

**ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN RUTE
DISTRIBUSI TABUNG GAS 3KG DENGAN MENGGUNAKAN
ALGORITMA ANT COLONY DI PT. HARITSAH**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

BINTANG

NPM. 2109010023



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

**ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN RUTE
DISTRIBUSI TABUNG GAS 3KG DENGAN MENGGUNAKAN
ALGORITMA ANT COLONY DI PT. HARITSAH**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

BINTANG

NPM. 2109010023

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN
RUTE DISTRIBUSI TABUNG GAS 3KG DENGAN
MENGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY DI
PT. HARITSAH

Nama Mahasiswa : BINTANG

NPM : 2109010023

Program Studi : SISTEM INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Wilda Rina Hasibuan. S.T.,M.Kom)
NIDN. 0105017703

Ketua Program Studi



(Dr. Firahmi Rizky, M.Kom)
NIDN. 0116079201

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI TABUNG GAS 3KG DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY DI PT.

HARITSAH

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, September 2025

Yang membuat pernyataan



Bintang

NPM. 2109010023

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bintang
NPM : 2109010023
Program Studi : Sistem Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI TABUNG
GAS 3KG DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY DI PT.
HARITSAH**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, September 2025

Yang membuat pernyataan



Bintang

NPM. 2109010023

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Bintang
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 26 Desember 2002
Alamat Rumah : Jl Benteng Hilir, Perumahan Banyu Indah
Telepon/Faks/HP : 081212360668
E-mail : bintangalfarobi26@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SD Muhammadiyah 18 Medan	TAMAT: 2015
SMP	: SMP Muhammadiyah 07 Medan	TAMAT: 2018
SMA	: SMA Negeri 7 Medan	TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Analisis Dan Implementasi Penentuan Rute Distribusi Tabung Gas 3kg Dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony Di Pt. Haritsah". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Bapak Halim Maulana., ST., M.Kom. Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
4. Bapak Lutfi Basit, S.Sos., M.I.Kom. Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Dr. Firahmi Rizky, M.Kom. Ketua Program Studi Sistem Informasi.
6. Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom., M. Kom. Sekretaris Program Studi Sistem Informasi.
7. Wilda Rina Hasibuan. S.T.,M.Kom selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan kepada penulis.
8. Bapak Andika Suras Saputra, S.M selaku biro yang telah menjalankan tugas dengan baik kepada mahasiswa seperti penulis.

9. Kedua orang tua tercinta, atas doa, dukungan moral dan material, serta kasih sayang yang tiada henti-hentinya.
10. Saudara dan keluarga besar yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan studi.
11. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Sistem Informasi angkatan 2021, atas kebersamaan, bantuan, dan dukungan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
12. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI
TABUNG GAS 3KG DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT
COLONY DI PT. HARITSAH

ABSTRAK

Distribusi tabung gas LPG 3 kg memiliki peranan penting dalam rantai pasokan energi rumah tangga di Indonesia. PT. Haritsah sebagai distributor menghadapi permasalahan dalam menentukan rute distribusi yang efisien, karena metode manual yang bergantung pada pengalaman pengemudi seringkali menimbulkan biaya transportasi tinggi dan keterlambatan pengiriman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis serta mengimplementasikan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dalam menentukan rute distribusi optimal. Data yang digunakan meliputi jarak antar pangkalan LPG di Kota Medan dan kapasitas kendaraan distribusi. Metode ACO diterapkan melalui simulasi iteratif dengan parameter jumlah semut, tingkat evaporasi, serta iterasi pencarian rute. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan rute distribusi dengan jarak tempuh yang lebih singkat dibandingkan metode manual perusahaan, sehingga berpotensi menurunkan biaya operasional, mengurangi waktu distribusi, serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan demikian, penerapan algoritma ACO dapat menjadi solusi efektif dalam optimasi rute distribusi tabung gas 3 kg pada PT. Haritsah.

Kata Kunci: Distribusi LPG; Vehicle Routing Problem (VRP); Ant Colony Optimization; Optimasi Rute.

