waktu Komputasi (s)
19	Data 100d	1.601.560	1.569.600	2,0362	103736,7284
20	Data 100e	1.515.560	1.461.600	3,6918	102519,4666

Berdasarkan hasil simulasi akhir program penerapan algoritma GA&ILS pada permasalahan MDCVRP dengan menggunakan 20 data (lihat Tabel 1), dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut. *Pertama*, persentase deviasi secara rata-rata, semakin besar datanya yang digunakan, maka nilai persentase deviasi juga semakin besar. Hal ini, dimungkinkan bahwa semakin besar data diselesaikan mengakibatkan algoritma GA&ILS semakin lama untuk konvergen menuju solusi optimal. *Kedua*, dari 20 data yang digunakan, algoritma GA&ILS mampu konvergen ke satu solusi dari sepuluh kali percobaan terjadi pada data25a (data 25 titik pelanggan variasi pertama). Dari kedua hasil tersebut dapat dianalisis bahwa algoritma GA&ILS masih memiliki kekurangan yaitu kurang mampu menghindari terjebak optimum lokal. Selain itu, apabila dilihat dari waktu komputasi program, algoritma GA&ILS membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikan permasalahan MDCVRP, sehingga dapat dikatakan kurang efisien.

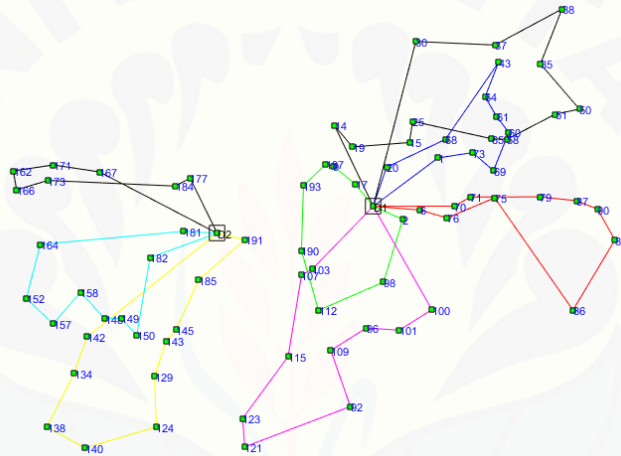
Selanjutnya, hasil terbaik dari sepuluh percobaan setiap data dianalisis berdasarkan ilustrasi rute distribusinya. Hasil ilustrasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 4.



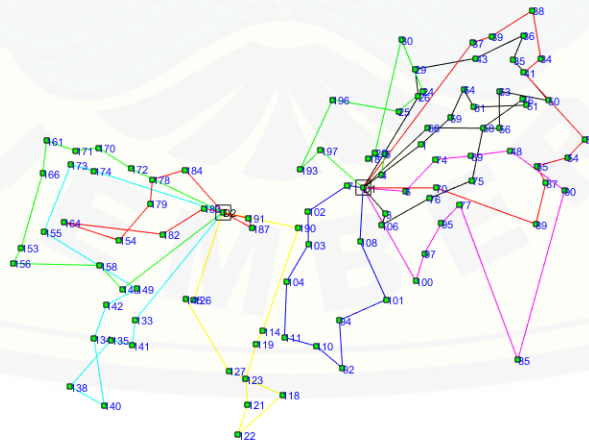
Gambar 1. Ilustrasi rute distribusi 25 titik



Gambar 2. Ilustrasi rute distribusi 50 titik



Gambar 3. Ilustrasi rute distribusi 75 titik



Gambar 4. Ilustrasi rute distribusi 100 titik

Berdasarkan hasil ilustrasi yang telah digambarkan, hasil terbaik algoritma GA&ILS pada data 25 titik pelanggan dapat dikatakan optimal, karena memenuhi konsep *Hamiltonian cycle* atau tidak terdapat garis berpotongan. Kemudian, pada ilustrasi rute distribusi dari solusi terbaik algoritma GA&ILS untuk data 50 titik sampai dengan 100 titik, masih ditemukan adanya rute kendaraan yang memiliki garis berpotongan. Dengan demikian, hasil tersebut dapat dikatakan belum optimal.

Berdasarkan analisis yang telah diuraikan, dapat diketahui bahwa algoritma GA&ILS tidak optimal untuk menyelesaikan permasalahan MDCVRP. Selain itu, dalam percobaan yang telah dilakukan, algoritma GA&ILS membutuhkan waktu komputasi yang cukup lama. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa algoritma GA&ILS juga tidak efisien.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah algoritma GA&ILS tidak optimal untuk diterapkan dalam permasalahan MDCVRP. Hal ini dikarenakan dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, algoritma GA&ILS tidak mampu mencapai nilai optimal dan lambat konvergen. Berdasarkan ilustrasi rute distribusi terdapat beberapa rute yang berpotongan. Algoritma GA&ILS juga beberapa kali terjebak optimum lokal.

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan algoritma heuristik sebagai acuan pembangkitan solusi awal, sehingga algoritma GA&ILS dapat lebih mudah konvergen ke solusi optimal. Dengan demikian, diharapkan dengan penambahan tersebut, waktu penyelesaian masalah dapat lebih singkat.

Daftar Pustaka

- Derbel, H., Jarboui, B., Hanafi, S. & Chabchoub, H., 2011. Genetic Algorithm with Iterated Local Search for Solving a Location-Routing Problem. *Expert Systems with Applications*, Volume 39, pp. 2865-2871.
- Filar, J. A. & Krass, D., 1994. Hamiltonian Cycles and Markov Chains. *Mathematics of Operations Research*, 19(1), pp. 223-237.
- Geetha, S. & Poonthalir, G., 2013. Nested Particle Swarm Optimization for Multi-Depot Vehicle Routing Problem. *Int. J. Operational Research*, 16(3), pp. 329-348.
- Juan, A. A., Pascual, I., Guimarans, D. & Barrieros, B., 2015. Combining Biased Randomized with Iterated Local Search for Solving the Multidepot Vehicle Routing Problem. *International Transactions in Operational Research*, 22(4), pp. 647-667.
- Kurniawan, I. S., Susanty, S. & Adianto, H., 2014. Usulan Rute Pendistribusian Air Mineral dalam Kemasan Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Clarke &

- Wright Savings (Studi Kasus PT. X Bandung). *Reka Integra*, 1(4), pp. 125-136.
- Oliveira, F. B. d. et al., 2016. A Cooperative Coevolutionary Algorithm for the Multi-Depot Vehivle Routing Problem. *Expert Systems with Applications*, Volume 43, pp. 117-130.
- Permana, A., Sulistyono, M. D. & Wulandari, G. S., 2015. Optimasi Genetic Algorithm dengan Simulated Anneling untuk Multiple Depot Capacitated Vehicle Routing Problem. *Indonesia Symposium on Computing*.

