

SISTEM PENCARIAN RUTE TERBAIK EKSPEDISI BARANG MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY PADA PT. PELINDO TPKNM

**Muhammad Rahmat Faizal¹⁾, Kasirun Alfauzi BM Sitorus²⁾, Mika Tandililing³⁾,
Suardi Hi Baharuddin⁴⁾**

1. Sistem Informasi, STMIK Profesional Makassar
email: muh.rahmat.faisal.047@gmail.com
2. Sistem Informasi, STMIK Profesional Makassar
email: kasirunsitorus.51@gmail.com
3. Sistem Informasi, STMIK Profesional Makassar
email: ladabarra@gmail.com
4. Sistem Informasi, STMIK Profesional Makassar
email: suardi@stmikprofesional.ac.id

Abstract

This research is focused on building and implementing a system for finding the best route in cargo expeditions for PT. Pelindo. PT. Pelindo faces a significant challenge in providing the best service to its customers to enhance their satisfaction. In response to this challenge, the developed system employs the Ant Colony Optimization (ACO) approach, inspired by the foraging behavior of ants when searching for the shortest path from their nest to a food source. Through ACO, the system aims to provide optimal and efficient route solutions. The research results encompass the development and implementation of ACO calculations within a system capable of generating the best alternative routes. The routes generated involve eight main points, namely A-B-C-D-E-F-G-H-A. It is expected that this system will be a highly valuable tool for users in finding the most efficient and cost-effective travel routes for cargo expeditions. Furthermore, the outcomes of this research are anticipated to contribute positively to improving the quality of service provided by PT. Pelindo to their customers, thus enhancing customer satisfaction and overall logistics operational efficiency.

Kata Kunci: optimasi rute; ekspedisi barang; ant colony; pelindo.

A. PENDAHULUAN

Pengiriman barang melalui mobil di Indonesia adalah salah satu metode yang sangat efektif dan efisien, terutama dalam konteks perdagangan internasional. Perusahaan ekspedisi seperti PT. Pelindo Terminal Petikemas New Makassar berperan penting dalam menghubungkan produsen dengan konsumen di seluruh dunia. Dalam era globalisasi yang

semakin maju, penentuan rute pengiriman barang yang optimal menjadi faktor kunci dalam mempercepat pengiriman dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Untuk mencapai hal ini, penggunaan teknologi, seperti sistem berbasis mobile dan website, telah menjadi semakin penting dalam menentukan rute pengiriman terbaik. Dalam konteks ini, penelitian yang berjudul "Sistem Pencarian Rute Terbaik Ekspedisi Barang

Menggunakan Metode Ant Colony pada PT. Pelindo Terminal Petikemas New Makassar (TPNM)" menjadi langkah penting untuk meningkatkan efisiensi pengiriman barang. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses penentuan rute dengan memanfaatkan metode *Ant Colony*, sehingga perusahaan dapat memberikan layanan yang lebih efisien dan efektif kepada pelanggan. Dengan perkembangan teknologi yang terus berkembang, seperti sistem berbasis *mobile* dan *website*, penelitian ini dapat membantu PT. Pelindo Terminal Petikemas New Makassar (TPNM) dalam menemukan rute terbaik atau tercepat untuk mengantarkan barang ke konsumen. Pemahaman umum tentang aplikasi adalah alat aplikasi yang digunakan secara otomatis spesialisasi dan integrasi sesuai kapasitas sendiri, aplikasinya adalah perangkat komputer siap digunakan oleh pengguna [1]. Program ini adalah perangkat lunak sebenarnya instruksi ditulis sebagai kode menggunakan bahasa pemrograman tertentu dan dikompilasi menggunakan kompiler yang sesuai [2]. Menurut pandangan Ludwig von Bartalanfy, sistem adalah sekelompok elemen yang saling berhubungan satu sama lain melalui berbagai hubungan dengan lingkungannya [3].

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Extensive Research. Extensive research dalam penelitian merujuk pada proses pengumpulan data dan analisis data yang melibatkan kajian yang mendalam dan komprehensif terhadap topik yang diangkat. Metode penelitian ini melibatkan peneliti untuk pencarian informasi dari berbagai sumber yang relevan, termasuk jurnal ilmiah, publikasi artikel, buku, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Ant Colony

Di tahap hasil ini merupakan tahapan dimana sistem yang telah dirancang menggunakan data dan perhitungan yang telah didapatkan dari penelitian, kemudian dibangun dalam bentuk aplikasi. Aplikasi yang dibuat berhubungan dengan kasus penelitian ini adalah aplikasi penentuan rute terbaik ekspedisi barang, dimana sistem ini menggunakan metode *ant colony*. Metode *Ant Colony* (ACO) terinspirasi dari perilaku koloni semut yang mampu menemukan rute terbaik dalam perjalanan dari sarang ke tempat sumber makanan [4]. Algoritma ACO memiliki simulasi yang baik dalam memecahkan masalah optimasi [5].

