



PAPER – OPEN ACCESS

Algoritma Artificial Bee Colony untuk Masalah Multi Depot Vehicle Routing Problem

Author : Andriansyah, dkk
DOI : 10.32734/ee.v2i4.673
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-704X

Volume 2 Issue 4 – 2019 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Algoritma Artificial Bee Colony untuk Multi Depot Vehicle Routing Problem

(Algoritma Artificial Bee Colony untuk Multi Depot Vehicle Routing Problem)

Andriansyah^{a,b}, Hamka Ash Shiddieqy^{b*}, Prima Denny Sentia^b

^aLaboratorium Komputasi & Optimasi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Industri, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

andriansyah@unsyiah.ac.id, hamkaash@gmail.com, primadennysentia@unsyiah.ac.id

Abstrak

Perencanaan logistik untuk tanggap bencana merupakan hal yang sangat penting dilakukan agar menjamin kebutuhan para korban bencana. Penelitian ini mengkaji salah satu permasalahan logistik pasca bencana yaitu *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan fungsi tujuan meminimumkan waktu pengiriman kebutuhan korban. Berdasarkan survey yang telah dilakukan, VRP yang dikaji dalam penelitian ini adalah *Multi Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP). Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) digunakan untuk pemecahan permasalahan. Algoritma ABC merupakan salah satu metode metaheuristik dimana pencarian solusi berdasarkan perilaku lebah. Hasil yang diperoleh menggunakan algoritma ABC adalah 6 kendaraan yang ditugaskan dari 3 gudang dimana setiap gudang menggunakan 2 kendaraan dengan total waktu tempuh 222 menit.

Kata Kunci: Bencana; Logistik; MDVRP; ABC

Abstract

Logistics planning for disaster response is very important to do to ensure the needs of disaster victims. This study examines one of the post-disaster logistical problems namely Vehicle Routing Problem (VRP) with the objective function of minimizing the delivery time of victims' needs. Based on the survey that has been conducted, the VRP studied in this study is the Multi Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP). Artificial Bee Colony (ABC) algorithm is used for solving this problem. This algorithm is one of the metaheuristic methods where the search for solutions is based on the principle of bees. The results obtained using the ABC algorithm are 6 vehicles assigned from 3 warehouse where each warehouse uses 2 vehicles with a total travel time of 222 minutes.

Keywords: Disaster; Logistic; MDVRP; ABC

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim terbesar di dunia, hal ini membuat Indonesia sangat kaya akan hasil laut. Indonesia juga diperkuat dengan letak geografis dan astronomi Indonesia yang sangat strategis yaitu berada diantara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik serta terletak diantara Benua Australia dan Benua Asia. Meskipun demikian Indonesia sangat rentan terhadap bencana alam seperti gempa bumi dan gunung berapi, salah satu daerah Indonesia yang pernah diguncang gempa dengan kekuatan yang besar adalah Aceh yang terjadi pada tahun 2004 sehingga terjadi bencana Tsunami. Tsunami Aceh merupakan bencana alam terburuk dalam sejarah Indonesia karena banyak korban jiwa yang meninggal mencapai lebih dari 100 ribu jiwa [1]. Bencana alam merupakan bencana yang tidak dapat diprediksi kapan, dimana, dan siapa yang menjadi korbannya. Penanggulangan bencana merupakan cara mencegah lebih banyak korban yang meninggal, baik pada saat prabencana, saat bencana terjadi, dan pascabencana. Oleh karena itu waktu menjadi hal yang sangat kritis dalam penanggulangan bencana karena setiap menit banyak nyawa korban

bencana yang dapat diselamatkan. Perencanaan logistik pasca bencana seharusnya sudah dilaksanakan jauh hari sebelum bencana tersebut terjadi, mulai dari barang logistik bencana, gudang logistik bencana, kendaraan logistik bencana, dan lokasi pengungsian. Saat bencana telah berakhir kebutuhan penting yang harus dipenuhi air, makanan, obat, pakaian, dan tempat perlindungan harus segera dikirim ke titik-titik yang menjadi area yang terdampak bencana tersebut sesuai dengan kebutuhan pengungsi [2].

