

PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) PADA PT. YAKULT INDONESIA PERSADA CABANG LHOKSEUMAWE

**Muhammad Berlyan Izdihar¹, Rizki Maulidiya², Alvinun Maulana Ibrahim³,
Muhammad Abdi Maulana⁴, Trisita Novianti⁵, Samsul Amar⁶**

220421100087@student.trunojoyo.ac.id¹, 220421100005@student.trunojoyo.ac.id²,
alvinun14@gmail.com³, 220421100074@student.trunojoyo.ac.id⁴, trisita@trunojoyo.ac.id⁵,
samsul.amar@trunojoyo.ac.id⁶

Universitas Trunojoyo Madura

ABSTRAK

Efisiensi logistik merupakan faktor krusial bagi industri Fast-Moving Consumer Goods (FMCG), seperti PT. Yakult Indonesia Persada, Cabang Lhokseumawe. Rute distribusi yang kurang optimal berdampak langsung pada biaya operasional, terutama dari sisi bahan bakar dan perawatan kendaraan, serta berisiko menurunkan kualitas produk. Penelitian ini berfokus pada perancangan rute distribusi yang paling efisien untuk meminimalkan total jarak tempuh menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO). Proses optimasi dilakukan menggunakan platform Google Colab dengan parameter yang telah ditentukan, yaitu kapasitas kendaraan sebanyak 2.000 unit, 20 semut buatan, dan 10.000 iterasi. Hasil implementasi algoritma ACO menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam meminimalkan jarak tempuh. Total jarak rute eksisting perusahaan, yang tercatat 620 km, berkurang drastis menjadi 482 km. Pengurangan ini menghasilkan efisiensi perjalanan sejauh 138 km, yang secara substansial dapat mengurangi biaya logistik perusahaan dan mempersingkat waktu pengiriman. Konvergensi algoritma yang cepat dan stabil pada iterasi awal memvalidasi bahwa solusi yang dihasilkan telah mencapai kondisi yang mendekati optimal. Studi ini menyimpulkan bahwa rute distribusi berbasis ACO yang diusulkan sangat direkomendasikan untuk diimplementasikan sebagai pedoman operasional standar guna meningkatkan efisiensi dan daya saing perusahaan.

Kata Kunci: Distribusi, Optimasi Koloni Semut, Optimasi Rute.

ABSTRACT

Logistics efficiency is a crucial factor for the Fast-Moving Consumer Goods (FMCG) industry, such as PT. Yakult Indonesia Persada, Lhokseumawe Branch. Suboptimal distribution routes directly impact operational costs, particularly in terms of fuel and vehicle maintenance, and risk reducing product quality. This research focuses on designing the most efficient distribution route to minimize total travel distance using the Ant Colony Optimization (ACO) Algorithm. The optimization process was carried out using the Google Colab platform with predetermined parameters, specifically a vehicle capacity of 2,000 units, 20 artificial ants, and 10,000 iterations. The results of the ACO algorithm implementation showed significant success in minimizing travel distance. The company's total existing route distance, which was recorded at 620 km, was drastically reduced to 482 km. This reduction resulted in a travel efficiency of 138 km, which can substantially reduce the company's logistics costs and shorten delivery times. The fast and stable convergence of the algorithm in the initial iterations validated that the resulting solution had reached a near-optimal condition. This study concludes that the proposed ACO-based distribution route is highly recommended to be implemented as a standard operational guideline to improve the company's efficiency and competitiveness.

Keywords: Distribution, Ant Colony Optimization, Route Optimization.

PENDAHULUAN

Efisiensi logistik dan kualitas produk sangat penting untuk kesuksesan dan kelangsungan bisnis, terutama dalam industri Fast Moving Customer Goods (FMCG).

Bagi bisnis yang memproduksi barang dengan waktu produksi yang lebih singkat, seperti probiotik, sistem distribusi yang efisien meminimalkan biaya dan memastikan bahwa kualitas produk tetap optimal dari saat dibuat hingga sampai ke tangan pelanggan. Merancang rute distribusi yang salah dapat menyebabkan peningkatan biaya operasional (bahan bakar, perawatan kendaraan, dan biaya lembur), keterlambatan pengiriman, dan risiko kegagalan produk karena kondisi perjalanan yang tidak ideal.