Metode *Ant Colony* (ACO) adalah algoritma optimasi yang terinspirasi dari perilaku koloni semut saat mencari rute menuju sumber makanan. Setelah semut kembali ke sarangnya, dia meninggalkan jejak kaki yang tertinggal sepanjang rute yang ditempuh. Jejak kaki tersebut disebut '*feromon*'. Dikeluarkan oleh semut untuk menandai bahwa dia pernah melewati rute tersebut [6]. Jalur *feromon* digunakan oleh semut berikutnya sebagai referensi untuk mencari makanan karena *feromon* meningkatkan kemungkinan jalan untuk dipilih [7]. Menurut Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest dan Clifford Stein, ACO merupakan algoritma metaheuristik yang meniru perilaku semut dalam mencari jalur terpendek dari sarang ke sumber makanan. Algoritma semut atau ACO, diperkenalkan oleh Moyson dan Manderick dan dikembangkan secara luas oleh Marco Dorigo, adalah teknik probabilistik untuk memecahkan masalah komputer dengan menemukan jalur terbaik melalui sebuah grafik.

Dalam ACO, semut berkomunikasi melalui jejak *feromon* yang mereka

tinggalkan, sehingga semut dapat mengkolektifkan pengetahuan mereka tentang lingkungan untuk menemukan rute terbaik. Semut akan melakukan rute perjalanan untuk mendapatkan hasil nilai terbaik. Semut terbaik nantinya akan membangun rute perjalanan hingga mendapatkan rute terbaik [8]. Langkah ACO sendiri dalam studi kasus ini, menghitung antar titik dari depot menuju ke konsumen. Beberapa parameter masukan dalam algoritma semut memiliki peran penting dalam mencapai hasil yang optimal [9].

Langkah ACO sendiri dalam studi kasus ini, menghitung antar titik dari depot menuju ke konsumen. Beberapa parameter masukan dalam algoritma semut memiliki peran penting dalam mencapai hasil yang optimal [10]. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam metode ACO.

Tabel 1. Daftar Parameter

Parameter	Keterangan	Nilai Parameter
Q	Tetapan siklus semut	0.5
τ_{ij}	Inisialisasi jejak semut antar titik	0.1
α	Pengendali intensitas jejak semut	1
β	Tahapan pengendali	2
ρ	Tahapan penguapan jejak semut	0.5

a. Penentuan Jalur

Dari satu tujuan, mobil mempunyai 8 rute yang masing-masing memiliki jarak yang berbeda. Jarak didapatkan melalui data yang diambil berdasarkan Google Maps. Dihitung dari titik awalnya yaitu depot, menuju ke lokasi konsumen. Jalur yang digunakan yaitu antara depot (PT. Pelindo Terminal Petikemas New Makassar) menuju ke tujuan.

Tabel 2. Data Simbol Tiap Rute

Daftar Rute	Simbol
Jalur 1	A
Jalur 2	B
Jalur 3	C
Jalur 4	D
Jalur 5	E
Jalur 6	F
Jalur 7	G
Jalur 8	H

b. Penentuan Rute

Data jarak yang didapatkan diambil melalui Google Maps. Dalam menentukan jalur, dibutuhkan informasi mengenai jarak antara simpul. Berikut adalah data jarak antar simpul yang didapat dari Google Maps, bisa digambarkan seperti berikut. Jalur 1 merupakan simbol A, untuk sampai ke titik B, mempunyai jarak sekitar 0.340 km. Begitupun untuk titik A ke titik C, mempunyai jarak 0.638. Begitupun seterusnya sampai ke titik H.