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF 3KG GAS CYLINDER
DISTRIBUTION ROUTE DETERMINATION USING ANT COLONY
ALGORITHM AT PT. HARITSAH

ABSTRACT

The distribution of 3 kg LPG cylinders plays a vital role in the household energy supply chain in Indonesia. PT. Haritsah, as a distributor, faces challenges in determining efficient distribution routes, as manual methods relying on drivers' experience often result in high transportation costs and delivery delays. This study aims to analyze and implement the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm in determining optimal distribution routes. The research data includes the distance between LPG bases in Medan and vehicle capacity. ACO was applied through iterative simulations with parameters such as the number of ants, evaporation rate, and route search iterations. The results indicate that ACO successfully generated shorter distribution routes compared to the company's manual method, thus reducing operational costs, minimizing delivery time, and improving resource efficiency. Therefore, applying the ACO algorithm provides an effective solution for optimizing the distribution routes of 3 kg LPG cylinders at PT. Haritsah.

Keywords: LPG Distribution; Vehicle Routing Problem (VRP); Ant Colony Optimization; Route Optimization.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Peneltiian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Distribusi	7
2.2. Graf.....	1
2.2.1 Derajat Titik.....	2
2.1.2 Jenis-Jenis Graf.....	5
2.3. Optimasi	7
2.3.1 Jenis-Jenis Permasalahan Optimasi	8
2.3.2 Permasalahan Lintasan Terpendek	9
2.3.3 Solusi Masalah Optimasi	9
2.4. <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO).....	10
2.5. Google Map Api.....	18
2.6. PHP.....	18
2.7. HTML.....	18
2.8. CSS.....	19
2.9. Java Script	19
2.10. Xampp	19
2.11. MySQL.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	21

3.1. Jenis Penelitian	21
3.2. <i>Flowchart</i>	21
3.3. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	22
3.4. Tinjauan Pustaka	22
3.5. Pengolahan Data.....	22
3.6. Perancangan Algoritma dengan Software	23
3.7. Implementasi	27
3.8. Pengujian dan Evaluasi	27
BAB IV HASIL DAN UJI COBA.....	28
4.1. Jenis Penelitian	28
4.2. Flowchart Sistem.....	28
4.3. Hasil.....	29
4.4. Pembahasan	31
BAB V PENUTUP	74
5.1. Kesimpulan.....	74
5.2. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Data Sampel Pangkalan di PT. Haritsah	22
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Graf Tripartisi Lengkap $K_{2,3,5}$	5
Gambar 2.2 Graf Berarah dan Berbobot	6
Gambar 2.3 Graf Tidak Berarah dan Berbobot.....	6
Gambar 2.4 Graf Berarah dan Tidak Berbobot.....	7
Gambar 2.5 Graf Tak Berarah dan Tak Berbobot.....	7
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	21
Gambar 4.1. Alur Flowchart Sistem	29
Gambar 4.2. Pengaturan Ant Colony	30
Gambar 4.3. Peta Hasil.....	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyaluran produk dari produsen hingga sampai ke konsumen merupakan proses yang disebut distribusi (Julianti Pasaribu, 2022). Upaya mempermudah konsumen dalam mendapatkan produk yang diinginkan menjadi prioritas utama setiap perusahaan demi mencapai kepuasan pelanggan. Dalam sistem distribusi, pemilihan rute memegang peranan penting dalam menentukan jarak tempuh dan biaya yang harus dikeluarkan (Usman & Oktiarso, 2018). Apabila rute yang dipilih optimal, sistem distribusi akan berjalan lebih efektif dan efisien, karena rute yang dilalui memiliki jarak minimal sehingga segala elemen yang berkaitan dengan jarak juga menjadi minimal.

Salah satu contoh kegiatan pendistribusian adalah pengiriman tabung gas *liquid petroleum gas* (LPG). Perubahan penggunaan bahan bakar dari minyak tanah ke gas menyebabkan kebutuhan akan gas LPG terus meningkat (Setyono & Kiono, 2021). Proses distribusi tabung gas LPG dimulai dari pengadaan LPG yang dihasilkan dari kilang di dalam negeri dan pengadaan melalui impor. LPG yang berasal dari kilang atau impor ini kemudian disalurkan ke depot-depot LPG. Dari depot ini, LPG selanjutnya didistribusikan ke stasiun pengisian bahan bakar elpiji (SPBE). Di SPBE, produk LPG mulai diisi ke dalam tabung LPG berukuran 3 kg, 12 kg, dan 50 kg yang kemudian disalurkan ke agen-agen LPG. Agen LPG kemudian mendistribusikan gas tersebut ke subagen atau pangkalan LPG. Selanjutnya, jika kondisi pasar memerlukan pasokan LPG, subagen atau pangkalan

LPG akan mendistribusikan gas tersebut ke pengecer atau langsung ke konsumen akhir.

