

Algoritma *hybrid* genetika pada *capacitated vehicle routing problem* (CVRP) dan implementasinya

Anis Nikmatul Waridah¹, Mimiep Setyowati², dan Mohammad Yasin³

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

E-mail: aniswaridah9@gmail.com

ABSTRAK : *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) merupakan varian dari permasalahan VRP yaitu mengenai masalah pencarian sejumlah rute kendaraan dengan jarak minimum untuk memenuhi permintaan sejumlah *customer* yang hanya dikunjungi tepat satu kali dan tidak melebihi kapasitas kendaraan dengan perluasan setiap kendaraan memiliki kapasitas yang sama. Dan rute kendaraan berawal dan berakhir di depot yang sama. Algoritma genetika merupakan teknik optimasi yang didasarkan pada proses evolusi makhluk hidup, dimana dalam evolusi tersebut makhluk hidup mengalami mekanisme seleksi alam (diantaranya pindah silang dan mutasi) untuk bertahan hidup. Algoritma genetika merupakan suatu algoritma yang dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis permasalahan optimasi. Algoritma *best improvement local search* adalah salah satu keluarga *local search* yang memperhitungkan semua perubahan di lingkungan sekitarnya berdasarkan permutasi, ditinjau dari semua kemungkinan keadaan yang didapat untuk menghasilkan nilai optimal. Algoritma pengembangan untuk permasalahan CVRP tersebut adalah algoritma genetika *hybrid*. Algoritma genetika hybrid merupakan gabungan dari algoritma genetika dan *local search* (*best improvement local search*). Dalam menyelesaikan permasalahan CVRP dengan menggunakan algoritma genetika *hybrid* dibutuhkan proses yang panjang. Oleh sebab itu, untuk mempermudah pencarian rute, diimplementasikan ke dalam program menggunakan *Borland Delphi 7*.

Kata kunci : Algoritma Genetika *Hybrid*, *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP).

ABSTRACT : *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) is a variant of VRP problems, namely the problem of finding the number of vehicles with the minimum distance to meet the demand for a number of customers who only visited exactly once and do not exceed the capacity of the vehicle with the expansion of each vehicle have the same capacity. And the vehicle starts and ends in the same depot. A genetic algorithm optimization technique based on the process of evolution of living beings, which in the evolution of living organisms undergo natural selection mechanism (including crossover and mutation) to survive. Genetic algorithm is an algorithm that can be applied in various kinds of optimization problems. Local search algorithm is best improvement is one of a family of local search that takes into account all the changes in surrounding environment based on permutations, in terms of all possible circumstances that obtained to generate optimal value. Algorithm development for the CVRP problems is a hybrid genetic algorithm. Hybrid genetic algorithm is a combination of genetic algorithms and local search (*best improvement local search*). CVRP in resolving problems by using hybrid genetic algorithm takes a long process. Therefore, to facilitate the search service, implemented into the computer programming using *Borland Delphi 7*.

Keywords : Hybrid Genetic Algorithm, *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP).

Salah satu cabang matematika yang banyak membantu mengatasi permasalahan yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah teori

-
1. Anis Nikmatul Waridah adalah mahasiswa jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang
 2. Mimiep Setyowati adalah dosen jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang
 3. Mohamad Yasin adalah dosen jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang

graph. Aplikasi tersebut yaitu dilakukan dengan memodelkan suatu permasalahan ke dalam model *graph* yang sesuai dan kemudian mencari solusi yang tepat untuk masalah tersebut. Masalah pendistribusian barang dari depot ke *customer* merupakan salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan dalam bentuk *graph*. Konsep yang ada dalam teori *graph* untuk menyelesaikan masalah pendistribusian adalah *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP yaitu mengenai masalah pencarian sejumlah rute kendaraan dengan jarak minimum untuk memenuhi permintaan sejumlah customer yang hanya dikunjungi tepat satu kali dan tidak melebihi kapasitas kendaraan. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) adalah salah satu varian dari VRP dengan perluasan setiap kendaraan memiliki kapasitas yang sama.

