
PENCARIAN RUTE TERPENDEK DALAM PENGANTARAN SURAT MENGUNAKAN ALGORITMA *ARTIFICIAL BEE COLONY* STUDI KASUS KANTOR KELURAHAN KOLHUA

Elsy A. Suat¹, Paskalis Andrianus Nani^{*2}
Program Studi Ilmu Komputer Universitas Katolik Widya Mandira

Artikel Info	ABSTRAK
<p>Genesis Artikel : Diterima, 20 Mei 2023 Direvisi, 21 Mei 2023 Diterbitkan, 05 Juni 2023</p> <hr/> <p>Kata Kunci : Kelurahan Kolhua, Pencarian Jalur Terpendek, <i>Artificial Bee Colony</i>.</p> <hr/> <p>Keywords : <i>Kolhua village office,</i> <i>Shortest route searching,</i> <i>Artificial Bee Colony.</i></p>	<p>Masalah yang sering dihadapi pengantar surat (<i>messenger</i>) di Kelurahan Kolhua ialah kurangnya informasi mengenai lokasi RT/RW, sehingga petugas kesulitan dalam menentukan rute terpendek dan rute alternatif dalam melakukan pengantaran surat. Hal ini tentu saja akan menghabiskan waktu dalam mencari lokasi tujuan sehingga pengantaran surat tidak berjalan di hari yang sama dan sering terjadi keterlambatan dalam penerimaan surat. Dalam penelitian ini, metode <i>Traveling salesman Problem</i> yang digunakan adalah Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i>. Sedangkan, <i>tool</i> yang digunakan adalah <i>visual studio code</i> dengan Bahasa pemrograman <i>Python</i> serta <i>mongodb</i> sebagai <i>database</i> dan tampilan peta menggunakan <i>Google earth</i>. Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i> merupakan algoritma pencarian rute terpendek yang menemukan rute berdasarkan <i>edge</i> terkecil dari lokasi <i>user</i> menuju alamat RT/RW. Sumber data jalan diambil dari layanan <i>Google Earth</i> dan <i>Google Maps</i>. Pada percobaan yang telah dilakukan dengan algoritma ABC membuktikan bahwa data jarak dari RW 004 ke RT 034 lebih mendekati hasil prediksi. Pada proses perhitungan menghasilkan nilai yang berbeda, dalam perhitungan manual 588.9 m dan jumlah iterasi 10 sedangkan perhitungan dengan menggunakan sistem didapat dengan jarak optimum sebesar 588.6 m dan jumlah iterasi 500. Dengan demikian, sangatlah membantu petugas untuk menentukan rute/jarak terdekat dan tepat agar biaya yang dikeluarkan dapat di minimalisir tentu menjadi hal utama yang harus dilakukan agar bisa mempercepat pengantaran surat.</p> <hr/> <p>ABSTRACT</p> <p><i>The problem that faced by the mailman at Kolhua Villsges is the lackness about the neighborhood association/citizens (RT/RW), location it makes the offices have some difficulties in finding the shortest route or the alternative route in the delivery the mails. It speeds a lot of time in searching the locations and it caused mail delivery delays. In this research, traveling salesman problem method which is used is Artificial Bee Colony algorithm. The tool is visual studio code, python as the programming language, mongod as the database and google earth as the map view. Artificial bee colony algorithm is the shortest route searching which based of the smallest route from the user location to the location of RT/RW. The route data is obtained from the google earth and google maps. The experiment that have been done with the ABC Algorithm it proved that the distance data from RW 004 to RT 034 is closer to the predicted result in the calculations process produces different values by doing a manual calculations 588,9 meters and the numbers of iterations is 10 while calculations using the system can be obtained with on optimum distance is 588,6 meters and the numbers of iterations is 500. Thus, it is very helpful for the office to determine the closest route so that the cost incurred can be minimized to accelerate the delivery of mail.</i></p>

Penulis Korespondensi :

Paskalis Andrianus Nani
Program Studi Ilmu Komputer Faklutas Teknik
Universitas Katolik Widya Mandira
Email : paskalisnani@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kantor Kelurahan Kolhua merupakan lembaga yang memiliki peranan sangat penting dalam pemerintahan dan penyelenggaraan administrasi penduduk. Luas wilayah Kelurahan Kolhua 10,75 km² dan memiliki jumlah penduduk yang digolongkan menurut umur pada tahun 2016 adalah sebanyak 7.799 jiwa [1]. Kelurahan Kolhua terbagi dalam 13 Rukun Warga (RW) dan 39 Rukun Tetangga (RT) dengan total jumlah aparat RT dan RW Kelurahan Kolhua sebanyak 156 orang.