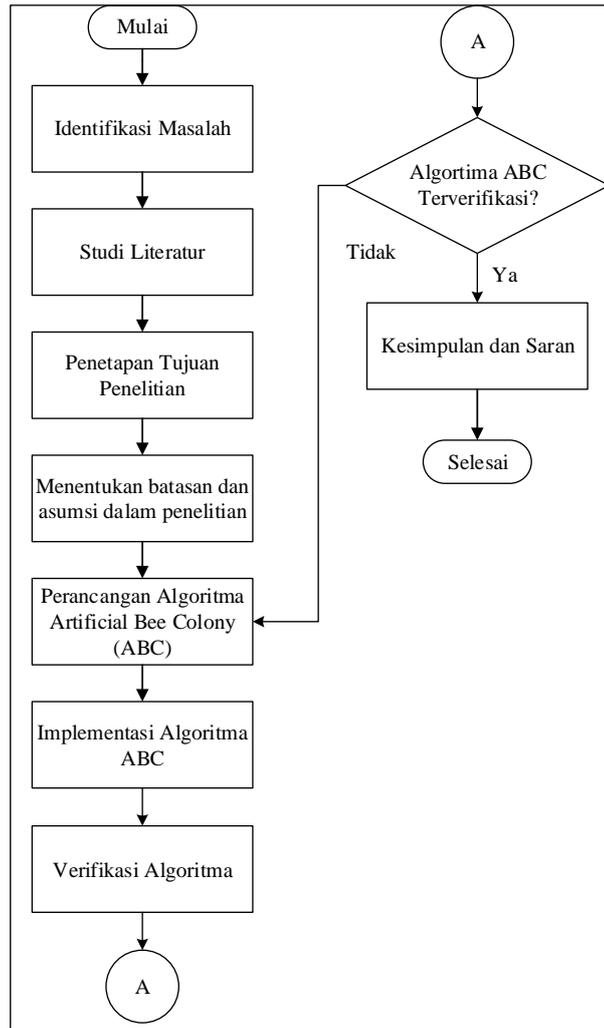
Bencana selalu membuat ketidakpastian pada barang kebutuhan bencana yang sering kali tidak seimbang antara kebutuhan korban bencana dengan sumberdaya yang dimiliki. Proses perencanaan, mengelola, dan mengontrol sumberdaya yang tersedia untuk menanggulangi kebutuhan korban bencana disebut dengan logistik kemanusiaan [2]. Salah satu indikator dari logistik bencana yang menjadi faktor sukses atau tidaknya penanggulangan bencana tersebut adalah dari sistem logistik bencana [3]. Pengelolaan sistem logistik bencana atau yang biasa disebut dengan *Disaster Relief Operation* (DRO) mirip mulai dari konsep, teori, peralatan, dan prinsip dengan *Supply chain Management* (SCM) untuk keperluan bisnis. Perbedaan antara DRO dan SCM, yaitu DRO berfokus untuk pemenuhan barang kebutuhan pengungsi dengan cepat dan tepat dengan tujuan mengurangi korban jiwa. Sedangkan SCM bertujuan untuk persaingan bisnis antar perusahaan dengan tujuan mengurangi harga produk dari biaya transportasi [4]. Pada DRO dibutuhkan ketersediaan barang yang cukup juga tidak efektif apabila pengiriman barang terhambat karena waktu merupakan hal yang sangat krusial dalam penanganan bencana [5].