Menurut Mutakhiroh, I., dkk (2007) permasalahan VRP dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristik. Salah satu metode heuristik yang biasa digunakan adalah metode algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan teknik optimasi yang didasarkan pada proses evolusi makhluk hidup, dimana dalam evolusi tersebut makhluk hidup mengalami mekanisme seleksi alam (diantaranya pindah silang dan mutasi) untuk bertahan hidup. Algoritma genetika merupakan suatu algoritma yang dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis permasalahan optimasi (Wilck, Joseph Hubert and Cavalier, Tom M, 2012). Algoritma best improvement local search adalah salah satu keluarga local search yang memperhitungkan semua perubahan di lingkungan sekitarnya berdasarkan permutasi, ditinjau dari semua kemungkinan keadaan yang didapat untuk menghasilkan nilai optimal. Algoritma pengembangan untuk permasalahan CVRP tersebut adalah algoritma genetika hybrid. Algoritma genetika hybrid merupakan gabungan dari algoritma genetika dan local search (best improvement local search).

Artikel ini akan dibahas algoritma genetika *hybrid* pada *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), dengan tahapan-tahapan algoritma genetika yang pertama yaitu inialisasi populasi dalam titik untuk setiap *customer*, pembangkitan populasi awal dengan permutasi *Josephus*, validasi order, perhitungan nilai *fitness*, *local search*, seleksi dengan metode *Roulette Wheel Selection*, pindah silang (*crossover*) dengan metode Partial Mapped Crossover (PMX), mutasi dengan *Inversion Mutation* dan yang terakhir *local search*. Parameter yang digunakan pada algoritma genetika *hybrid* antara lain jumlah generasi, ukuran populasi (*popsiz*e), probabilitas *crossover* (p_c) dan probabilitas mutasi (p_m).

Berdasarkan uraian di atas, akan dibahas mengenai Algoritma Genetika *Hybrid* pada *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP).

HASIL YANG DIHARAPKAN

1. Mengetahui langkah-langkah algoritma genetika *hybrid* dalam menyelesaikan CVRP.
2. Mengimplementasikan algoritma genetika *hybrid* ke dalam program dengan bantuan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.
3. Menganalisis kinerja program yang telah dibuat untuk permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan Algoritma Genetik *Hybrid*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)**

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan salah satu varian VRP dengan perluasan setiap kendaraan memiliki kapasitas yang sama. Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan jarak tempuh tiap kendaraan dengan memperhitungkan jumlah permintaan dalam setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan.

Menurut (Brajevic, 2011: 240): Formulasi matematika untuk CVRP adalah sebagai berikut :

a) Fungsi tujuan: Untuk meminimalkan total jarak tempuh

$$\min \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} X_{ij}^k \quad (1)$$

b) Untuk memastikan bahwa setiap *customer* hanya dikunjungi tepat satu kali

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in N} X_{ij}^k = 1, \quad \forall j \in N/\{0\} \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} X_{ij}^k = 1, \quad \forall i \in N/\{0\} \quad (3)$$

c) Untuk menjamin bahwa setiap kendaraan harus meninggalkan *customer* yang telah dikunjungi

$$\sum_{i \in N} X_{ih}^k - \sum_{j \in N} X_{hj}^k = 0, \quad \forall h \in \frac{N}{\{0\}}, \forall k \in K \quad (4)$$

d) Untuk menjamin bahwa total permintaan dari setiap *customer* dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan

$$\sum_{j \in N} q_j \left(\sum_{i \in N} X_{ij}^k \right) \leq Q_k, \quad \forall k \in K \quad (5)$$

e) Untuk memastikan bahwa setiap kendaraan digunakan tidak lebih dari satu kali

$$\sum_{j \in N/\{0\}} X_{0j}^k \leq 1, \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N/\{0\}} X_{i0}^k \leq 1, \quad \forall k \in K \quad (7)$$

f) Untuk menjamin variable keputusan X_{ij}^k merupakan integer biner

$$X_{ij}^k \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \in N, k \in K \quad (8)$$