Masalah yang sering dihadapi pengantar surat (*messenger*) ialah kurangnya informasi mengenai lokasi RT/RW, sehingga petugas kesulitan dalam menentukan rute terpendek dan rute alternatif dalam melakukan pengantaran surat. Hal ini tentu saja akan menghabiskan waktu dalam mencari lokasi tujuan sehingga semua pengantaran surat tidak berjalan di hari yang sama dan sering terjadi keterlambatan dalam penerimaan surat.

Banyak metode yang bisa digunakan untuk penentuan jarak terpendek, salah satunya adalah Algoritma Dijkstra [2] dan held-karp [3]. Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan tersebut, maka dibutuhkan metode yang mampu menghitung rute yang paling optimal dalam melakukan pencarian rute. Dalam penelitian ini akan digunakan metode *Artificial Bee Colony* (ABC) untuk mencari solusi atas masalah di Kantor Kelurahan Kolhua tersebut.

Algoritma ini dipilih karena merupakan algoritma yang efisien dan cepat untuk menentukan rute terpendek. Hal ini terinspirasi dari perilaku kelompok lebah yang secara kolektif mencari sumber makanan. Setelah lebah menemukan sumber makanan, ia kembali ke sarang dan melakukan *waggle dance* (tarian lebah). Seluruh koloni berkomunikasi satu sama lain tentang sumber makanan yang ditemukannya, sehingga lebah lain mengetahui lokasi sumber makanan terdekat dari sarangnya [4].

Algoritma *Artificial Bee Colony* akan digunakan dalam penelitian ini untuk melakukan pencarian Rute terpendek dalam proses pengantaran surat di Kantor Kelurahan Kolhua. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif bagi Kantor Kelurahan Kolhua dalam mengoptimalkan sistem yang mampu menghasilkan rute terpendek yang paling optimal untuk menuju ke alamat RT/RW di wilayah Kolhua.

2. State Of The Art

Banyak penelitian sebelumnya yang telah melakukan kajian atau mengimplementasikan metode *Artificial Bee Colony*. Seperti yang dilakukan oleh Rahmananda, dkk [5] dengan mengembangkan aplikasi menggunakan *Artificial Bee Colony* untuk mencari lokasi fasilitas pelayanan umum terdekat. Pada penelitian tersebut, pengujian dilakukan dengan mengukur jarak dan waktu komputasi dari beberapa parameter yang dikombinasikan. Hasilnya, jumlah lebah yang dipekerjakan dan iterasi yang ditetapkan memiliki relevansi linier dengan algoritma *Artificial Bee Colony*, sedangkan parameter limit maksimum tidak begitu mempengaruhi. Selain penelitian tersebut, ada pula penelitian yang dilakukan oleh Nurdiana [6] yang mengimplementasikan algoritma lebah untuk pencarian jalur terpendek dengan mempertimbangkan heuristik. Pencarian jalur terpendek dengan mempertimbangkan heuristik merupakan rute jalur optimum yang bisa dilalui dari kota awal ke kota tujuan beserta panjang jalur yang dapat ditempuh. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hermawan, dkk [7] adalah dengan membangun Sistem Optimasi Rute Tempat Wisata Kuliner Di Malang. Penggunaan Algoritma *Bee Colony* telah mengalami konvergensi dalam pencarian solusi terbaiknya yang dapat dilihat dari fitness yang dihasilkan. Hasibuan [8] juga melakukan Penerapan *Bee Colony Optimization Algorithm* untuk Penentuan Rute Terpendek untuk Objek Wisata Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut adalah bahwa optimisasi terhadap *algoritma bee colony* dapat digunakan untuk mencari rute terpendek. Jumlah lebah yang digunakan sangat berpengaruh pada proses untuk menemukan rute-rute yang bisa dilalui. Semakin banyak jumlah lebah yang digunakan, maka semakin besar pula peluang ditemukannya rute terpendek. Ada pula penelitian yang dilakukan oleh Nugroho, dkk [9] yang membuat Implementasi Algoritma *Bee Colony Optimization* pada *Prototype Intelligent Logistics system* dan menggabungkan *Artificial Bee Colony K-Means*, dimulai dengan memilih sumber makanan awal secara acak dan menggunakan K-Means untuk menyelesaikan semua permasalahan klustering pada setiap langkah *Artificial Bee Colony* serta menyimpan sumber makanan terbaik di setiap iterasinya. Sumber makanan terbaik