Menurut [6] pada kejadian bencana sebelumnya yang pernah terjadi transportasi tidak masuk kedalam hal yang perlu dipertimbangkan untuk mengambil suatu keputusan. Beberapa kejadian tersebut membuat penumpukan pada pengangkutan barang kebutuhan bencana sehingga membuat kekacauan dalam sistem logistik bencana yang telah dibuat dengan matang dan menyebabkan keterlambatan bantuan logistik di lokasi bencana. Dalam transportasi logistik umum dikenal dengan istilah *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP klasik diperkenalkan pertama kali oleh Dantzig dan Ramser yang digunakan untuk mengoptimalkan jalur distribusi barang dengan jenis kendaraan yang sama mulai dari gudang menuju beberapa pelanggan [7]. Pada kenyataannya ada banyak jenis VRP yang dapat diklasifikasikan tergantung dengan kendala yang terjadi dan kebijakan perusahaan. Salah satu jenis VRP yang paling mirip dengan keadaan sesungguhnya di beberapa perusahaan adalah jumlah depot atau gudang yang lebih atau sama dengan dua, jenis VRP ini disebut dengan *Multi Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP) [8].

Pemecahan masalah VRP dapat dilakukan dengan metode analitik maupun metaheuristik. Namun pemecahan menggunakan metode analitik sangat tidak efisien karena lebih banyak mengeluarkan biaya dan waktu. Oleh karena itu metode secara metaheuristik sangat cocok digunakan karena hubungan antara kompleksitas yang ada di kasus dan waktu pemecahan masalah dapat digambarkan secara eksponensial [3]. Dalam penelitian ini akan menggunakan sebuah metode metaheuristik yaitu algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC). Algoritma *Artificial Bee Colony* adalah sebuah penyelesaian masalah yang terinspirasi dari kebiasaan cara lebah dalam mencari makan di alam untuk mendapatkan solusi yang optimal [9]. ABC digunakan karena sifatnya lebah yang selalu mencari jalan yang terbaik dalam mencari makanan atau nektar pada bunga [10].

Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan ABC dengan membandingkan solusi terbaik yang telah didapatkan dengan 12 kasus CVRP (*Capacited Vehicle Routing Problem*) dan didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan sebesar 4% lebih optimal dari ABC. Metaheuristik tidak dapat menjamin mendapatkan solusi yang global optimal, akan tetapi pasti solusi yang didapat menggunakan metaheuristik mendekati global optimal [10]-[11]. Pada penelitian lainnya ABC sangat efektif digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang rumit karena solusi yang didapatkan dalam kasus penentuan rute kendaraan lebih optimal dengan hasil jarak kendaraan yang lebih pendek dan error yang sangat kecil dibandingkan dengan metode lainnya [12].

Banda Aceh merupakan daerah yang terdampak bencana gempa dan Tsunami pada tahun 2004. Menurut data BPS Setidaknya 33% warga Banda Aceh menjadi korban gempa dan Tsunami. Pada penelitian ini terdapat 3 gudang logistik bencana dan 12 titik kumpul pengungsi yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah Banda Aceh. Dalam proses distribusi barang logistik bencana diasumsikan kendaraan yang digunakan tidak terbatas dan jenis kendaraan yang digunakan sama. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan rute menuju titik kumpul pengungsi dengan waktu tercepat.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2. Metodologi Penelitian

Identifikasi masalah dilakukan dengan memahami permasalahan yang terdapat pada perencanaan pengiriman logistik bencana di Banda Aceh. Kemudian dilakukan studi literatur berdasarkan masalah yang terdapat pada pengiriman logistik bencana di Banda Aceh yaitu dengan kasus VRP dengan jenis MDVRP dan metode yang digunakan adalah metaheuristik dengan algoritma ABC untuk mendapatkan solusi dari masalah dari studi kasus. Setelah masalah teridentifikasi dan studi literatur didapatkan maka dapat ditetapkan tujuan dari penelitian ini.

Algoritma ABC akan dirancang menggunakan bahasa pemrograman MATLAB R2015a. Setelah algoritma ABC selesai dirancang akan dilakukan verifikasi algoritma ABC untuk melihat apakah ada batasan penelitian yang terlanggar jika ada maka algoritma akan diperbaiki, jika tidak dilanjutkan ke implementasi algoritma. Dalam proses pencarian solusi pada algoritma, akan dijalankan pada komputer dengan spesifikasi : AMD E-350 Processor (2CPUs), ~1.6GHz, 2 GB RAM dan *system type* 32 bit. Analisis dilakukan dengan melihat beberapa kali pencarian solusi dengan menggunakan algoritma ABC sampai hasil dengan solusi terbaik diperoleh.

