

IMPLEMENTASI METODE ARTIFICIAL BEE COLONY UNTUK PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI JAMUR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

¹I Made Ari Santosa, ²I Putu Ramayasa

¹Program Studi Sistem Komputer, ²Program Studi Sistem Informasi

^{1,2}Fakultas Informatika dan Komputer, Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali

Jalan Raya Puputan No. 86 Renon, Denpasar - Bali

Email: ¹arisantosa@stikom-bali.ac.id, ²ramayasa@stikom-bali.ac.id

ABSTRAK

Proses distribusi hasil budidaya jamur ke berbagai lokasi pemasaran sering menimbulkan permasalahan dari segi waktu dan juga biaya. Meningkatnya permintaan jamur oleh konsumen yang memiliki lokasi yang berbeda-beda berdampak pada lamanya waktu yang dibutuhkan dalam melakukan proses pengiriman. Untuk itu perlu dirancang suatu sistem penentuan rute distribusi yang efektif dan efisien agar dapat mengurangi biaya distribusi dan juga mempercepat waktu distribusi. Sejalan dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, telah ditemukan banyak metode atau prosedur pemecahan masalah yang dapat dipakai untuk membantu menangani kasus - kasus terkait penentuan rute distribusi. Pada penelitian ini kami membangun sebuah prototipe sistem informasi geografis dengan mengimplementasikan metode Artificial Bee Colony untuk menentukan rute distribusi jamur yang efektif dan efisien. Hasil pengujian dengan metode black box menunjukkan bahwa prototipe sistem yang telah dibangun dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: *distribusi, efektif, efisien, Artificial Bee Colony, Sistem Informasi Geografis*

Abstract

The distribution process of mushroom cultivation to various marketing locations often causes problems in terms of time and cost. The increasing demand for mushrooms by consumers who have different locations has an impact on the length of time needed in the delivery process. For this reason, it is necessary to design an effective and efficient distribution route determination system in order to reduce distribution costs and also speed up distribution time. In line with the development of science and technology today, many methods or troubleshooting procedures have been found that can be used to help deal with cases related to determining distribution routes. In this study, we built a prototype of a geographic information system by implementing the Artificial Bee Colony method to determine an effective and efficient fungal distribution route. The results of testing with the black box method show that the prototype system that has been built can function as expected.

Keywords: *distribution, effective, efficient, Artificial Bee Colony, Geographic Information System*

A. PENDAHULUAN

Jamur merupakan salah satu bahan makanan yang banyak digemari masyarakat di Indonesia. Selain karena kelezatannya, jamur juga diketahui mempunyai kandungan gizi yang cukup besar sehingga bermanfaat bagi kesehatan manusia [1].

Seiring dengan semakin meningkatnya permintaan terhadap konsumsi jamur berdampak pula pada usaha budi daya jamur semakin banyak bermunculan. Saat ini budidaya jamur merebak

sebagai usaha yang menarik di kawasan pertanian karena kesederhanaan dan keserbagunaan budidayanya, serta secara ekonomi dinilai cukup menguntungkan [1], [2], [3].

Untuk memasarkan hasil budidayanya, para petani jamur mendistribusikan produk hasil budidayanya ke beberapa lokasi seperti pasar tradisional, warung, rumah makan, supermarket, maupun *reseller*. Proses distribusi jamur ke berbagai lokasi pemasaran tersebut sering menimbulkan

permasalahan dari segi waktu dan biaya dan juga transportasi [3]. Berdasarkan wawancara yang dilakukan peneliti terhadap beberapa pengusaha budidaya jamur yang berada di wilayah Denpasar, tingginya tingkat permintaan jamur oleh konsumen yang memiliki lokasi yang berbeda - beda berakibat pada lamanya waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pengiriman. Rute distribusi yang tidak sesuai mengakibatkan tingginya biaya transportasi dan cukup lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memasarkan produk jamur tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan data dan informasi distribusi yang valid dan *ter-update* dengan baik, sehingga dapat dirancang suatu penentuan rute distribusi yang efektif dan efisien agar dapat mengurangi biaya distribusi dan mempercepat waktu distribusi serta pemasaran [4], [5], [6].