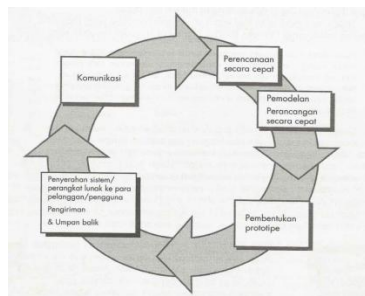
akan dipilih berdasarkan probabilitas kecocokannya masing-masing.

Rahmalia dan Herlambang [10] membuat Optimisasi masalah transportasi distribusi semen menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*. Lebah yang digunakan berupa matriks yang memiliki elemen berupa variabel keputusan jumlah unit semen yang harus didistribusikan. Penelitian ini menghasilkan pendekatan solusi optimum yang meminimumkan biaya distribusi dengan memenuhi kendala jumlah persediaan dan jumlah permintaan unit semen.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan penulis didasarkan pada metode pengembangan perangkat lunak prototipe yang memiliki lima tahap [11].

Alasan penulis mengambil metode pengembangan sistem prototipe digunakan karena dalam penelitian ini dapat dengan mudah beradaptasi dengan sistem yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pemakai. Selain itu pada saat tahap evaluasi sistem, jika terdapat revisi pada sistem yang dirancang, programmer tidak harus mengulang tahapan dari awal.



Gambar 1. Metode Pengembangan sistem Prototipe (Sumber : Pressman S, 2012)

2.1 PERANCANGAN SISTEM

Secara umum alur proses sistem pencarian jalur terpendek dengan Algoritma ABC dapat dilihat pada Bagan Alir (*flowchart*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Secara garis besar dari gambar *Flowchart* Pencarian Jalur terpendek menuju alamat rumah ketua RT/RW menggunakan Algoritma ABC ini dapat dituliskan keterangan sebagai berikut.

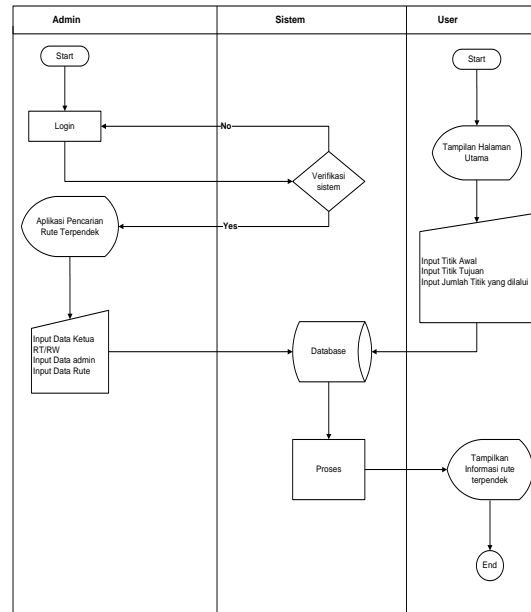
a. Admin

Mulai dengan login kemudian tugasnya adalah meng-input data ketua RT/RW (Alamat rumah, Jabatan, dan titik koordinat).

b. User

Tentukan node asal/awal dan node tujuan sebagai masukan kemudian sistem melakukan proses pencarian jalur terpendek menggunakan Algoritma ABC *input*-an dari langkah sebelumnya. Poses berhasil yaitu tampilan informasi jalur terpendek, jika tidak berhasil akan

kembali lagi pada langkah awal proses pencarian jalur terpendek.