Tabel 3. Data Jarak Antar Titik

Dari ke	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0.340	0.638	1.720	2.250	3.340	3.660	4.170
B	0.340	0	0.444	1.380	1.910	3.000	3.320	3.830
C	0.638	0.444	0	1.230	1.760	2.850	3.170	3.680
D	1.720	1.380	1.230	0	0.530	1.620	1.940	2.450
E	2.250	1.910	1.760	0.530	0	1.090	1.710	1.920
F	3.340	3.000	2.850	1.620	1.090	0	0.320	0.830
G	3.660	3.320	3.170	1.940	1.710	0.320	0	0.510
H	4.170	3.830	3.680	2.450	1.920	0.830	0.510	0

c. Penentuan Rute Kunjungan

Proses penentuan jalur kunjungan dimulai dari titik awal di depot dan berakhir di tujuan atau pelanggan yang dituju. Berikut merupakan tabel rute kunjungan.

Tabel 4. Daftar Parameter

Perjalanan terbentuk	Jarak (KM)	Total Jarak (KM)

A-B-C-D-E-F-G-H	0.340+0.444+ 1.230+0.530+ 1.090+0.320+ 0.510+4.170	8.635
A-B-D-E-F-G-H-A	0.340+1.380+ 0.530+1.090+ 0.320+0.510+ 4.170	8.340
A-C-D-E-F-G-H-A	0.638+1.230+ 0.530+1.090+ 0.320+0.510+ 4.170	8.488
A-C-D-E-G-H-A	0.638+1.230+ 0.530+1.710+ 0.510+4.170	8.788
A-B-C-D-E-G-H-A	0.340+0.444+ 1.230+0.530+ 1.710+0.510+ 4.170	8.935
A-B-C-E-G-H-A	0.340+0.444+ 1.760+1.710+ 0.510+4.170	8.935
A-B-D-E-G-H-A	0.340+1.380+ 0.530+1.710+ 0.510+4.170	8.640
A-C-E-G-H-A	0.638+1.760+ 1.710+0.510+ 4.170	8.788

d. Penentuan Rute Kunjungan

Prosedur menghitung nilai visibilitas dari titik A ke titik B dengan jarak 0.340 km adalah untuk menentukan probabilitas kunjungan simpul-simpul.

$$\eta_{ij} = \frac{1}{dij} \quad (1)$$

Keterangan:

d = Jarak

i = Simpul awal

j = Simpul akhir

$$\eta_{AB} = \frac{1}{d_{AB}} = \frac{1}{0.340} = 2.938$$

Sehingga, visibilitas antara simpul A dan simpul B adalah sekitar 2.938. Begitupun untuk simpul A ke simpul C. Visibilitas lainnya dihitung menggunakan metode yang serupa.

Tabel 5. Visibilitas antar simpul

Dari ke	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	2.938	1.567	0.581	0.444	0.299	0.273	0.240
B	2.938	0	2.251	0.725	0.524	0.333	0.301	0.261
C	1.567	2.251	0	0.813	0.568	0.351	0.351	0.272
D	0.581	0.725	0.831	0	1.887	0.617	0.515	0.408
E	0.444	0.524	0.568	1.887	0	0.917	0.585	0.521
F	0.299	0.333	0.351	0.617	0.917	0	3.125	1.205
G	0.273	0.301	0.351	0.515	0.585	3.125	0	1.961
H	0.240	0.261	0.272	0.408	0.521	1.205	1.961	0

e. Perubahan Tingkat Jejak Semut

Feromon ini merupakan sejenis sinyal yang dikirimkan kepada semut lain. Adanya aktivitas semut yang sering melintasi jalur tersebut dapat menyebabkan penguapan *feromon*, yang pada gilirannya memungkinkan terjadinya variasi intensitas jejak semut di antara simpul-simpul yang berbeda. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menggambarkan perubahan nilai intensitas jejak semut:

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{Q}{L_k} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2)$$

Dengan:

Q = Tetapan siklus semut.

Lk = Panjang jalur

m = Banyak semut.

$$\Delta\tau_{ij} =$$

$$\frac{\frac{1}{8.635}}{8.935} + \frac{\frac{1}{8.340}}{8.935} + \frac{\frac{1}{8.488}}{8.840} + \frac{\frac{1}{8.788}}{8.788} + \frac{\frac{1}{8.935}}{8.935} + \frac{\frac{1}{8.840}}{8.840} + \frac{\frac{1}{8.788}}{8.788} = \\ 0.460$$

Karena itu, nilai perubahan jejak semut yang dihasilkan dari penggabungan rute kunjungan depot memiliki nilai tetap yang konsisten di setiap simpul, yakni sekitar 0.460.