Seiring dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, saat ini telah ditemukan banyak metode atau prosedur pemecahan masalah yang dapat dipakai untuk membantu menangani kasus - kasus terkait penentuan rute distribusi. Salah satu metode yang dapat dipakai adalah metode *Artificial Bee Colony* (ABC). Metode ABC merupakan prosedur pemecahan masalah (algoritma) yang meniru bagaimana perilaku lebah madu dalam mencari makanan [7].

Algoritma ABC pertama kali diperkenalkan oleh Karaboga pada tahun 2005, merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku lebah madu ketika mencari makanan [7]. Seperti yang telah disebutkan oleh Karaboga (2009) dalam [8], [9] metode ABC terbukti mampu untuk menyelesaikan permasalahan yang bersifat lokal optimal serta memiliki kualitas penyelesaian yang setara dan bahkan lebih baik jika dibandingkan dengan metode lain seperti Algoritma Genetika, *Particle Swarm Optimization*, *Differential Evolution*, dan *Evolution Strategies*. Selain itu, untuk melakukan analisa yang lebih efektif, penyajian distribusi dengan memanfaatkan peta jaringan distribusi juga dapat dilakukan. Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) [2], [5], [10], [11].

Saat ini sudah banyak permasalahan optimasi penentuan rute distribusi yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma ABC, seperti, penentuan rute pendistribusian keripik buah [7], optimasi rute distribusi Carica Nida Food Wonosobo [12], dan ada juga untuk optimasi distribusi semen [9]. Mengacu pada hasil penelitian sebelumnya, maka penelitian ini menggunakan metode *Artificial Bee Colony* dalam penentuan rute distribusi hasil panen jamur yang dipadukan dengan sistem informasi geografis. Pada penelitian ini, kami membangun prototipe aplikasi menggunakan metode *Artificial Bee Colony* berbasis

Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk menentukan rute optimal distribusi hasil panen jamur di wilayah Denpasar.

B. LANDASAN TEORI

B.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan penerapan metode *Artificial Bee Colony*, antara lain telah dilakukan oleh Rahmalia dan Herlambang [9]. Pada penelitian tersebut peneliti mengangkat masalah terkait optimisasi transportasi distribusi semen menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*.

Hasil penelitian pada algoritma *Artificial Bee Colony* menunjukkan, *update* posisi lebah dapat memenuhi kendala persediaan dan permintaan, namun masih dibutuhkan algoritma *fraction repair operator* untuk mengubah variabel keputusan menjadi integer dan algoritma *negative repair operator* untuk mengubah elemen negatif menjadi 0. Dari hasil simulasi, pada proses optimisasi melalui tahap *employed bees*, *onlooker bees*, dan *scout bees*, informasi nektar diperbarui sehingga biaya distribusi sebagai nilai fitness menurun dan diperoleh pendekatan solusi optimum [9].

Sementara itu, Rahmandha, dkk., meneliti tentang implementasi metode *Artificial Bee Colony* untuk pencarian lokasi [13]. Penelitian ini mengkaji penerapan metode *Artificial Bee Colony* dalam sebuah sistem atau aplikasi pencarian suatu lokasi. Pada penelitian ini dibangun prototipe aplikasi pencarian lokasi fasilitas pelayanan umum terdekat di kota Bengkulu dengan menggunakan metode *Artificial Bee Colony* berbasis *webview android* [13].

Penelitian terkait metode *Artificial Bee Colony* juga dilakukan oleh Arifin dan Laksito [12]. Pada penelitian tersebut peneliti mengangkat masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) yang diselesaikan dengan metode *Artificial Bee Colony*.