3. Hasil Dan Pembahasan

Berikut merupakan batasan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Setiap kendaraan harus berangkat dari depot dan tidak semua kendaraan harus digunakan.
2. Kendaraan yang sudah digunakan oleh sebuah depot tidak boleh digunakan oleh depot lainnya.

3. Kendaraan yang sudah selesai mengantarkan barang kepada konsumen harus kembali ke depot yang sama pada saat berangkat.
4. Setiap konsumen akan dilayani tepat satu kali oleh sebuah kendaraan dan oleh satu depot.
5. Tidak ada konsumen yang tidak dilayani.
6. Jumlah permintaan dari seluruh konsumen dalam sebuah rute yang akan dilalui oleh sebuah kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan tersebut.
7. Jika suatu kendaraan mengunjungi suatu konsumen, maka kendaraan tersebut harus meninggalkan konsumen tersebut untuk menuju konsumen lainnya.

Berikut ini merupakan tahapan algoritma ABC yang digunakan dalam menyelesaikan MDVRP.

Langkah 0. Inisiasi parameter yang digunakan dalam algoritma ABC, yaitu *colony size*, iterasi maksimum, *sequence*, dan limit maksimum.

Langkah 1. Fase inisial, untuk tiap lebah, solusi awal didapatkan secara random, kemudian hitung *fitness* atau kapasitas dan waktu solusi awal dari setiap lebah.

Langkah 2. Iterasi = 1.

Langkah 3. Fase *Employed bee*, untuk tiap *employed bee*, perbaharui *employed bee* menggunakan *neighborhood operator*, yaitu *swap operator* dan *swap sequence*. Hitung *fitness* tiap *employed bee* seperti fase initial. Jika solusi dari *employed bee* lebih baik dari solusi sebelumnya maka update solusi lama dengan solusi dari *employed bee*, jika tidak tambahkan nilai limit dengan 1.

Langkah 4. Hitung probabilitas tiap *employed bee*.

Langkah 5. Fase *Onlooker bee*, untuk setiap *onlooker bee*, pilih solusi dari *employed bee* dengan menggunakan teknik *roulette wheel selection*. Tentukan solusi baru *employed bee* dengan menggunakan *neighborhood operator* yaitu *insert operator* dan *insert sequence*. Hitung *fitness* setiap *onlooker bee*.

Langkah 6. Fase *Scout bee*. Hitung jumlah limit tiap lebah. Jika limit > limit maksimum, tinggalkan solusi yang tidak mengalami peningkatan, jika limit < limit maksimum, *scout bee* memilih solusi sebelumnya.

Langkah 7. Simpan solusi terbaik yang dicapai saat ini

Langkah 8. Iterasi = Iterasi + 1

Langkah 9. Jika Iterasi = iterasi maksimum maka algoritma berhenti.

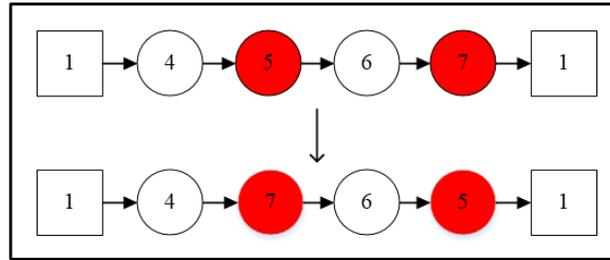
Tabel 1 merupakan parameter yang digunakan dalam algoritma ABC.