Tabel 6. Perubahan Intensitas Jejak Semut

Dari ke	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
B	0.460	0	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
C	0.460	0.460	0	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
D	0.460	0.460	0.460	0	0.460	0.460	0.460	0.460
E	0.460	0.460	0.460	0.460	0	0.460	0.460	0.460
F	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0	0.460	0.460
G	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0	0.460
H	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0

f. Kalkulasi Jejak Semut Antara Simpul Pada Siklus Berikutnya.

Angka awal untuk intensitas jejak semut (τ_{ij}) yang telah ditetapkan adalah 0.1, yang tercantum dalam Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Intensitas Jejak Semut Awal

Dari ke	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
B	0.100	0	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
C	0.100	0.100	0	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
D	0.100	0.100	0.100	0	0.100	0.100	0.100	0.100
E	0.100	0.100	0.100	0.100	0	0.100	0.100	0.100
F	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0	0.100	0.100
G	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0	0.100
H	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0

Untuk menghitung nilai intensitas jejak semut antara simpul pada langkah selanjutnya, digunakan menggunakan persamaan berikut:

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij}(\text{awal}) + \Delta\tau_{ij} \quad (3)$$

Keterangan:

p = Parameter penguapan jejak semut.

τ_{ij} = Jejak semut antar titik.

Maka:

$$\tau_{AB} = (1 \times 0.100) + 0.460 = 0.510$$

Dengan demikian, nilai intensitas jejak kaki semut pada siklus berikutnya adalah 0.510. Pencarian nilai jejak semut untuk iterasi berikutnya mengikuti proses yang serupa. Detail tentang perubahan

intensitas jejak semut untuk langkah selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 8 dibawah ini

Tabel 8. Intensitas Jejak Kaki Rute Kunjungan

Dari ke	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510
B	0.510	0	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510
C	0.510	0.510	0	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510
D	0.510	0.510	0.510	0	0.510	0.510	0.510	0.510
E	0.510	0.510	0.510	0.510	0	0.510	0.510	0.510
F	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0	0.510	0.510
G	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0	0.510
H	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0

g. Penentuan Jalur Dengan Mencari Nilai Probabilitas

Untuk menentukan simpul tujuan perjalanan, perlu dilakukan perhitungan probabilitas nilai simpul. Simpul dengan probabilitas tertinggi akan ditetapkan sebagai simpul tujuan selanjutnya, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{ij}^k = \frac{(\tau_{ij}^t)^{\alpha} \cdot (\frac{1}{d_{ij}})^{\beta}}{\sum_{j \in \text{tabulist}} (\tau_{ij}^t)^{\alpha} \cdot (\frac{1}{d_{ij}})^{\beta}} \quad (4)$$

PAA=

$$\frac{[0]^1 \cdot [0]^2}{[[0]^1 \cdot [0]^2 + [0.510]^1 \cdot [2.938]^2 + \dots + [0.510]^1 \cdot [0.240]^2]} = 0$$

PAB =

$$\frac{[0.510]^1 \cdot [2.938]^2}{[[0]^1 \cdot [0]^2 + [0.510]^1 \cdot [2.938]^2 + \dots + [0.510]^1 \cdot [0.240]^2]} = 0.729$$

Begitupun seterusnya, proses menghitung probabilitas untuk simpul-simpul lainnya bisa diterapkan menggunakan pendekatan yang sama. Berikut adalah nilai probabilitas yang terhubung dengan tiap simpul.

Tabel 9. Nilai Probabilitas Antar Titik.

Dari ke	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0.729	0.207	0.029	0.017	0.008	0.006	0.005
B	0.584	0	0.343	0.036	0.019	0.008	0.006	0.005
C	0.279	0.576	0	0.075	0.037	0.014	0.011	0.008
D	0.057	0.089	0.112	0	0.604	0.065	0.045	0.028
E	0.034	0.047	0.056	0.613	0	0.145	0.059	0.047
F	0.007	0.009	0.010	0.030	0.066	0	0.765	0.114
G	0.005	0.006	0.007	0.018	0.024	0.674	0	0.265
H	0.010	0.011	0.012	0.028	0.046	0.245	0.645	0

Berdasarkan tabel nilai probabilitas antar titik dengan simpul awal A ke beberapa titik, nilai probabilitas tertinggi didapatkan dari A menuju titik B dengan nilai = 0.729. Selanjutnya ketika bergerak dari titik B ke titik berikutnya, nilai tertinggi diperoleh dari semua titik yang kemudian kembali ke titik A. Namun, karena titik A telah dilalui sebelumnya, titik C dipilih dengan nilai 0.343. Selanjutnya dari titik C menuju titik berikutnya, didapatkan nilai probabilitas tertinggi yaitu titik D = 0.604. Selanjutnya dari titik D menuju titik berikutnya, didapatkan nilai probabilitas tertinggi yaitu titik E = 0.145.