Keterangan:

k : kendaraan yang digunakan

q_j : permintaan *customer* j dengan $j \in \{1,2, \dots, n\}$

Q_k : kapasitas kendaraan k dengan $k \in \{1,2, \dots, n\}$

c_{ij} : jarak tempuh antara titik i dan j

X_{ij}^k : integer biner, bernilai 1 jika kendaraan k dijalankan dari titik i ke titik j , dan bernilai 0 untuk kondisi lainnya

- **Algoritma Genetika Hybrid pada Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)**

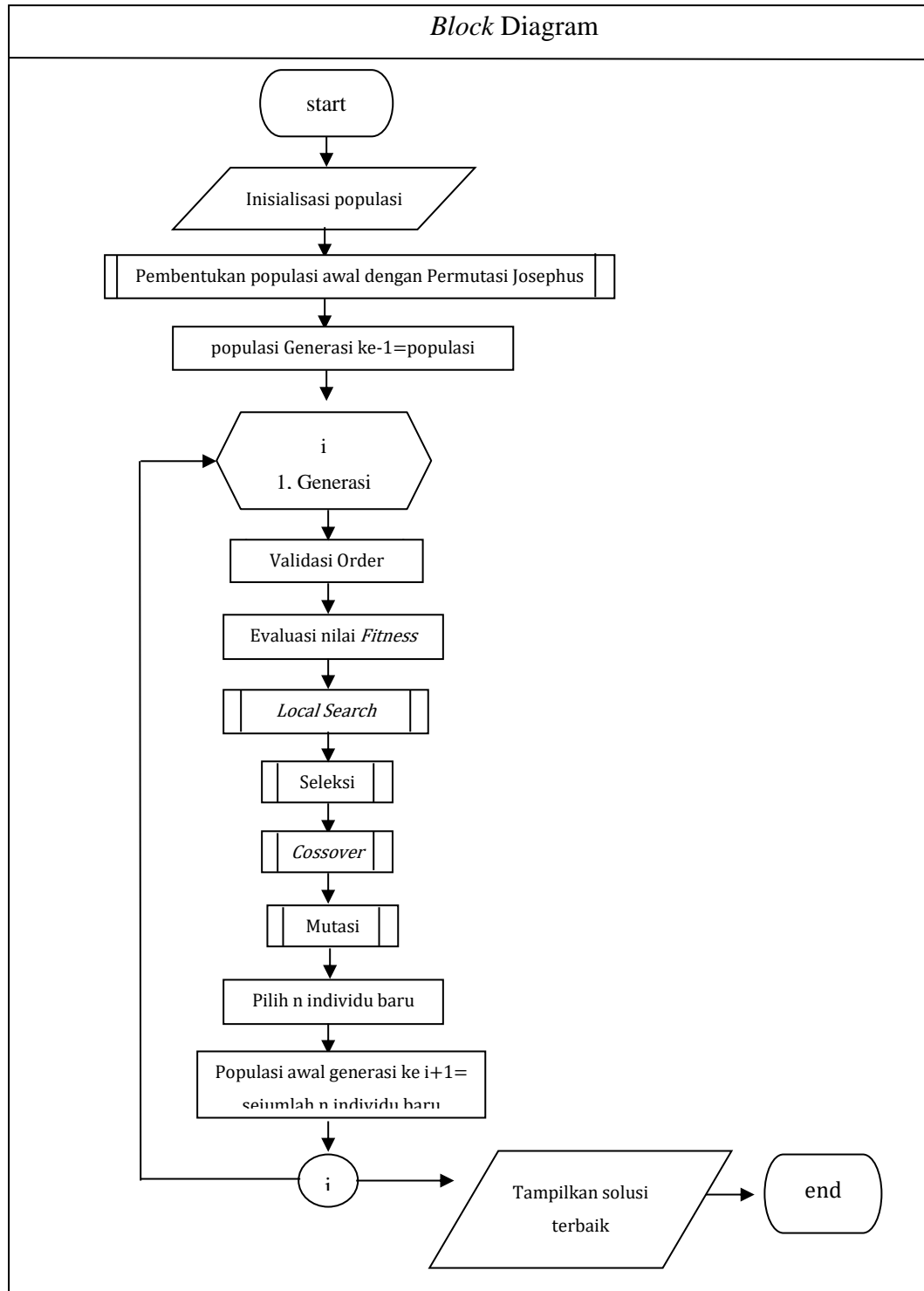
Algoritma genetika *hybrid* merupakan gabungan dari algoritma genetika dengan pencarian lokal (*local search*) yaitu *best improvement search* untuk menghasilkan solusi yang lebih optimal. Berikut langkah-langkah algoritma *hybrid* yang digunakan:

1. Penginisialisasian populasi dengan merepresentasikan tiap *store* atau pelanggan dalam titik
2. Pembangkitan populasi awal secara acak dengan permutasi *Josephus*
3. Validasi *order* tiap rute untuk memperoleh banyaknya kendaraan yang digunakan dalam tiap rute
4. Mengevaluasi fungsi *fitness* dari tiap populasi
5. Pilih sesuai dengan n individu terbaik dan masing-masing rute (individu) akan di *local search* (*best improvement local search*) dan pada akhir proses akan dibentuk sekumpulan rute (populasi) baru.
6. Menyeleksi dengan *roulette wheel*, dengan langkah- langkah :
 - a. Menghitung bobot dari masing-masing rute
 - b. Menghitung inverse dengan rumus $Q[i] = \frac{1}{Fitness [i]}$
 - c. Menghitung probabilitas dengan rumus $P[i] = \frac{Q[i]}{total Q}$
 - d. Mencari nilai kumulatif dari probabilitasnya

$$C[1] = P[1]$$

$$C[k] = C[k - 1] + P[k] \quad ; k = 2,3, \dots, n \quad (n = pop\ size)$$
 - e. Memilih rute yang menghasilkan sekumpulan rute (populasi) berikutnya, dilakukan dengan cara mengambil n bilangan random dengan $0 < r < 1$ dan membandingkan bilangan random tersebut dengan probabilitas kumulatif bobot setiap rute
7. Melakukan *crossover* dan mutasi pada individu-individu tersebut sehingga didapatkan rute baru serta validasi rute baru tersebut, dan menghitung nilai *fitness*
8. Keturunan-keturunan yang berupa rute baru dan rute lama tersebut diurutkan berdasarkan fungsi *fitness*, serta melakukan proses mutasi.
9. Hasil yang sudah diurutkan setelah proses mutasi akan di *local search* (*best improvement local search*) lagi dan pada akhir proses akan dibentuk sekumpulan rute (populasi) baru.
10. Mengevaluasi jarak rute-rute dengan fungsi *fitness* terbaik tersebut. Apabila sudah memenuhi semua kendala dalam CVRP dipilih n rute terbaik.

Berikut ini adalah *Block Diagram* dari algoritma genetika *hybrid* pada *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*.



Gambar 1: Block Diagram

- **Contoh Penerapan**

Suatu perusahaan yang bergerak dalam pendistribusian LPG akan melakukan pendistribusian kepada 7 *customer* yang tersebar di berbagai daerah. Kapasitas kendaraan adalah 65. Adapun daftar permintaan tiap *customer* seperti pada Tabel 3.1 berikut

Tabel 3.1 Permintaan Customer

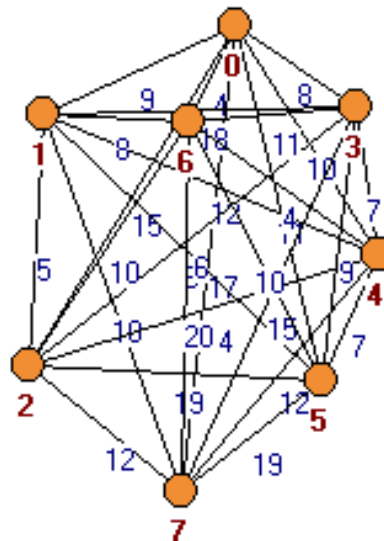
Customer	1	2	3	4	5	6	7
Permintaan	25	10	15	20	30	10	20

Tabel 3.2 Jarak Depot ke Customer dan Antar Customer

c_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	9	15	8	10	11	4	17
1	9	0	5	18	12	9	8	10
2	15	5	0	6	14	19	10	12
3	8	18	6	0	7	9	11	15
4	10	12	14	7	0	7	4	12
5	11	9	19	9	7	0	10	19
6	4	8	10	11	4	10	0	20
7	17	10	12	15	12	19	20	0

Keterangan:

Untuk kolom pertama dan baris pertama, 0 menyatakan depot dan 1,2,...7 merupakan customer. Jarak dari 0 (depot) ke customer 1 adalah 9 km, jarak dari depot ke customer 2 adalah 15 km, dan seterusnya.