Tabel 1. Parameter ABC

Parameter ABC	Nilai
<i>Colony Size</i>	150
Iterasi maksimum	2
<i>Sequence</i>	100
Limit maksimum	350

3.1. Fase Employed Bee

Pada fase *employed bee* pencarian solusi baru dilakukan dengan *swap operator*. *Swap operator* digunakan untuk menentukan 2 indeks dari solusi awal untuk ditukar dimana indeks 1 \neq indeks 2. Ilustrasi *swap operator* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Swap Operator

Sedangkan *swap sequence* merupakan kumpulan dari *swap operator*. jika solusi yang didapatkan dari *swap operator* lebih baik dari solusi awal maka solusi diupdate dan solusi dari *swap operator* digunakan kembali untuk *swap operator* selanjutnya, jika solusi dari *swap operator* lebih buruk dari solusi awal maka nilai *trial* ditambah 1 dan gunakan solusi awal kembali untuk *employed bee* sampai jumlah *sequence* habis.

$$\begin{aligned}
 Bee_i &= Bee_i + SS \\
 &= Bee_i + (SO_1, SO_2, SO_3, \dots, SO_n) \\
 &= (Bee_i + SO_1) + SO_2) + SO_3) \dots + SO_n)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Keterangan :

SS = Swap Sequence

SO_n = Swap Operator ke-n

n = Banyak Swap Sequence

3.2. Hitung Probabilitas Tiap Employed Bee

Setelah *sequence* pada *employed bee* berhenti maka dilakukan perhitungan probabilitas untuk tiap *employed bee* menggunakan persamaan berikut :

$$P_{ij} = \frac{F(\theta_i)}{\sum_{k=1}^s F(\theta_k)} \tag{2}$$

Keterangan :

P_{ij} = Kemungkinan memilih

employed bee ke-i

$F(\theta_i)$ = Fitness Value dari *employed bee* ke-i

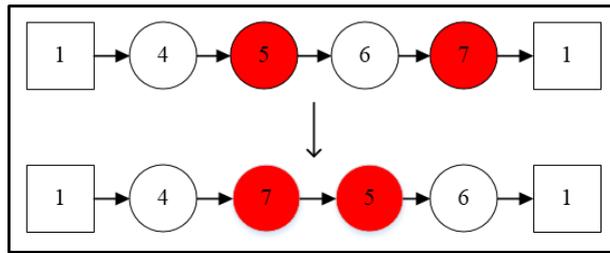
$F(\theta_k)$ = Jumlah Total Fitness value dari seluruh *bee*

S = Jumlah *employed bee*

θ_i = Posisi dari *employed bee*

3.3. Fase Onlooker Bee

Pada fase *onlooker bee* pencarian solusi dilakukan dengan insert operator dengan 2 indeks ditentukan kemudian salah satu indeks tersebut disisipkan keurutan indeks lainnya. Ilustrasi insert operator dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Insert Operator

Sedangkan *insert sequence* merupakan kumpulan dari *insert operator* yang dimana langkah penentuan solusi terbaik sama seperti fase *employed bee*.

$$\begin{aligned}
 Bee_i &= Bee_i + IS \\
 &= Bee_i + (IO_1, IO_2, IO_3, \dots, IO_n) \\
 &= (Bee_i + IO_1) + IO_2 + IO_3 \dots + IO_n
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Keterangan :

IS = Insert Sequence

IO_n = Insert Operator ke-n

n = Banyak Insert Sequence

3.4. Fase Scout Bee

Setelah melewati fase *employed bee* dan *onlooker bee* maka akan dihitung kualitas dari masing masing *bee*. Perhitungan kualitas yang akan dilihat adalah apabila jumlah nilai *limit* melebihi *maxlimit* maka solusi dari *bee* tersebut akan dihapus dan diganti dengan solusi baru dengan random dan mengubah nilai *trial* menjadi 0.