Selanjutnya dari titik E menuju titik berikutnya, didapatkan nilai probabilitas tertinggi yaitu F = 0.765. Selanjutnya dari titik F menuju titik berikutnya, didapatkan nilai probabilitas tertinggi yaitu titik G = 0.265. Selanjutnya dari titik G menuju titik berikutnya, didapatkan nilai probabilitas tertinggi didapatkan yaitu H = 0.010.

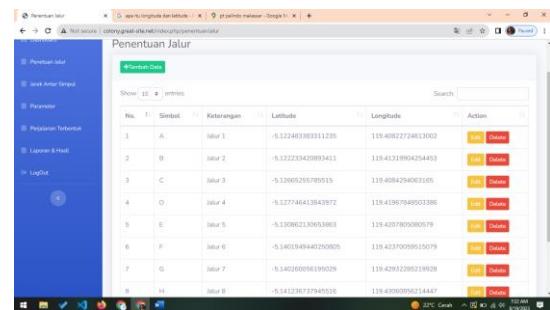
2. Hasil

Di tahap hasil ini merupakan tahapan dimana sistem yang telah dirancang menggunakan data dan perhitungan yang telah didapatkan dari penelitian, kemudian dibangun dalam bentuk aplikasi. Aplikasi yang dibuat berhubungan dengan kasus penelitian ini adalah aplikasi penentuan rute terbaik

ekspedisi barang, dimana sistem ini menggunakan metode ant colony. Berikut adalah tampilan sistem yang telah dirancang.

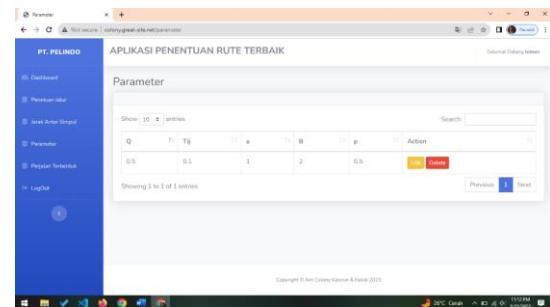
2.1 Menu Penentuan Jalur

Menu ini menampilkan hasil yang telah di *input* oleh *user* setelah menekan tombol ‘Tambah Data’ dan melakukan penginputan. Perlu diketahui, data penentuan jalur pada gambar 1 dibawah mengambil data sesuai dari penelitian dan ada penginputan tambahan yaitu *latitude* dan *longitude* yang akan berguna untuk titik maps pada hasil rute nanti.

**Gambar 1. Data Penentuan Jalur**

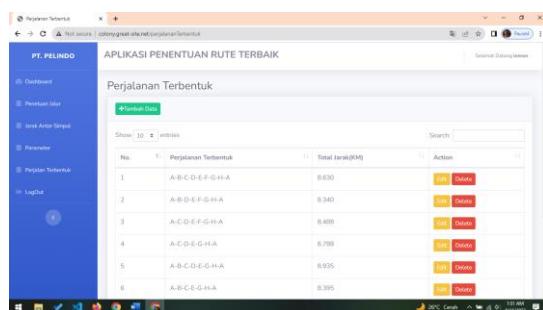
2.2 Menu Parameter

Menu parameter menampilkan hasil dari penginputan yang berisi parameter-parameter yang sudah ditetapkan oleh metode *ant colony*. Nilai parameter tersebut akan selalu digunakan untuk bisa mendapatkan hasil rute terbaik, namun tidak bisa untuk menambah parameter baru. Berikut tampilan menu parameter pada gambar 2.