Gambar 2. Bagan Alir Sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi yang dirancang merupakan aplikasi pencarian rute terpendek dalam pengantaran surat Yang bertujuan memberikan informasi rute terpendek.

Berikut ini merupakan tahapan proses pencarian jalur terpendek menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* (Arifin & Laksito, 2019).

a. Menentukan alamat RT/RW

Proses pertama dalam pencarian jalur terpendek pada aplikasi ini adalah dengan menentukan lokasi alamat mana saja yang akan dilalui. Jalur akan muncul di dalam aplikasi dalam bentuk berwarna biru dan merah untuk menunjukkan alamat RT/RW tersebut.

b. Mulai proses pencarian

lebah aktif (*employed bee*) dan lebah pencari (*scout bee*) bekerja bersama-sama untuk mencari solusi jalur terbaik sementara(temporary). Proses penentuan nilai terbaik untuk masalah ini adalah nilai jarak antar lokasi, nilai jarak dapat dihitung melalui rumus pencarian jarak dengan menggunakan nilai *latitude* dan *longitude* pada google *maps* dengan rumus:

$$d_{ij} = 69 \sqrt{(lon_i - lon_j)^2 + (lat_i - lat_j)^2} \times 1,60934 \quad (1)$$

Dimana:

- d_{ij} = jarak antara 2 titik koordinat i dan j (dalam km)
- lon_i = titik *longitude* i

- lon_j = titik *longitude* j
- lat_i = titik *latitude* i
- lat_j = titik *latitude* j

c. Waggle dance

Tahapan selanjutnya adalah kembali ke sarang untuk memberi informasi kepada lebah nonaktif dengan tarian *waggle*, jika lebah nonaktif tertarik dengan informasi dari lebah penari maka selanjutnya adalah proses pergantian kerja pada proses iterasi, lebah pekerja dan lebah pencari berubah menjadi lebah nonaktif, sedangkan lebah nonaktif berubah menjadi lebah aktif.

d. Tahap Iterasi

Pada tahap iterasi, dilakukan proses pencarian jalur seperti informasi yang disampaikan oleh lebah penari, jika ditemukan jalur terbaik baru maka jalur tersebut akan menjadi prioritas atau menjadi informasi jalur baru, proses ini akan terus berlanjut hingga ditemukan nilai jalur terbaik yaitu jarak terdekat paling optimal.

Selanjutnya Proses pencarian dilakukan dengan memilih alamat yang akan dikunjungi melalui aplikasi web kemudian dilakukan perhitungan jarak dari tiap-tiap alamat. Berikut Tabel 1 berikut ini contoh untuk pencarian dari RT 004 ke RT 034 dan melewati tiga alamat yaitu: RT 003, RW 005, dan RW 012.

Tabel 1. Titik koordinat alamat RT/RW

No	NAMA	Jabatan	Latitude	Longitude
1	Cripinus P. T. SPd., MPd	Ketua RW 004	- 10.1966 92	123.62373 9
2	Frederikus Sengge	Ketua RT 003	- 10.1974 19	123.62483 6
3	Fernando M. B. Asi, SE	Ketua RT 005	- 10.1982 53	123.62512 8
4	Aris Yudi Pau	Ketua RW 012	- 10.1987 83	123.62868 1
5	Ponsianus M P. Ama, ST	Ketua RT 034	- 10.1982 03	123.62354 2

Tahap berikutnya dihitung jarak untuk tiap-tiap alamat. Perhitungan jarak dari RW 004-RT 034 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Jarak masing-masing alamat RT/RW

Rute	Jarak
------	-------

	RW 004	RT 003	RT 005	RT 012	RW 034
RW 004	0	235.2	316.3	101.3	299.9
RT 003	235.2	0	114.9	133.9	353.7
RW 005	316.3	114.9	0	212.7	238.8
RT 012	101.3	133.9	212.7	0	198.6
RW 034	299.9	353.7	238.8	198.6	0

Dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* menggunakan parameter berikut ini diperoleh hasil perhitungan seperti pada Tabel 2. Parameter yang digunakan: Total lebah= 10, Total lebah aktif= 7, Total lebah nonaktif= 1, Total lebah pencari= 2, Jumlah maksimal perjalanan= 10, Jumlah iterasi= 10.