Tabel 2. Solusi Beberapa Kali Percobaan

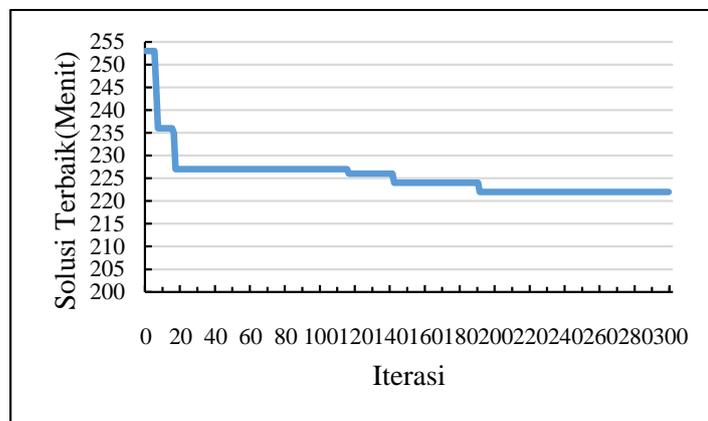
Percobaan Ke - i	Gudang digunakan	Kendaraan digunakan	Waktu Total Perjalanan (menit)	Waktu Komputasi (detik)
1	3	6	225	41,33
2	3	6	222	43,71
3	3	6	224	41,63
4	3	6	227	41,62
5	3	6	222	44,76
6	3	6	224	41,88
7	3	6	224	41,35
8	3	6	225	44,03
9	3	6	224	44,80
10	3	6	227	44,22

Tabel 3. Solusi Rute Terbentuk

Gudang digunakan	Kendaraan digunakan	Rute	Kapasitas (Kg)	Waktu Perjalanan (Menit)
Percobaan Ke-2				
G1	1	1 - 12 - 11 - 1	6271	13
	2	1 - 14 - 13 - 1	7688	28
G2	1	2 - 10 - 2	5782	36
	2	2 - 4 - 2	6331	52
G3	1	3 - 9 - 8 - 7 - 6 - 15 - 3	6450	67
	2	3 - 5 - 3	7619	26
Total			40141	222
Percobaan Ke-5				
G1	1	1 - 14 - 13 - 1	7688	28
	2	1 - 12 - 11 - 1	6271	13
G2	1	2 - 10 - 2	5782	36
	2	2 - 4 - 2	6331	52
G3	1	3 - 15 - 6 - 7 - 8 - 9 - 3	6450	67
	2	3 - 5 - 3	7619	26
Total			40141	222

3.5. Hasil Algoritma Artificial Bee Colony

Deskripsi dalam kasus pengiriman barang logistik di Banda Aceh adalah terdapat 3 gudang yang tersebar di daerah Banda Aceh dan sekitarnya yang akan melayani 12 titik kumpul pengungsi. Proses distribusi dilakukan dengan truk yang diasumsikan jumlahnya tidak terbatas dan kapasitas untuk setiap kendaraan adalah sama. Pencarian solusi dalam penelitian ini berbeda setiap kali percobaan implementasi algoritma, oleh sebab itu perlu dilakukan beberapa kali percobaan untuk melihat solusi yang didapat apakah sudah optimal. Dari tabel 2 dapat dilihat dalam 10 kali percobaan waktu total perjalanan kendaraan terdapat 2 percobaan dengan hasil terendah yang nilainya sama yaitu pada percobaan ke-2 dan percobaan ke-5, yang membedakan dari kedua percobaan tersebut hanya urutan rute yang harus dilayani.



Gambar 4. Konvergensi Algoritma ABC

Tabel 4. Verifikasi Algoritma

Percobaan	Gudang	Kendaraan	Rute	Kapasitas (Kg)	Batasan						
					(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2	G1	1	1 - 12 - 11 - 1	6271	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
		2	1 - 14 - 13 - 1	7688	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
	G2	1	2 - 10 - 2	5782	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
		2	2 - 4 - 2	6331	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
	G3	1	3 - 9 - 8 - 7 - 6 - 15 - 3	6450	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
		2	3 - 5 - 3	7619	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
5	G1	1	1 - 14 - 13 - 1	7688	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
		2	1 - 12 - 11 - 1	6271	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
	G2	1	2 - 10 - 2	5782	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
		2	2 - 4 - 2	6331	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
	G3	1	3 - 15 - 6 - 7 - 8 - 9 - 3	6450	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
		2	3 - 5 - 3	7619	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM

Keterangan :

TM : Tidak Melanggar

M : Melanggar

Berdasarkan solusi terbaik yang didapat dalam penelitian ini pada gambar 4 dapat dilihat bahwa pencarian solusi terbaik terdapat pada iterasi *bee* ke 190 didapatkan solusi terbaik dengan total waktu perjalanan 222 menit.