Gambar 2. Representasi Permasalahan dalam Bentuk Graph Komplit

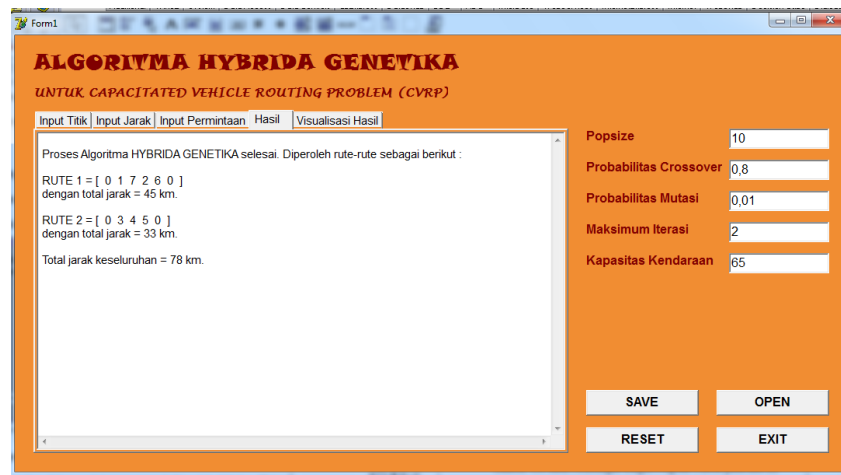
Pada Gambar 1, depot dan *customer* diwakili oleh titik dan jalan yang dilalui dari depot menuju *customer* atau dari suatu *customer* ke *customer* lainnya diwakili oleh sisi.

Dengan probabilitas *crossover* ($p_c = 0,80$), probabilitas *mutasi* ($p_m = 0,01$), maksimum generasi adalah 2 dan ukuran populasi 10, diperoleh hasil sebagai berikut:

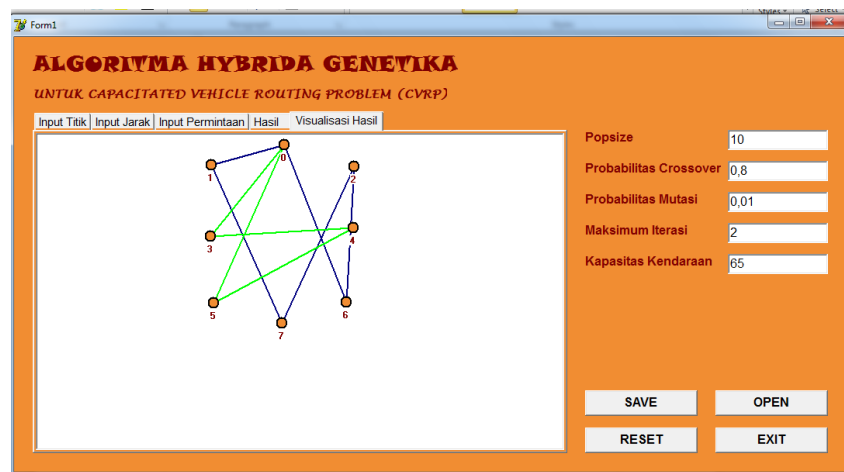
Rute kendaraan 1 (r_1): 0 – 3 – 4 – 5 – 0 dengan jarak 33 Km
 Rute kendaraan 2 (r_2): 0 – 1 – 7 – 2 – 6 – 0 dengan jarak 45 Km
 Total jarak = $r_1 + r_2 = 33 + 45 = 78$ Km

Algoritma *hybrid* genetika diimplementasikan ke dalam program dengan bantuan bahasa pemrograman *Borland Delphi 7*. Penggunaan program dimulai dengan menginputkan *popsi* (ukuran populasi), probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, maksimum iterasi, kapasitas kendaraan, banyaknya titik dengan titik 0 sebagai depot dan titik lainnya sebagai *customer*, dan permintaan setiap *customer*. Selanjutnya untuk menginput jarak terlebih dahulu harus menginputkan titik dahulu. Dan *output* yang dihasilkan pada program tersebut adalah hasil rute dengan jarak yang ditempuh serta visualisasi rutenya

Berikut ini adalah penyelesaian permasalahan distribusi tersebut dengan menggunakan program.