PT. Yakult Indonesia Persada, produsen minuman probiotik terkemuka, menempatkan prioritas tinggi pada distribusi untuk memastikan produknya tersedia dan tetap segar. Cabang Lhokseumawe melayani wilayah geografis tertentu dengan pola permintaan konsumen yang unik dan infrastruktur transportasi yang berbeda. Masalah yang sering dihadapi perusahaan setiap hari adalah Vehicle Routing Problem (VRP). VRP melibatkan penentuan rute optimal untuk armada kendaraan dalam melayani beberapa pelanggan, dimulai dan diakhiri di gudang, sambil mempertimbangkan berbagai batasan seperti batasan waktu dan kapasitas kendaraan. Saluran distribusi perusahaan saat ini, yang mungkin tidak ideal dalam hal waktu dan jarak, memiliki pengaruh langsung terhadap biaya logistik yang tinggi.

Ant Colony Optimization (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Semut memiliki kemampuan untuk mengenali lingkungan yang kompleks dalam upaya mencari sumber makanan, kemudian kembali ke sarangnya sambil meninggalkan zat feromon pada jalur yang mereka lewati. Secara sederhana, prinsip kerja semut dalam menemukan jalur terpendek pada algoritma ACO meniru perilaku alami semut di alam. Dalam prosesnya, koloni semut dapat menentukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan melalui jejak feromon yang tertinggal di lintasan sebelumnya. Semakin banyak semut yang melewati suatu jalur, maka semakin kuat pula jejak feromon yang terbentuk. Akibatnya, jalur yang jarang dilalui oleh semut akan semakin sedikit dilewati hingga akhirnya ditinggalkan sama sekali (Syukriyah, 2022).

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu untuk menyelidiki secara rinci saluran distribusi yang saat ini digunakan oleh PT. Yakult Indonesia Persada Cabang Lhokseumawe. Setelah itu, studi ini akan mengusulkan rute distribusi baru menggunakan Algoritma ACO. Tujuan utama studi ini adalah untuk mengidentifikasi rute distribusi yang paling efisien, yang diharapkan dapat mengurangi jarak tempuh total, mempersingkat waktu perjalanan, dan pada akhirnya menurunkan biaya operasional distribusi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengambilan keputusan logistik strategis perusahaan dan memperkaya pengetahuan ilmiah di bidang optimasi rute distribusi.

METODE PENELITIAN

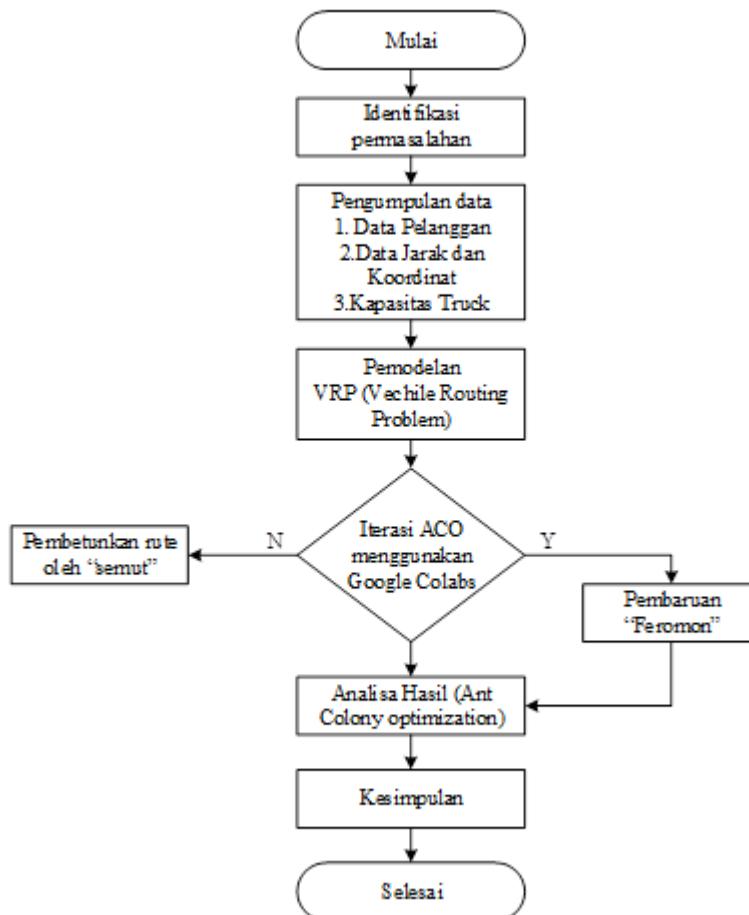
Penelitian ini dilakukan melalui tahap awal yaitu studi literatur terkait metode yang akan digunakan. Dilanjutkan dengan perumusan masalah penentuan rute distribusi yang tidak optimal karena sistem saat ini belum secara cermat memperhitungkan jarak tempuh antar pelanggan, kapasitas kendaraan, serta variasi permintaan di setiap wilayah. Kemudian, Pengumpulan data yang diperoleh dari literatur terkait, yaitu data pelanggan, jumlah dan kapasitas kendaraan, data permintaan, dan data lokasi pada Google Maps.