Tahapan pertama, menghasilkan inisial solusi dari sumber makanan secara acak. Untuk memperbarui solusi yang mungkin, setiap *employed bee* memilih calon posisi sumber makanan baru, yang mana posisi tersebut berbeda dengan sebelumnya. Posisi baru sumber makanan dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$X_{ij} = \theta_{ij} + \emptyset(\theta_{ij} - \theta_{kj}) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- x_i : calon solusi dari θ_i .
- θ_i : posisi *employed bee* ke- i
- θ_k : Tetangga (*Neighbor*) *employed bee* dari θ_i .
- \emptyset : Bilangan acak antara [-1,1]
- $i \in \{1,2,3,\dots,n\}$
- $k \in \{1,2,3,\dots,n\}$
- Dimana nilai dari $i \neq k$
- n : jumlah *employed bee* * +
- D : Dimensi penyelesaian.

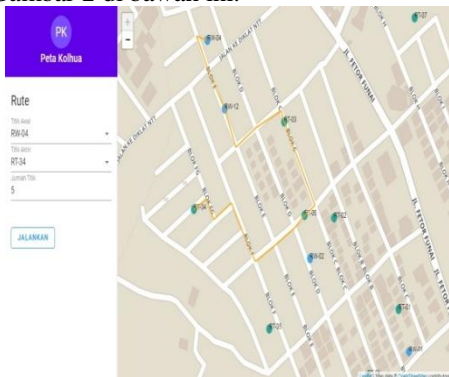
Rute 1 RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 101.3 + (1*(101.3-101.3)) \\
 &= 101.3 + 0 \\
 &= 101.3 \text{ m} \\
 X_2 &= 101.3 + (1*(101.3-235.2)) \\
 &= 101.3 + 133.9 \\
 &= 235.2 \text{ m} \\
 X_3 &= 235.2 + (1*(235.2-350.1)) \\
 &= 235.2 + 114.9 \\
 &= 350.1 \text{ m} \\
 X_4 &= 350.1 + (1*(350.1-588.9)) \\
 &= 350.1 + 238.8 \\
 &= 588.9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Proses pencarian nilai *Employed Bee*

Proses	Jalur	Nilai <i>Employed Bee</i>
Lebah 1	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m
Lebah 2	RW 004-RT 003-RT 005-RT 034-RW 012	787.5 m
Lebah 3	RW 004-RT 003-RT 005-RT 034-RW 012	787.5 m
Lebah 4	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m
Lebah 5	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m
Lebah 6	RW 004-RT 005-RW 012-RT 003-RT 034	1016.6 m
Lebah 7	RW 004-RT 005-RW 012-RT 003-RT 034	1016.6 m
Lebah 8	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m
Lebah 9	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m
Lebah 10	RW 004-RT 005-RW 012-RT 003-RT 034	1016.6 m

Implementasi pemilihan alamat yang akan dituju dalam aplikasi web disajikan dengan tampilan seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Tampilan pemilihan rute yang dituju

Proses pencarian yang telah diimplementasikan pada aplikasi web, hasilnya adalah peta dengan jalur dituju dimulai dari RW 04 menuju alamat-alamat tujuan. Untuk titik dalam peta Google, RW 004 dibedakan dengan warna Biru sedangkan alamat tujuan menggunakan warna hijau.