3.6. Verifikasi Batasan Penelitian

Verifikasi Batasan penelitian dilakukan dengan melihat batasan dengan hasil algoritma ABC. Tujuan dilakukan verifikasi batasan penelitian ini adalah untuk melihat kelogisan dari solusi yang didapatkan jika diimplementasikan ke kasus. Diharapkan pada verifikasi ini tidak ada solusi yang melanggar batasan, jika ada maka algoritma ABC harus dirancang ulang sampai tidak ada batasan yang terlanggar. Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa solusi yang diperoleh dari algoritma ABC tidak ada yang melanggar Batasan.

4. Kesimpulan

Dalam menyelesaikan masalah VRP dengan kasus MDVRP menggunakan algoritma ABC solusi waktu terbaik yang didapatkan adalah 222 menit, dimana proses distribusi dilakukan dengan menggunakan 3 gudang dengan menggunakan 6 kendaraan dimana masing-masing gudang menggunakan 2 kendaraan. Dalam mendapatkan solusi terbaik terdapat dua percobaan yang hasilnya sama yaitu pada percobaan ke 2 dan percobaan ke 5, yang membedakan hasil percobaan ini hanya urutan dari rute kendaraan ini, hal ini karena data waktu pengiriman bersifat *eucliden* yang artinya adalah jarak dari A ke B sama dengan jarak dari B ke A sehingga hasil yang didapatkan akan sama.

Referensi

- [1] B. Sugestiyadi, "Rumah dan Sekolah Terbuka Korban Tsunami Aceh dan Sumatra Utara," *Fak. Tek. Univ. Negeri Yogyakarta*, pp. 4–11, 2005.
- [2] J. Qin, Y. Ye, and B. R. Cheng, "The emergency vehicle routing problem with uncertain demand under sustainability environments," *Sustain.*, vol. 9, no. 2, 2017.
- [3] Andriansyah and P. D. Sentia, "Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Logistik Pasca Bencana (Studi Kasus)," *J. Manaj. Ind. dan Logistik*, vol. 2, no. 1, pp. 75–83, 2018.
- [4] I. N. Pujawan, N. Kurniati, and N. A. Wessiani, "Supply chain management for Disaster Relief Operations: principles and case studies," *Int. J. Logist. Syst. Manag.*, vol. 5, no. 6, p. 679, 2009.
- [5] W. Yi and A. Kumar, "Ant colony optimization for disaster relief operations," *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 43, no. 6, pp. 660–672, 2007.
- [6] A. S. Thomas and L. R. Kopczak, "From logistics to supply chain management: the path forward in the humanitarian sector," *Fritz Inst.*, pp. 1–15, 2005.
- [7] Ç. Koç, O. Jabali, and G. Laporte, "Thirty years of heterogeneous vehicle routing," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 1, pp. 1–21, 2016.
- [8] T. Demirel and S. Yilmaz, "A New Solution Approach To Multi-Depot Vehicle Routing Problem With Ant Colony Optimization," *J. Multi-Valuted Log. soft Comput.*, vol. 18, no. March 2016, pp. 421–439, 2012.
- [9] D. T. Pham, A. Ghanbarzadeh, and E. Koc, "Bee Algorithm A Novel Approach to Function Optimisation," *Manuf. Eng. Cent.*, no. September, 2005.
- [10] M. Nikolic, D. Teodorovic, and M. Selmic, "Solving the vehicle routing problem with time windows by Bee Colony Optimization metaheuristic," *Proc. 1st Logist. Int. Conf.*, no. November, pp. 44–48, 2013.
- [11] I. Brajevic, "Artificial bee colony algorithm for the capacitated vehicle routing problem," *Proc. Eur. Comput. Conf.*, pp. 239–244, 2011.
- [12] A. S. Bhagade and P. V Puranik, "Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Vehicle Routing Optimization Problem," *Int. J. Soft Comput. Eng.*, no. 2, pp. 329–333, 2012.