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan software Google Colabs. Langkah awal dalam penerapan algoritma ACO adalah menentukan parameter-parameter utama yang digunakan dalam proses optimasi. Pada penelitian ini digunakan 20 semut buatan ($n_{ants} = 20$) dengan kapasitas kendaraan sebesar 2000 unit. Jumlah iterasi yang digunakan adalah 10.000 kali, dengan parameter-parameter algoritma sebagai berikut.

$$\text{Parameter pengaruh feromon } (\alpha) = 1,0$$

Parameter pengaruh visibilitas (β)	= 2.0
Tingkat evaporasi feromon (ρ)	= 0,5
Konstanta feromon (q)	= 100
Nilai feromon awal (τ_0)	= 1,0

Adapun alur kegiatan pada penelitian ini, dibuat dalam bentuk diagram alir (flowchart) penelitian yang disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengumpulan data nama lokasi serta permintaan pelanggan diperoleh dari penelitian sebelumnya yang menggunakan algoritma Tabu Search pada PT. Yakult Persada Cabang Lhokseumawe sebagaimana tercantum dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data toko dan permintaan pelanggan

No	Toko	Permintaan	No	Toko	Permintaan
1	Semoga jaya	925	24	Jamal	175
2	Putra	538	25	Central mm	156
3	Selangor	450	26	Hamyas	150
4	Mulyadi	325	27	Kios salma	150
5	Iqbal	288	28	Yahya	150
6	Ryb market	175	29	Harapan	150
7	Mentari	150	30	Mawaar	912
8	MDM	950	31	Iskar	888

9	Ramlil	512	32	Kios jufri	362
10	Nurdin husein	325	33	Cemerlang	312
11	Ismail	300	34	alfamart	300
12	Mitra	300	35	Kios irma	237
13	Bina usaha	300	36	Wak ranup	225
14	Raul	287	37	M2M	225
15	Toko mulyadi	262	38	Selayang	187
16	Safii	250	39	Marzal	187
17	Permata	250	40	Rezeki	175
18	Samsul	225	41	Mama MM	163
19	CA MM	212	42	Faisal	163
20	Johor Baru	188	43	Jamal	160
21	Bersama	188	44	Setia budi	150
22	Han cell	175	45	Adek abang	150
23	Hj nuraini	175		Total	13477