B.2. Artificial Bee Colony

Artificial Bee Colony (ABC) merupakan salah satu algoritma optimasi yang memulai pencarian makanan. Seketika suatu tempat bernektar telah ditemukan, *employed bee* akan menari (memberi tanda) agar nektar tersebut dapat dipanen oleh *onlooker bee*. Kemudian *Onlooker bee* akan menentukan mana saja sumber makanan yang baik untuk dipanen, dan meninggalkan sumber yang habis dan berubah menjadi *scout bee*. *Scout bee* bertugas mencari sumber baru yang dibuat secara acak pada ruang pencarian, dimana informasi posisi nektar yang lebih sedikit sebelumnya akan dilupakan oleh lebah tersebut sampai ditemukan posisi sumber makanan yang terbaik [12].

Algoritma ABC ini diperkenalkan pertama kali pada tahun 2005 oleh Karaboga, dimana metode ini merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku lebah madu ketika mencari makanan. Metode ABC terbukti mampu untuk menyelesaikan permasalahan yang bersifat lokal optimal [7], [8].

B.3. Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis (SIG) merupakan suatu alat bantu berbasis komputer yang dirancang untuk menangkap (*captured*), menyimpan, menganalisa dan menampilkan informasi yang terkait erat dengan sistem pemetaan pada suatu wilayah tertentu [5], [10], [11]. Dapat dikatakan bahwa, SIG merupakan sebuah sistem informasi berbasis komputer yang dapat digunakan untuk memasukan (*input*), menyimpan (*save*), memanggil kembali (*recall*), serta mengolah data dan informasi yang berbasis geografis [5]. Sebagaimana sistem informasi pada umumnya, SIG juga dirancang sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan dengan memanfaatkan data dan informasi yang bersifat geografis. Keunggulan dari SIG ini adalah kemampuannya dalam mengolah serta menganalisis data dan informasi yang bersifat geografis, dan menampilkan dalam bentuk visualisasi gambar (wilayah) yang merupakan hasil dari pengolahan tersebut [11].

C. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan rancangan teknis yang berisi tahapan atau langkah – langkah yang dilakukan dalam membangun dan mengimplementasikan metode *Artificial Bee Colony* dalam penentuan rute distribusi hasil panen jamur berbasis sistem informasi geografis [5], [14], [15].

Tahapan dari metodologi penelitian yang digunakan disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Tahapan Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Pendefinisian masalah, merupakan tahapan pendefinisian permasalahan dari sistem yang ingin dirancang dan dibangun untuk menambah pemahaman mengenai hal apa saja yang terkait dengan sistem tersebut [11].
- 2) Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data yang berhubungan dengan aplikasi sistem informasi geografis rute distribusi hasil panen jamur menggunakan metode *Artificial Bee Colony* [5], [11].
- 3) Analisis sistem dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam penentuan rute distribusi serta menentukan parameter yang digunakan untuk pembuatan sistem penentuan rute distribusi ini.
- 4) Hasil dari analisis permasalahan akan digunakan dalam perancangan sistem yang diperlukan. Pada tahapan analisis sistem ini juga dilakukan implementasi Metode ABC pada penentuan rute distribusi *Artificial Bee Colony* [5], [11].
- 5) Perancangan sistem dalam penelitian ini berdasarkan hasil analisis dan implementasi metode. Perancangan sistem dilakukan dengan menggunakan *tools Data Flow Diagram* (DFD) dan *Entity Relationship Diagram* (ERD). Pada tahap ini juga dilakukan perancangan basis data sistem serta perancangan *user interface* [11].
- 6) Pembangunan sistem dilakukan berdasarkan hasil perancangan sistem. Pembangunan sistem dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database MySQL* serta memanfaatkan Google Maps API. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian semua fungsi-fungsi yang ada dalam sistem.
- 7) Pengambilan kesimpulan merupakan tahap terakhir dari penelitian ini. Pada tahap ini peneliti menyimpulkan apa saja hasil dari penelitian yang telah dilakukan

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1. Pencarian Jalur Terdekat

Tahapan (proses) pencarian jalur (rute) terdekat dengan algoritma *Artificial Bee Colony*, adalah sebagai berikut:

- 1) Tahap inialisasi, dilakukan dengan menentukan lokasi pengiriman mana saja yang akan dikunjungi, lokasi pengiriman yang akan dikunjungi otomatis akan muncul di dalam *google maps* dalam bentuk *marker map* berwarna merah untuk menunjukkan lokasi toko tersebut. Setelah itu dimulai proses pencarian. Pada proses pencarian dilakukan oleh lebah aktif (*employed bee*) dan lebah pencari (*scout bee*), mereka bekerja sama untuk mencari solusi jalur terbaik

sementara. Proses penentuan nilai terbaik untuk masalah ini adalah nilai jarak antar lokasi pengiriman, nilai jarak dapat di hitung melalui rumus pencarian jarak dengan menggunakan nilai *latitude* dan *longitude* pada Google Maps [2], [7]. Matriks jarak distribusi antara satu titik pengiriman dengan titik lainnya dapat dilihat pada tabel 1. Tahap berikutnya dihitung jarak untuk tiap titik pengiriman menggunakan konversi *longitude* dan *latitude*. Dari hasil perhitungan menggunakan konversi *longitude* dan *latitude* dihasilkan matriks jarak antara masing-masing titik pengiriman seperti pada tabel 2.

Tabel 1. Matriks jarak transaksi pengiriman hasil panen jamur

ID Pengiriman	Latitude	Longitude
0	-8.670458	115.212629
1	-8.673808	115.217078
2	-8.667530	115.221670
3	-8.666681	115.215147
4	-8.672576	115.209593

(Sumber : Santosa dan Judanta, 2020)

Tabel 2. Matriks jarak antara masing-masing titik pengiriman

	Titik Awal				
	0	1	2	3	4
0	0	1230	2998	3102	933
1	1660	0	2850	2983	2243
2	1706	1185	0	3029	2290
3	701	1129	2420	0	1285
4	934	1792	3560	2814	0

(Sumber : Santosa dan Judanta, 2020)

- Setelah perhitungan jalur terbaik sementara selesai, maka proses 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 [12].
- Tahap iterasi. Pada tahap ini 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 antar toko [12]. Dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*

menggunakan parameter berikut ini diperoleh hasil perhitungan seperti pada Tabel 3, dengan parameter yang digunakan adalah jumlah lebah = 10, jumlah lebah aktif = 7, jumlah lebah nonaktif = 1, jumlah lebah pencari = 2, maksimal perjalanan = 10 dan jumlah iterasi = 100.

Tabel 3. Hasil perhitungan proses pencarian rute

Proses	Rute	Nilai
Lebah 1	0-1-2-3-4-0	9012 m
Lebah 2	0-2-1-3-4-0	9432 m
Lebah 3	0-3-2-1-4-0	9305 m
Lebah 4	0-4-2-3-1-0	9857 m
Lebah 5	0-1-3-2-4-0	10311 m
Lebah 6	0-1-4-3-2-0	10764 m
Lebah 7	0-1-2-4-3-0	10792 m
Lebah 8	0-4-2-1-3-0	10305 m
Lebah 9	0-1-3-4-2-0	10891 m
Lebah 10	0-3-1-4-2-0	10764 m

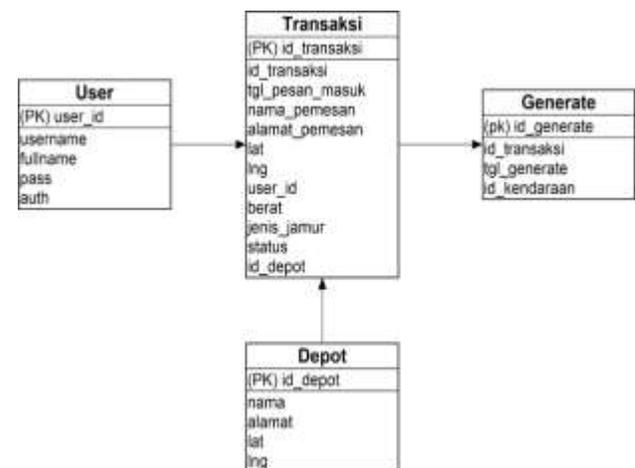
(Sumber : Santosa dan Judanta, 2020)

Dari hasil proses pencarian rute di atas diambil solusi terbaik yaitu, jarak tempuh paling minimum sejauh 9012 meter dengan rute 0-1-2-3-4-0.