Distribusi tabung gas 3kg memegang peranan vital dalam rantai pasokan energi rumah tangga di Indonesia. PT. Haritsah, sebagai salah satu distributor, menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan rute distribusi demi memastikan pasokan yang tepat waktu dan efisien kepada pelanggan. Efisiensi ini krusial tidak hanya untuk kepuasan pelanggan, tetapi juga untuk menekan biaya operasional perusahaan.

Permasalahan utama yang dihadapi PT. Haritsah adalah penentuan rute distribusi yang optimal. Praktik manual yang mengandalkan pengalaman pengemudi seringkali menghasilkan rute yang kurang efisien, memicu biaya transportasi yang tinggi, keterlambatan pengiriman, penggunaan sumber daya yang tidak efisien, dan kesulitan dalam mengatasi perubahan permintaan. Sering kali, kendala muncul ketika sistem distribusi harus mengunjungi banyak lokasi atau *node* tanpa pengulangan dan kembali ke titik awal. Situasi ini menghasilkan beragam kemungkinan rute yang harus ditempuh. Masalah ini dikenal sebagai *vehicle routing problem* (VRP). VRP didefinisikan sebagai upaya menentukan rute distribusi barang atau jasa ke pelanggan dengan lokasi berbeda dan permintaan yang telah diketahui, dari satu atau lebih depot, sambil memenuhi batasan tertentu (Adnan, 2023). Seiring perkembangan, VRP terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan batasan dan kondisi khusus yang diterapkan. Salah satu jenisnya adalah *capacitated vehicle routing problem* (CVRP), di mana setiap kendaraan memiliki kapasitas terbatas. Contoh kasus CVRP adalah permasalahan

distribusi tabung gas LPG dari PT. Harum Ossamac, sebuah agen LPG di Grobogan, ke beberapa subagen atau pangkalan.

Untuk mengatasi hal ini, diperlukan pendekatan sistematis dan terkomputerisasi. Algoritma *Ant Colony* (ACO), yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek, menawarkan solusi yang efektif (Yuliati, Qomaria, & Hamid, 2024). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jarak, waktu tempuh, kapasitas kendaraan, dan lokasi pelanggan, algoritma ACO diharapkan dapat menghasilkan rute yang lebih efisien dan efektif.

Sejumlah penelitian mengenai algoritma *Ant Colony* antara lain yaitu Daniel Udjulawa dan Serly Oktarina pada tahun 2022 yang melakukan penelitian berjudul “Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata” dimana ditemukan bahwa penerapan *algoritma Ant Colony Optimization* menunjukkan bahwa nilai rute terpendek yang diperoleh adalah 205,12025621393 satuan jarak. Perhitungan ini didasarkan pada penentuan satu titik awal, yang berfungsi sebagai pusat dalam menentukan rute menuju berbagai lokasi wisata yang dituju (Udjulawa & Oktarina, 2022).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Nur Alfa Husna, Desvita Hendri, Hilmi Zalnel Haq, dan Akhas Rahmadeyan pada tahun 2023 yang berjudul “Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Penentuan Jalur Terpendek Klinik dari Lokasi Rawan Kecelakaan Di Kota Pekanbaru” dimana ditemukan bahwa penelitian ini berhasil menetapkan rute paling efisien dari lokasi-lokasi yang rentan kecelakaan di Kota Pekanbaru menuju fasilitas kesehatan terdekat, dengan memanfaatkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Proses awal penelitian

ini melibatkan implementasi ACO yang difasilitasi oleh *Google Maps* dan perangkat lunak *MATLAB* (Husna, Hendri, Haq, & Rahmadeyan, 2023).