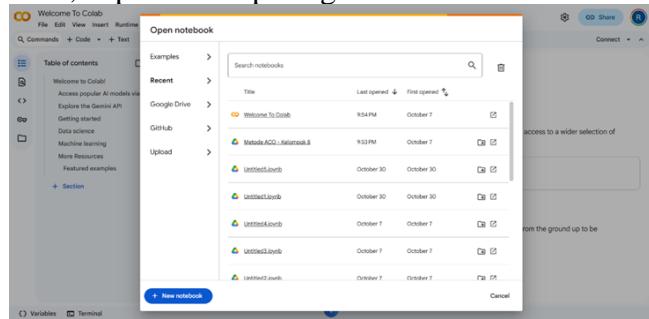
Selanjutnya, tahap pencarian lokasi pendistribusian dengan menggunakan aplikasi Google maps dan memperoleh nilai latitude dan longitude dari setiap titik lokasi konsumen pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Data titik lokasi pelanggan (toko)

Kode	Latitude	Longitude	Kode	Latitude	Longitude
A1	5.046720	97.321597	A24	4.944668	97.469150
A2	5.037385	97.274533	A25	5.129760	97.398482
A3	5.042173	97.267151	A26	5.129973	97.395521
A4	5.030633	97.264061	A27	4.470364	97.973192
A5	5.033839	97.268782	A28	5.128262	97.145740
A6	5.034219	97.276859	A29	5.202258	97.372975
A7	5.033210	97.275306	A30	5.043914	97.321572
A8	4.470696	97.973116	A31	5.051359	97.317951
A9	5.03944	97.276237	A32	5.073188	97.342496
A10	5.117605	97.460456	A33	5.117319	97.208289
A11	4.946582	97.468635	A34	5.073188	97.342496
A12	5.133165	97.341000	A35	4.922641	97.362104
A13	5.096718	97.418352	A36	5.073199	97.342517
A14	5.132333	97.406475	A37	5.041190	97.320697
A15	5.202226	97.372847	A38	5.164103	96.987970
A16	5.071469	97.424601	A39	4.899381	97.361418
A17	5.196356	97.368896	A40	5.255633	96.976536
A18	5.182628	97.369699	A41	4.475925	97.972915
A19	5.130207	97.400845	A42	4.920968	97.360044
A20	5.187666	97.378028	A43	5.052215	97.318733
A21	4.948089	97.468828	A44	5.187599	97.520611
A22	5.156367	97.472874	A45	5.046178	97.311251
A23	5.129302	97.146321			

Proses pencarian rute optimum menggunakan software Google Colab sebagai platform pemrograman berbasis cloud. Google Colab dipilih karena dapat menjalankan bahasa pemrograman Python secara langsung tanpa perlu instalasi. Pada

tampilan utama pilih file, setelah itu pilih menu new notebook in drive untuk membuka dan menyimpan file baru, dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Tampilan awal Google Colab

Proses pencarian rute optimum selanjutnya yaitu dengan mengimpor source code dapat dilihat disini yang telah berisi nilai longitude dan latitude beserta parameternya. Setelah itu program dijalankan dengan memilih menu run all, dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

```

import numpy as np
import pandas as pd
import math
import random
from typing import List, Tuple, Dict
import matplotlib.pyplot as plt

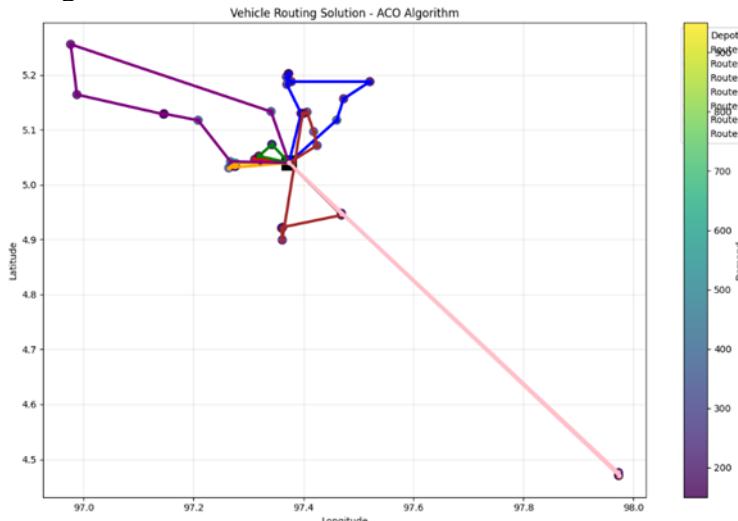
class ACOVehicleRouting:
    def __init__(self, distances, demands, vehicle_capacity=2000, n_ants=20, n_iterations=10000,
                 alpha=1.0, beta=1.0, rho=0.5, q=1000):
        self.distances = distances
        self.demands = demands
        self.vehicle_capacity = vehicle_capacity
        self.n_ants = n_ants
        self.n_iterations = n_iterations
        self.alpha = alpha # Pheromone Importance
        self.beta = beta # Heuristic Importance
        self.rho = rho # Pheromone evaporation
        self.q = q # Pheromone deposit factor
        self.n_nodes = len(distances)
        self.pheromone = np.ones((self.n_nodes, self.n_nodes)) * 0.1

    def euclidean_distance(lat1, lon1, lat2, lon2):
        """Calculate distance between two points using Euclidean formula"""
        R = 6371 # Earth radius in km
        lat1, lon1, lat2, lon2 = np.deg2rad([lat1, lon1, lat2, lon2])
        dlon = lon2 - lon1
        dlat = lat2 - lat1
        a = np.sin(dlat/2)**2 + np.cos(lat1) * np.cos(lat2) * np.sin(dlon/2)**2
        c = 2 * np.arctan2(np.sqrt(a), np.sqrt(1-a))
        distance = R * c
        return distance