D.2. Perancangan Sistem

Bagian ini menjelaskan mengenai konseptual *database*, *data flow diagram* dan *Entity relationship diagram* yang digunakan dalam perancangan sistem penentuan rute distribusi jamur berbasis sistem informasi geografis.

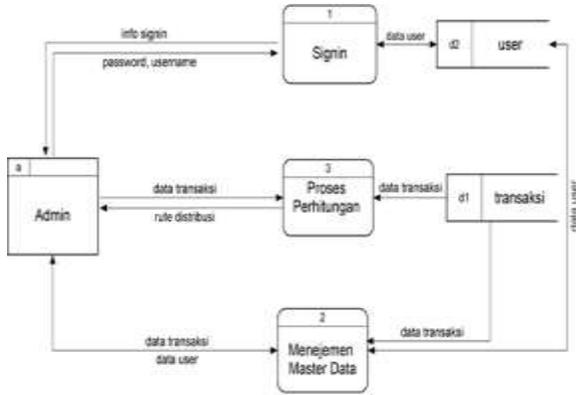
Pada konseptual *database* terdapat empat tabel yang berelasi yaitu tabel *user*, transaksi, depot dan *generate*. Konseptual *database* sistem pencarian rute distribusi jamur dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Koseptual database

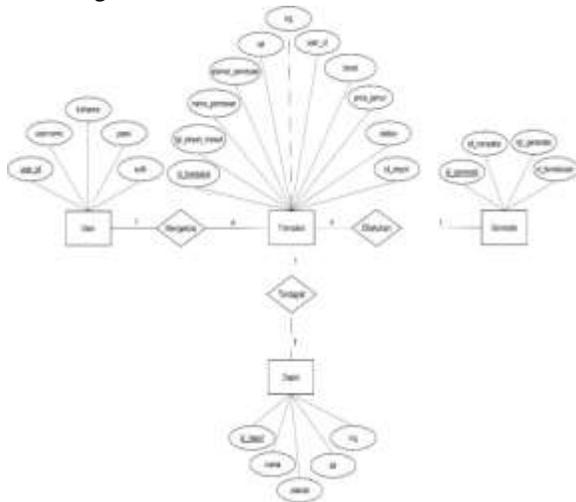
Data flow diagram (DFD) digunakan untuk menggambarkan aliran data secara detail yang terjadi

pada suatu sistem. DFD *level 0* pada sistem yang dikembangkan ini melibatkan tiga proses dan dua data *storage*. DFD *level 0* dari sistem penentuan rute distribusi jamur berbasis sistem informasi geografis. disajikan pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Data flow diagram

Sementara itu, untuk mendeskripsikan permodelan data (entitas) dan hubungan antar data pada aplikasi pencarian rute distribusi jamur berbasis sistem informasi geografis ini digunakan *tool Entity relationship diagram* (ERD). Gambar 4 menunjukkan *entity relationship diagram* yang digunakan untuk membangun sistem ini.

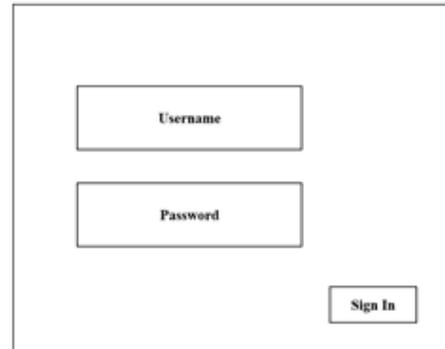


Gambar 4. Entity relationship diagram

D.3. Implementasi Sistem

Aplikasi penentuan rute distribusi jamur berbasis sistem informasi geografis ini dirancang sebagai sistem dengan berbasis *web*. *Form sign in* adalah *form* yang digunakan admin untuk masuk ke sistem, pada *form sign in* wajib mengisi *username* dan *password*.