Posisi acak yang baru dipilih oleh *scout bee* akan dihitung melalui persamaan di bawah ini:

$$x_i^j = x_{min}^j + rand[0,1](x_{max}^j - x_{min}^j) \quad (3)$$

Keterangan:

- x_{ij} =inisialisasi kemungkinan solusi ke-i dengan parameter j

- $rand$ =bilangan acak antara [0,1]
- x_{jmax} =nilai kemungkinan solusi terkbear berdasarkan parameter j
- x_{jmin} = nilai kemungkinan solusi terkecil berdasarkan parameter j
- $i = 1, \dots, SN$, SN adalah jumlah kemungkinan solusi (sumber makanan)
- $j = 1, \dots, D$, D adalah jumlah parameter yang digunakan

Rute 1 RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034

diketahui : $x_{jmax} = 238.8m$
 $x_{jmin} = 101.3$
 $= 101.3 + (rand(238.8 - 101.3))$
 $= 101.3 + 137.5$
 $= 238.8 m$

Tabel 4. proses pencarian *scout bee*

Proses	Jalur	<i>Employed bee</i>	<i>Scout bee</i>
Lebah 1	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m	238.8 m
Lebah 2	RW 004-RT 003-RT 005-RT 034-RW 012	787.5 m	268.8 m
Lebah 3	RW 004-RT 003-RT 005-RT 034-RW 012	787.5 m	268.8 m
Lebah 4	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m	238.8 m
Lebah 5	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m	238.8 m
Lebah 6	RW 004-RT 005-RW 012-RT 003-RT 034	1.016.6 m	353,7 m
Lebah 7	RW 004-RT 005-RW 012-RT 003-RT 034	1.016.6 m	353,7 m
Lebah 8	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m	238.8 m
Lebah 9	RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034	588.9 m	238.8 m
Lebah 10	RW 004-RT 005-RW 012-RT 003-RT 034	1.016.6	353,7 m

Jarak *euclidean* dihitung berdasarkan akar kuadrat rumusnya adalah sebagai berikut :

Rute 1 RW 004-RW 012-RT 003-RT 005-RT 034

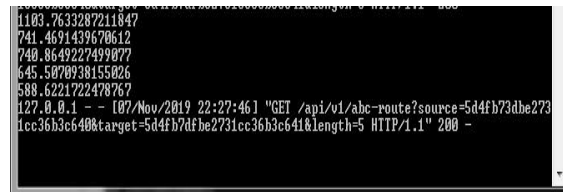
$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(588.9 - 101.3)^2 + (588.9 - 133.9)^2 + (588.9 - 114.9)^2 + (588.9 - 238.8)^2} \\
 &= \sqrt{792024.77} \\
 &= 889.9577349514976
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Tabel algoritma *Euliden*.

Proses	Jalur	Employed bee	Scout bee	Euclidean
Lebah 1	RW 004- RW 012- RT 003- RT 005- RT 034	588.9 M	238.8 m	889.95773 49514976
Lebah 2	RW 004- RT 003- RT 005- RT 034- RW 012	787.5 M	268.8 m	2153.4913 39662178
Lebah 3	RW 004- RT 003- RT 005- RT 034- RW 012	787.5 M	268.8 m	2153.4913 39662178
Lebah 4	RW 004- RW 012- RT 003- RT 005- RT 034	588.9 M	238.8 m	889.95773 49514976
Lebah 5	RW 004- RW 012- RT 003- RT 005- RT 034	588.9 M	238.8 m	889.95773 49514976
Lebah 6	RW 004- RT 005- RW 012- RT 003- RT 034	1016.6 M	353,7 m	2875.4566 15913375
Lebah 7	RW 004- RT 005- RW 012- RT 003- RT 034	1016.6 M	353,7 m	2875.4566 15913375
Lebah 8	RW 004- RW 012- RT 003- RT 005- RT 034	588.9 M	238.8 m	889.95773 49514976
Lebah 9	RW 004- RW 012- RT 003-	588.9 M	238.8 m	889.95773 49514976

	RT 005-			
	RT 034			
Lebah	RW 004-	1016.6	353,7	2875.4566
10	RT 005-	M	m	15913375
	RW 012-			
	RT 003-			
	RT 034			