```

Gambar 3 Tampilan memasukkan source code

Setelah program dijalankan, maka akan diperoleh output pencarian jalur optimasi beserta grafik yang menggambarkan rute terbaik. Dapat dilihat bahwa semua rute yang dilalui berawal dari distributor center dan berakhir ke distributor center menggunakan 7 unit mobil box. Adapun gambar jalur serta total jarak masing-masing rute yang dihasilkan adalah sebagaimana gambar 3 berikut.

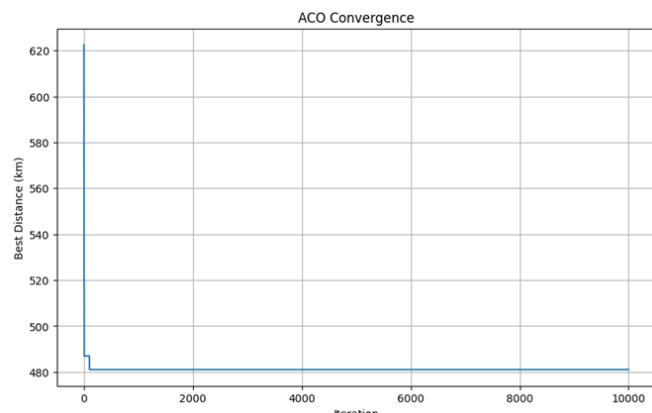


Gambar 4 Hasil pencarian rute optimal

Gambar 4 menunjukkan pemetaan lokasi pelanggan (titik – titik) dan Depot/Distributor Center (ditandai dengan ikon truk berwarna hitam) yang terhubung oleh tujuh (7) jalur rute berbeda. Setiap rute diwakili oleh warna yang berbeda (Rute 1 hingga

Rute 7), yang mengindikasikan bahwa total armada yang dibutuhkan untuk melayani seluruh permintaan pelanggan adalah 7 unit mobil box. Aspek – aspek penting dari hasil visualisasi ini sebagai berikut.