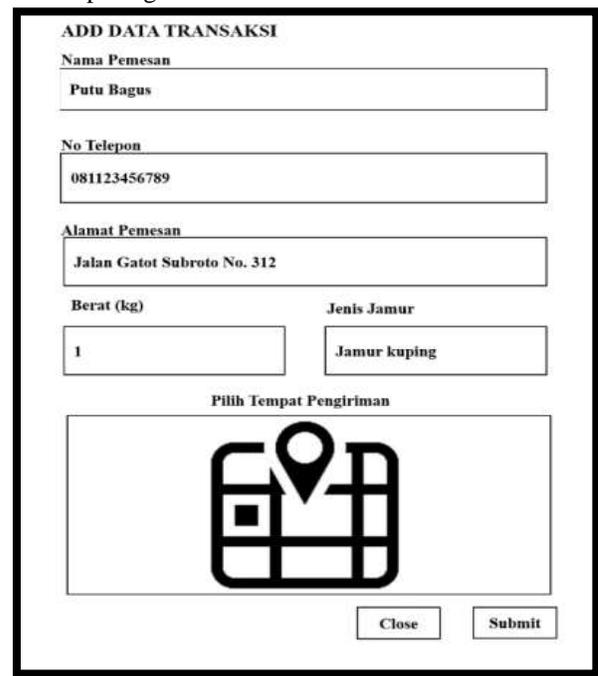
Gambar 5 merupakan tampilan antarmuka dari *form sign in*.



Gambar 5. Halaman *sign in*

Gambar 5. merupakan tampilan halaman *sign in* admin sistem. Halaman administrator (admin) digunakan oleh admin sistem untuk mengelola data pada sistem yang telah dikembangkan. Pengelolaan data yang dapat dilakukan oleh admin sistem antara lain penambahan data (*add data*) transaksi dan *generate* rute didtribusi.

Form Add data transaksi adalah *form* yang digunakan admin untuk menambah data transaksi ke *database*. Tampilan dari *form add* data transaksi dapat dilihat pada gambar 6.

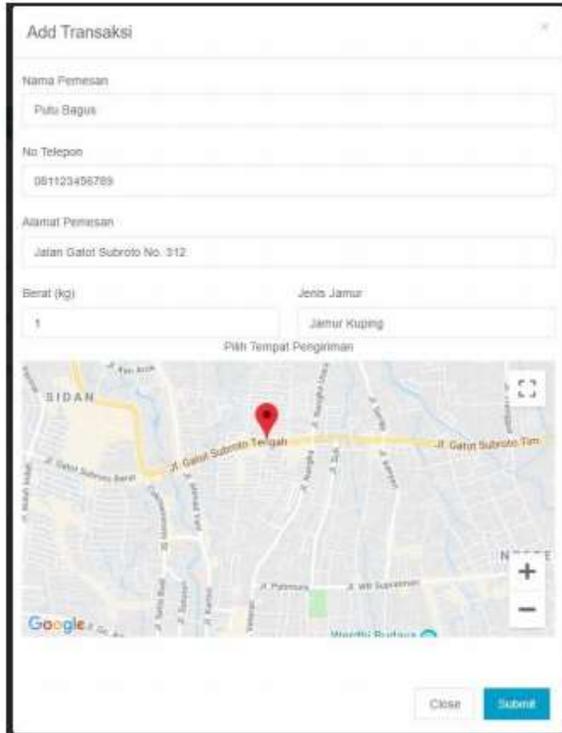


Gambar 6. Form add data transaksi

Form add data transaksi terdiri dari nama pemesan, nomor telepon, alamat pemesan, berat, jenis jamur dan lokasi pengiriman barang yang harus di-*input*-kan oleh admin. Tombol (*button*) *Submit*

digunakan untuk menambah data yang telah di-input, sedangkan *button Close* digunakan untuk menutup (membatalkan) penambahan data transaksi.