**Gambar 2. Menu Parameter**

2.3 Menu Perjalanan Terbentuk

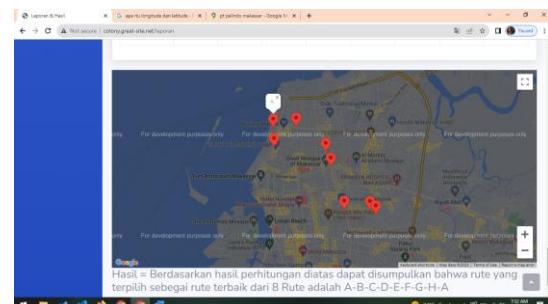
Menu perjalanan terbentuk menampilkan hasil penginputan, dimana data perjalanan terbentuk didapatkan dari titik 1 ke titik 2, kemudian jaraknya dihitung, dari seluruh titik tersebut akan dijumlahkan sehingga mendapatkan total jarak. Berikut adalah tampilan menu perjalanan terbentuk ada pada gambar 3.



Gambar 3. Menu Perjalanan Terbentuk

2.4 Menu Laporan dan Hasil

Pada tampilan menu laporan dan hasil, merupakan tampilan laporan dan perhitungan metode *Ant Colony* dari seluruh penginputan-penginputan yang sudah di *input* oleh pengguna di tiap menu, mulai dari penentuan jalur, jarak antar titik, parameter, dan perjalanan yang terbentuk. Perlu diketahui ada beberapa laporan seperti visibilitas antar simpul, perubahan intensitas jejak semut, intensitas jejak kaki semut awal dan nilai probabilitas antar simpul tidak melakukan penginputan, namun merupakan proses perhitungan dari metode *Ant Colony* itu sendiri. Berikut adalah tampilan menu laporan dan hasil ada pada Gambar 4.



Gambar 4. Menu Laporan dan Hasil

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari data yang ada dan dari perhitungan metode *ant colony* itu sendiri, alternatif rute terbaik didapatkan hasil antar titik, yakni A-B-C-D-E-F-G-H-A. Begitupun dalam pembuatan sistemnya, yang berhasil mengimplementasikan metode *ant colony* untuk mencari alternatif rute terbaik. Penerapan metode ini pada PT. Pelindo TPKNM berpotensi membawa dampak positif untuk bisa meningkatkan kualitas layanan kepada pelanggan.

Kesimpulannya, metode *ant colony* menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan manajemen rute ekspedisi barang di PT. Pelindo TPKNM. Dengan perhatian yang tepat terhadap detail implementasi dan pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat menjadi alat berharga bagi perusahaan dalam mencapai tujuan meningkatkan kualitas layanan kepada pelanggan yang lebih tinggi.

E. REFERENSI

- [1] Novendri, "Pengertian Web," *Lentera Dumai*, vol. 10, no. 2, pp. 46–57, 2019.
- [2] M. Tabrani and I. Rezqy Aghniya, "Implementasi Metode Waterfall Pada Program Simpan Pinjam Koperasi Subur Jaya Mandiri Subang," *J. Interkom J. Publ. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 14, no. 1, pp. 44–53, 2020, doi: 10.35969/interkom.v14i1.65.

- [3] T. Kami, “Identification of Components in the Essential Oil of Hybridsorgo, a Forage Sorghum,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 23, no. 4, pp. 795–798, 1975, doi: 10.1021/jf60200a019.
- [4] K. situmorang, desy, “Analisis rute pendistribusian dengan menggunakan metode ant colony optimization dalam persoalan vehicle routing problem pada kantor pos boyolali,” *Logistik Bisnis*, vol. 9, no. 1, pp. 51–59, 2018.
- [5] J. R. Batmetan, “Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk pemilihan jalur tercepat evakuasi bencana Gunung Lokon Sulawesi Utara,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 31–48, 2016.
- [6] S. Fidanova, “Ant Colony Optimization,” *Stud. Comput. Intell.*, vol. 947, pp. 3–8, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-67380-2_2.
- [7] F. Liantoni, “Deteksi Tepi Citra Daun Mangga Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. III*, vol. 3, pp. 411–418, 2015.
- [8] I. W. A. Setyadi, D. C. Khrisne, and I. M. A. Suyadnya, “Automatic Text Summarization Menggunakan Metode Graph dan Metode Ant Colony Optimization,” vol. 17, no. 1, pp. 124–130, 2018.
- [9] C. Irwansyah, A. Pinandito, and W. F. Mahmudy, “Pencarian Rute Angkutan Umum Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization,” *Doro*, no. 10, pp. 1–9, 2014.
- [10] B. Fitriani, T. Angraini, and Y. H. G. Putra, “Pemodelan Use Case Diagram Sistem Informasi Inventaris Laboratorium Teknik Mesin,” *Semin. Nas. Sist. Inf. dan Teknol. Inf. 2018*, pp. 626–631, 2018.