1. Titik Awal dan Akhir (Depot): seluruh rute (garis berwarna) secara konsisten berawal dari titik Depot (Distributor Center) dan kembali ke Depot. Hal ini memverifikasi bahwa model ACO telah berhasil mematuhi kendala dasar dalam Vehicle Routing Problem (VRP).
2. Efisiensi Rute: garis-garis yang terbentuk menunjukkan pola jalur yang relatif padat di wilayah pusat (sekitar Depot) dan merenggang ke lokasi pelanggan terjauh. Ini mencerminkan upaya Algoritma ACO dalam meminimalkan total jarak tempuh dengan mengelompokkan pelanggan yang berdekatan ke dalam satu rute yang sama.
3. Kendala Kapasitas: panjang dan sebaran rute menunjukkan bahwa setiap rute telah dirancang untuk memenuhi permintaan total pelanggan di dalamnya tanpa melebihi batas kapasitas angkut 7 unit mobil box yang ditetapkan dalam parameter awal ACO.
4. Inkonsistensi Jarak Jauh: terlihat adanya satu rute (ditunjukkan dengan garis berwarna merah muda/pink) yang memiliki jangkauan sangat jauh ke arah kanan bawah, menunjukkan bahwa Algoritma ACO mengidentifikasi pelanggan di lokasi terpencil tersebut dan mengalokasikannya ke dalam rute terpisah, karena pengelompokan dengan rute terdekat lainnya mungkin akan melanggar kendala kapasitas atau menghasilkan rute yang lebih tidak efisien secara keseluruhan.



Gambar 5 Konvergensi hasil pencarian rute optimal

Pada Gambar 5 (ACO Convergence) menyajikan grafik konvergensi yang sangat penting untuk memvalidasi kinerja dan kestabilan Algoritma ACO selama proses iterasi. Grafik ini menggambarkan hubungan antara jumlah iterasi (sumbu X) dan nilai jarak total rute terbaik ditemukan oleh algoritma pada setiap iterasi (sumbu Y). Interpretasi dari grafik konvergensi adalah sebagai berikut:

1. Penemuan Solusi Awal yang Cepat: Pada iterasi awal (di bawah iterasi ke-100), terlihat adanya penurunan drastis pada "Best Distance" dari sekitar 620 km menjadi sekitar 485 km. Hal ini menunjukkan bahwa semut-semut virtual dengan cepat menemukan perbaikan signifikan terhadap solusi awal yang mungkin dihasilkan secara acak atau menggunakan metode heuristik sederhana
2. Tahap Eksplorasi dan Eksplorasi: Setelah penurunan tajam di awal, kurva menjadi relatif datar di sekitar jarak 482 km. Ini menunjukkan bahwa Algoritma ACO telah memasuki fase konvergensi. Dalam fase ini, algoritma terus mencari perbaikan (eksplorasi) tetapi pada dasarnya telah menemukan jalur feromon yang kuat pada rute optimal (eksplorasi).
3. Stabilitas Konvergensi: Sejak kurang lebih iterasi ke-3000 hingga iterasi terakhir (10.000), nilai jarak rute terbaik tidak mengalami perubahan yang signifikan dan

menetap pada nilai minimum yang ditemukan. Stabilitas ini (konvergensi datar) mengindikasikan bahwa algoritma telah mencapai solusi yang stabil dan mendekati optimal (lokal atau global) dalam ruang pencarian. Apabila iterasi dilanjutkan, sangat kecil kemungkinan didapatkannya perbaikan rute yang substansial.

4. Jarak Optimal: Jarak total rute terbaik yang berhasil dicapai oleh Algoritma ACO adalah sekitar 482 km. Nilai ini merepresentasikan total jarak minimum yang harus ditempuh oleh seluruh 7 unit mobil box untuk melayani semua pelanggan yang ada di wilayah distribusi PT. Yakult Indonesia Persada Cabang Lhokseumawe.

Konvergensi yang stabil dan cepat ini menunjukkan bahwa parameter Algoritma ACO yang digunakan (misalnya, α , β , ρ , dan jumlah semut) telah diatur dengan baik, memungkinkan algoritma untuk menyeimbangkan antara eksplorasi solusi baru dan eksplorasi solusi yang sudah baik, sehingga mencapai hasil optimal dalam jumlah iterasi yang wajar. Selanjutnya, jarak 482 km ini akan menjadi patokan untuk perbandingan dengan rute eksisting perusahaan.