Pada *Forma add data* transaksi, admin dapat melakukan *add data* transaksi dan *generate* rute distribusi. Hasil dari *generate* rute distribusi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Add transaksi dan generate rute distribusi

Berdasarkan data transaksi yang telah ada dicari *longitude* dan *latitude* untuk masing-masing titik pengiriman. Tampilan hasil *longitude* dan *latitude* untuk masing-masing titik pengiriman disajikan pada gambar 8.

Data Pengiriman		
ID	Latitude	Longitude
0	-6.67660	106.70626
1	-6.67660	106.21026
2	-6.67620	106.20970
3	-6.68881	106.20810
4	-6.67206	106.20860

Gambar 7. Tampilan hasil *longitude* dan *latitude*

Data *longitude* dan *latitude* dari masing-masing titik pengiriman hal ini digunakan untuk memudahkan dalam proses pencarian matriks jarak dan proses

perhitungan selanjutnya dengan menggunakan metode ABC. Tampilan hasil rute distribusi yang dihasilkan berdasarkan perhitungan metode ABC ditampilkan pada gambar 9.

0-1-2-3-4-0	9012
0-2-1-3-4-0	9022
0-3-2-1-4-0	9060
0-4-2-3-1-0	9057
0-1-3-2-4-0	9071
0-3-4-3-2-0	9074
0-1-2-4-3-0	9070
0-4-2-1-3-0	9085
0-1-3-4-2-0	9080
0-2-1-4-2-0	9074

Gambar 8. Tampilan rute distribusi menggunakan metode ABC

Pada rute distribusi yang dihasilkan menggunakan metode ABC tersebut, terdapat beberapa alternatif rute yang dihasilkan. Tahap selanjutnya, dipilih rute terbaik dengan jarak yang paling pendek yaitu 9012 meter. Visualisasi rute distribusi jamur menggunakan google maps API ditampilkan pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Visualisasi rute distribusi jamur menggunakan google maps API

D.4. Pengujian Sistem

Pengujian porpototipe aplikasi sistem distribusi jamur berbasis GIS ini dilakukan dengan menggunakan metode *black box testing*. Metode *black box testing* digunakan untuk menguji semua fungsionalitas sistem untuk memastikan tidak ada kesalahan (*error*) pada semua fungsi yang diujikan tersebut. Fungsi yang diujikan dalam sistem distribusi jamur berbasis GIS dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Hasil pengujian dengan metode *black box*

No	Kasus	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian
----	-------	--------------	-----------------------	-----------------

1	User Sign In	Memilih menu sign in	Sistem menampilkan halaman form sign in user	sesuai
		Menyimpan data sign in	Sistem menampilkan pesan bahwa input data sign in telah tersimpan	sesuai
2	Login	Admin melakukan login dengan memasukkan username dan password	Sistem menampilkan halaman utama Sistem Pencarian Rute Distribusi Jamur untuk admin	sesuai
3	Maintenance transaksi	Admin memilih menu transaksi	Sistem menampilkan halaman transaksi	sesuai
		Admin menginputkan data transaksi	Sistem menampilkan pesan bahwa input data transaksi telah tersimpan	sesuai
		Admin mengubah data transaksi	Sistem menampilkan pesan bahwa perubahan data transaksi telah tersimpan	sesuai
4	Generate Rute	Admin menghapus data transaksi	Sistem menampilkan pesan bahwa hapus data transaksi telah berhasil	sesuai
		Admin memilih menu generate rute	Sistem menampilkan halaman generate rute	sesuai
		Admin memilih data transaksi yang akan dicari	Sistem menampilkan rute distribusi jamur	sesuai

E. KESIMPULAN

Prototipe sistem yang telah dibangun dapat memberikan visualisasi (gambaran) rute distribusi pengiriman jamur sehingga akan memudahkan dalam proses distribusi. Hasil pengujian dengan metode *black box* menunjukkan bahwa fungsi yang diujikan pada prototipe sistem yang dibangun memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan (lulus uji).