Gambar 3. Tampilan hasil perhitungan program



Gambar 4. Tampilan visualisasi hasil

Berdasarkan Gambar 3, diperoleh hasil berupa solusi terbaik dengan rute sebagai berikut:

1. Rute 1 : 0 – 1 – 7 – 2 – 6 – 0 dengan jarak tempuh 45 km.
2. Rute 2 : 0 – 3 – 4 – 5 – 0 dengan jarak tempuh 33 km.

Sehingga diperoleh total jarak tempuh 78 Km. Dan rute yang terbentuk sebanyak 2 rute. Jadi jumlah kendaraan yang dibutuhkan juga sebanyak 2. Sedangkan Gambar 4 adalah hasil gambar rute yang diperoleh pada hasil perhitungan Gambar 3.

• Uji Coba Program

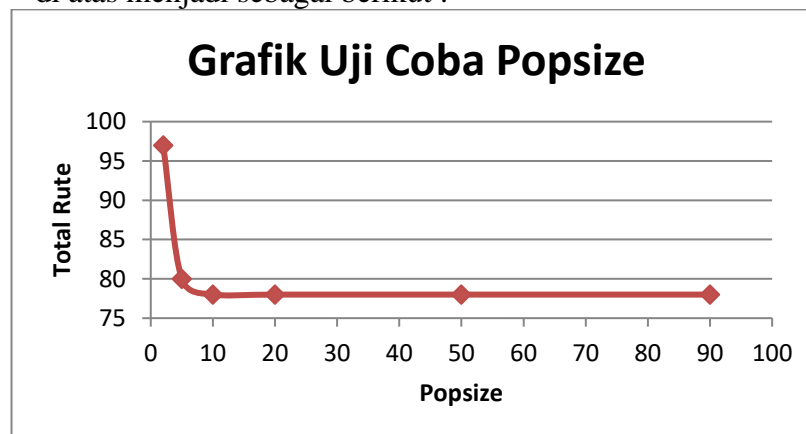
Pada uji coba ini digunakan dua parameter yang dipilih secara acak, yang digunakan untuk mengetahui hasil kinerja dari masing-masing algoritma. Parameter yang digunakan yaitu popsize dan generasi maka akan dilakukan uji dengan 6 kali percobaan pada setiap parameter tersebut. Uji parameter tersebut diimplementasikan dengan permasalahan yang tersebut di atas.

1. Sesuai permasalahan yang telah dijelaskan di atas semua inputan data dibuat sama namun untuk popsize dibuat berbeda. Setelah 6 kali percobaan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Uji Coba Popsiz

Percobaan	1	2	3	4	5	6
Popsiz	2	5	10	20	50	90
Total Rute	97	80	78	78	78	78

Jika direpresentasikan dalam bentuk grafik dari percobaan uji popsize di atas menjadi sebagai berikut :