Tabel 3 Rekapitulasi hasil algoritma ACO

Rute	A	B	C
1	1137.9 km	1065.4 km	14.26 km
2	719.8 km	656.4 km	60.76 km
3	210.6 km	200.4 km	15.07 km
4	894.6 km	885.3 km	25.29 km
5	929.2 km	892 km	111.27 km
6	848.85 km	843.45 km	70.35 km
7	1304.4 km	1248.6 km	184.03 km

Rekapitulasi hasil total jarak per masing – masing rute dengan algoritma ACO (C) beserta perbandingan dengan total jarak PT Yakult Indonesia Persada Cabang Lhokseumawe (A) dan algoritma Tabu Search (B) ditunjukkan pada Tabel 3. Diperoleh bahwa penggunaan algoritma ACO mampu meminimalkan total jarak distribusi dibandingkan dan memperoleh nilai lebih kecil dibandingkan dengan metode Tabu Search.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perancangan rute distribusi optimal pada PT. Yakult Indonesia Persada Cabang Lhokseumawe menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) terbukti efektif dalam memecahkan masalah Vehicle Routing Problem (VRP). Setelah proses optimasi, algoritma ACO berhasil meminimalkan total jarak tempuh seluruh rute menjadi 482 km, yang berarti terjadi penurunan jarak sebesar 118 km dibandingkan rute eksisting perusahaan. Pengurangan jarak ini mengindikasikan adanya potensi penghematan biaya operasional distribusi yang signifikan, khususnya pada pos biaya bahan bakar dan perawatan kendaraan. Selain itu, grafik konvergensi ACO menunjukkan stabilitas solusi pada iterasi ke-3000, memvalidasi bahwa algoritma telah menemukan solusi yang stabil dan mendekati optimal dalam ruang pencarian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ary, M. (2022). Optimasi Vehicle Routing Problem Pada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode Ant Colony Optimization. *Jurnal Tekno Insentif* 16 (2), 139-149.
- Haidi, M. P., & Affandi, P. (2025). Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Terpendek Studi Kasus Distribusi Minyak Goreng Toko Cahaya Berkah. *Journal of*

Mathematics & Information Technology 3 (1), 9-17.

- Ihsan, A., Adlie, T. A., & Harliansyah, S. (2023). Optimalisasi Pencarian Jalur Terpendek Mobile Robot dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO) . Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika 23 (1), 39-54.
- Luthfi, Khoswara, M., H, H. S., & Suseno. (2023). Pencarian Rute Optimal Distribusi Melalui Pendekatan Metode Ant Colony Optimization (ACO) (Studi Kasus : Bakpia Pathok 25) . Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT) 2 (2), 63-71.
- Prasetyo, S. A., & Suseno. (2024). Optimasi Rute dengan Metode Ant Colony Optimization dan Nearest Neighbor di Perusahaan Yellow Moon Production. Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik 2 (6), 619-632.
- Ritonga, R. P., Zakaria, M., & Syukriah. (2021). Penugasan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Tabu Search pada PT. Yakult Indonesia Persada Cabang Lhokseumawe. Industrial Engineering Journal 10 (1).
- Riyantara, W. A., Simatupang, R., Wolok, E., & Lahay, I. H. (2025). Analisis Penentuan Rute Distribusi Produk Makanan Menggunakan Pendekatan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) PT. Cipta Langgeng Mitra Sukses. Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan 4 (1), 4765-4774.
- Saputra, D. W. (2022). Optimalisasi Rute Distribusi Kurir Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (Studi Kasus: JNE Balige). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan, 159-165.
- Setyati, E., & Juniarwati, I. (2022). Ant Colony Optimization untuk Menyelesaikan Perutean Distribusi Snack dengan Vehicle Routing Problem . Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan (J-TIT) 9 (2), 111-117.
- Sianturi, R. Y., Rahayudi, B., & Widodo, A. W. (2021). Implementasi Algoritme Ant Colony Optimization untuk Optimasi Rute Distribusi Produk Kebutuhan Pokok dari Toko Sasana Bonafide Mojoroto . Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer 5 (7), 3190-3197.
- Syukriyah, Akmal, S., & Ramadhani, S. (2022). Perancangan Rute Distribusi Sirup dengan Menggunakan Metode Algoritma Ant Colony Optimization di UD. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen. Industrial Engineering Journal 11 (1).