REFERENSI

- [1] H. Habibi and S. Fitrianti, 2018. "Analisis Biaya dan Pendapatan Budidayajamur Tiram Putih di (P4S) Nusa Indah Kabupaten Bogor," *JACE*, Vol. 1, No. 1, pp. 1–9.
- [2] I. M. A. Santosa and I. G. N. H. Judanta, 2020. "Distribution Route Making for Mushroom Harvest Using Artificial Bee Colony Method," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 7, no. 2, pp. 247–256.
- [3] R. Febrianda and H. Tokuda, 2017. "Strategy and Innovation of Mushroom Business in Rural Area Indonesia: Case Study of a Developed Mushroom Enterprise from Cianjur district, West Java, Indonesia," *IJSSS*, vol. 5, no. 6, pp. 21–29, doi: 10.11114/ijsss.v5i6.2304.
- [4] U. N. Azizah and T. I. Oesman, 2015. "Optimalisasi Biaya Distribusi Produk PT. Madubaru Dengan Pendekatan Metode Saving Matrix Dan Generalized Assignment," *Jurnal REKAVASI*, vol. 3, no. 2, p. 157-162.
- [5] H. Medyawati, B. Setiawan, E. Hegarini, and I. A. Trinugroho, 2019. "Pembuatan Prototipe Aplikasi Distribusi Pangan Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)," *JNTT*, vol. 2, no. 3, p. 276, doi: 10.22146/jntt.44944.
- [6] A. Faiz, S. Subiyanto, and U. M. Arief, 2018. "An Efficient Meta-Heuristic Algorithm for Solving Capacitated Vehicle Routing Problem," *Int. J. Adv. Intell. Informatics*, vol. 4, no. 3, p. 212, doi: 10.26555/ijain.v4i3.244.
- [7] L. N. Wiranda, 2017. "Implementasi Algoritma Artificial Bee Colony Untuk Menentukan Rute Terpendek Dalam Pendistribusian Kripik Buah (studi Kasus Anta Kripik, Malang)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 1, no. 1, pp. 900–905.
- [8] I. S. K. Idris, 2019. "Optimasi Pendistribusian Barang Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony," *JURNAL INFORMATIKA UPGRIS*, vol. 5, no. 2, pp. 157–162.
- [9] D. Rahmalia and T. Herlambang, 2018. "Optimisasi Masalah Transportasi Distribusi Semen Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony," *Multitek Indonesia*, vol. 11, no. 2, pp. 105–113, doi: 10.24269/mtkind.v11i2.651.
- [10] I. R. Bakti, Y. P. Bunda, and C. T. Utari, 2021. "Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis (SIG) Lokasi Praktek Kerja Industri (PRAKERIN) SMK Methodist Medan Berbasis Web," *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, doi : 10.36341/rabit.v6i1.1505.
- [11] Rahmat Tisnawan and Sukri Sukri, 2020. "Sistem Informasi Geografis Indikasi Tindak Kriminal Di Kecamatan Ujungbatu Rokan Hulu," *Rabit :*

- Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 5, no. 2, pp. 117–129, doi: 10.36341/rabit.v5i2.1367.
- [12] M. D. Arifin and A. D. Laksito, 2019. “Implementasi Algoritma Bee Colony Untuk Optimasi Rute Distribusi Carica Nida Food Wonosobo,” *SISTEMASI*, vol. 8, no. 2, p. 243, doi: 10.32520/stmsi.v8i2.470.
- [13] E. Rahmandha, R. Efendi, and D. Puspitaningrum, 2016. “Aplikasi Pencarian Lokasi Fasilitas Pelayanan Umum Terdekat Menggunakan Metode Artificial Bee Colony di Kota Bengkulu Berbasis Webview Android,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 2, pp. 141–154.
- [14] A. Dedi Jubaedi, S. Dwiyatno, and Sulistiyono, 2020. “Implementasi Teknologi Virtual Tour Pada Museum,” *JSiI*, vol. 7, no. 2, pp. 70–77, doi: 10.30656/jsii.v7i2.2469.
- [15] P. I. Santosa, 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif: Pengembangan Hipotesis dan Pengujiannya Menggunakan SmartPLS*. Penerbit Andi, Yogyakarta.