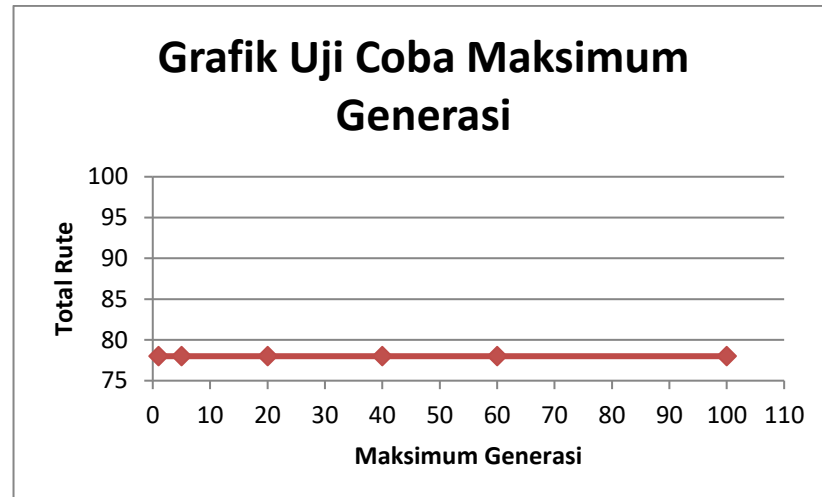
Gambar 5 Grafik Uji Coba Popsiz

2. Sesuai permasalahan yang telah dijelaskan di atas semua inputan data dibuat sama namun untuk maksimum generasi dibuat berbeda. Setelah 6 kali percobaan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Uji Coba Maksimum Generasi

Percobaan	1	2	3	4	5	6
Maks. Generasi	2	5	20	40	60	100
Total Rute	78	78	78	78	78	78

Jika direpresentasikan dalam bentuk grafik dari percobaan uji maksimum generasi di atas menjadi sebagai berikut :



Gambar 6 Grafik Uji Coba Maksimum Generasi

PENUTUP

Kesimpulan

Algoritma *hybrid* genetika diimplementasikan ke dalam program computer. Penggunaan program dimulai dengan menginputkan *popsi* (ukuran populasi), probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, maksimum iterasi, kapasitas kendaraan, banyaknya titik, dan permintaan setiap *customer* pada label yang telah disediakan. Kemudian untuk menginputkan jarak antar *customer* maka harus menginputkan banyaknya titik terlebih dahulu. *Output* yang dihasilkan pada program tersebut adalah hasil rute dengan jarak yang ditempuh serta gambar rutenya.

Program yang dibuat untuk alat bantu hitung dalam permasalahan CVRP dengan algoritma genetika *hibrid* telah diuji coba dengan mengubah masing-masing nilai untuk parameter yaitu *popsi* dan maksimum generasi. Dari uji coba yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa, ukuran populasi (*popsi*) harus lebih besar nilainya dibandingkan jumlah titik (*customer*) untuk mendapatkan total rute yang lebih minimum. Dan untuk parameter maksimum iterasi walaupun jumlahnya diperbesar ataupun diperkecil tidak akan mempengaruhi total rute yang didapatkan. Alat bantu ini juga telah diuji coba dengan 70 dan 100 titik tanpa mengalami masalah (*error*) sehingga program tersebut dapat digunakan untuk menyelesaikan CVRP dengan jumlah titik yang banyak

Saran

Dalam artikel ini, penulis telah membahas CVRP menggunakan algoritma genetika *hybrid*, dimungkinkan bagi pembaca dapat mengembangkan artikel yang telah ditulis yaitu dengan menyelesaikan permasalahan CVRP menggunakan metode lain ataupun algoritma lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldous, Joan M. and Wilson, Robin J. 2004. *Graphs and Applications An Introductory Approach*. Great Britain: Springer.
- Anjar, KSW., & Sarwadi. 2004. Algoritma Genetika untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing. *Jurnal Matematika dan Komputer*, (Online).
- Brajevic, Ivona. 2011. Artificial Bee Colony Algorithm for The Capacitated Vehicle Routing Problem. *Proceedings of the European Computing Conference*.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Michalewics, Zbiniew. 1996. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution (online).
- Mutakhirah, I., Saptono, F., Hasanah, N., Wiryadinata, R. 2007. Pemanfaatan Metode Heuristik dalam Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetika. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007*, (3): 34-39.
- Raden, Prana. 2007. *Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem*. Skripsi. Bandung: Institut Teknologi Bandung. Programs (Online).
- Sarwadi & KSW, Anjar. 2004. Algoritma Genetika untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing. *Jurnal Matematika dan Komputer*, 7(2).
- Yeun, Choong Liong and Zirour, Mourad. 2008. Vehicle Routing Problem: Models and Solution, *Journal Of Quality Measurement and Analysis*, 4(1):205-218, (Online)