Output dari aplikasi web ini selain menampilkan jalur dalam peta juga ditampilkan proses perhitungan sesuai dengan algoritma *Artificial Bee Colony* dan jalur terbaik ditampilkan dalam *text* yang berurutan dari RW 004 melewati beberapa alamat dan menuju ke RT 034. Hasil tersebut ditampilkan seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 3. Output

5. SIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan analisis dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan terhadap pencarian rute terpendek dalam pengantaran surat di Kantor Kelurahan Kolhua, sebagai berikut :

- Aplikasi pencarian rute terpendek dalam pengantaran surat mampu menghasilkan rute terpendek dari lokasi awal ke semua lokasi yang dituju yang terdapat pada peta, dan memberikan *output* jarak yang optimum berupa hasil perhitungan berdasarkan dengan *input*-an jumlah jarak yang ditempuh.
- Aplikasi ini nantinya dapat membantu pegawai dalam pencarian rute dan juga memberikan informasi.

Adapun beberapa saran yang bisa dijadikan bahan pertimbangan apabila ada peneliti yang ingin melanjutkan dan mengembangkan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- Pengembangan aplikasi pencarian rute terpendek ini dapat dilanjutkan dengan penambahan waktu serta memperluas lingkup pemberitahuan informasi tentang kegiatan Kelurahan Kolhua kepada masyarakat.
- Sistem ini dapat dikembangkan dari sistem sebelumnya yaitu dari website ke sistem berbasis android.

DAFTAR PUSTAKA

-
- [1] BPS Kota Kupang. (2017). *Kecamatan Maulafa Dalam Angka 2017*. (B. Kota Kupang, Ed.). Kota Kupang.
- [2] Juniawan, F. P., & Sylfania, D. Y. (2020). Penentuan Rute Terpendek Tujuan Wisata Di Kota Toboali Menggunakan Algoritme Dijkstra Berbasis Web. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(1), 211–218. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202071954>
- [3] Rahayuda, I. G. S., Santiari, N. P. L., & Arso, N. Y. (2018). Penerapan Bidirectional Search Dan Held-Karp Pada Penentuan Rute Pengiriman Produk. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(5), 549–558. <https://doi.org/10.25126/jtiik20185881>
- [4] Arifin, M. D., & Laksito, A. D. (2019). Implementasi Algoritma Bee Colony Untuk Optimasi Rute Distribusi Carica nida food Wonosobo. *Jurnal Sistem Informasi*, 8, 243–253.
- [5] Rahmandha, E., Efendi, R., & Puspitaningrum, D. (2016). Aplikasi Pencarian Lokasi Fasilitas Pelayanan Umum Terdekat Menggunakan Metode Artificial Bee Colony Di Kota Bengkulu Berbasis Webview Android. *Jurnal Teknologi Informasi*, 12, 141–154.
- [6] Nurdiana, D. (2015). Implementasi algoritma lebah untuk pencarian jalur terpendek dengan mempertimbangkan heuristik. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 4, 11.
- [7] Hermawan, M. A., Hidayat, N., & Setiawan, B. D. (2017). Sistem Optimasi Rute Tempat Wisata Kuliner Di Malang Menggunakan Algoritma Bee Colony. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(3), 215–223.
- [8] Hasibuan, Medrio Dwi Aksara C, L. (2015). Pencarian Rute Terbaik Pada Travelling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru Lusiana. *Sains Dan Teknologi Informasi*, 1, 12.
- [9] Nugroho, A. B., Purwitasari, D., & Faticah, C. (2016). Implementasi Artificial Bee Colony untuk Pemilihan Titik Pusat pada Algoritma K-Means. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- [10] Rahmalia, D., & Herlambang, T. (2017). Optimisasi masalah transportasi distribusi semen menggunakan algoritma Artificial Bee Colony. *Multitek Indonesia Jurnal Ilmiah*, 11(2), 105–113.
- [11] Pressman S, R. (2012). *Rekaya Perangkat Lunak*. In *satu* (7th ed.). Yogyakarta: Andi, Ed.I.