Berdasarkan penjelasan yang telah dijabarkan sebelumnya, penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian berjudul “Analisis dan Implementasi Penentuan Rute Distribusi Tabung Gas 3Kg dengan Menggunakan Algoritma *Ant Colony* di PT. Haritsah”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada makalah ini yaitu:

1. Bagaimana menganalisis rute terpendek distribusi tabung gas 3 kg yang optimal di PT. Haritsah dengan algoritma *Ant Colony*?
2. Bagaimana mengimplementasikan rute terpendek distribusi tabung gas 3 kg yang optimal di PT. Haritsah dengan algoritma *Ant Colony*.
3. Bagaimana perbandingan efisiensi rute distribusi tabung gas 3 kg yang dihasilkan oleh algoritma *Ant Colony* dibandingkan dengan rute distribusi yang telah diterapkan PT. Haritsah saat ini?
4. Bagaimana potensi penghematan biaya operasional yang dapat dicapai PT. Haritsah setelah menerapkan rute distribusi tabung gas 3 kg yang optimal menggunakan algoritma *Ant Colony*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diteliti dalam tugas akhir skripsi ini difokuskan pada penentuan rute distribusi tabung gas *liquified petroleum gas* 3 kilogram dari PT. Haritsah, ke sejumlah subagen atau pangkalan yang tersebar di wilayah Kota Medan dengan data permintaan pada bulan April 2025. Pencarian rute optimal

dilakukan dengan menerapkan algoritma *Ant Colony*, serta memanfaatkan perangkat lunak *Google Map Api*.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan penelitian ini yaitu:

1. Menentukan rute terpendek distribusi tabung gas 3 kg di PT. Haritsah dengan algoritma *Ant Colony*.
2. Mengimplementasikan rute terpendek distribusi tabung gas 3 kg yang optimal di PT. Haritsah dengan algoritma *Ant Colony*
3. Menentukan efektivitas algoritma *Ant Colony* dalam menentukan rute terpendek dibandingkan dengan rute distribusi yang telah diterapkan PT. Haritsah saat ini.
4. Menentukan potensi penghematan biaya operasional yang dapat dicapai PT. Haritsah setelah menerapkan rute distribusi tabung gas 3 kg yang optimal menggunakan algoritma *Ant Colony*.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi PT Haritsah, analisis ini akan membantu mengoptimalkan rute distribusi tabung gas LPG, mengurangi biaya transportasi, dan meningkatkan efisiensi operasional. Dengan algoritma *Ant Colony*, perusahaan dapat mengidentifikasi rute terpendek dan paling efisien, yang akan berdampak pada penghematan bahan bakar, waktu pengiriman, dan biaya pemeliharaan kendaraan.
2. Dari segi akademis, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang optimasi rute dan logistik. Penerapan algoritma *Ant Colony* pada kasus nyata distribusi LPG akan

menjadi studi kasus yang berharga, memperkaya literatur, dan membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti dalam mengembangkan model optimasi rute yang lebih kompleks.

3. Bagi masyarakat, penelitian ini berpotensi meningkatkan ketersediaan dan keterjangkauan LPG. Rute distribusi yang efisien akan memastikan pasokan LPG yang stabil dan tepat waktu, mengurangi risiko kelangkaan, dan menjaga harga tetap stabil. Selain itu, pengurangan biaya transportasi dapat berujung pada harga LPG yang lebih terjangkau bagi konsumen akhir. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menguntungkan perusahaan, tetapi juga memberikan dampak positif pada kesejahteraan masyarakat secara luas.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Distribusi

Penyaluran barang atau jasa, yang dikenal sebagai distribusi, memegang peranan penting dalam kegiatan pemasaran. Distribusi dapat diartikan sebagai serangkaian upaya pemasaran yang bertujuan untuk memperlancar dan mempermudah perpindahan barang atau jasa dari pihak produsen ke pihak konsumen (Nurzaman, 2024). Dengan demikian, barang atau jasa tersebut dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan konsumen, baik dari segi jenis, jumlah, harga, lokasi, maupun waktu yang tepat.

Perusahaan distributor berperan sebagai penghubung dalam alur penyaluran produk, menghubungkan produsen atau *manufacturer* dengan pengecer atau *retailer* (Perangin-angin & others, 2024). Prosesnya dimulai ketika produk selesai dibuat di pabrik, kemudian dikirimkan dan umumnya dijual kepada distributor. Distributor ini selanjutnya bertindak sebagai pemasok, menjual produk tersebut kepada pengecer atau langsung kepada pelanggan akhir. Rangkaian lembaga distributor yang terlibat dalam penyaluran barang atau jasa dari produsen ke konsumen disebut sebagai saluran distribusi.

Perusahaan menghadapi berbagai hambatan dalam proses distribusi produknya, yang dapat dikelompokkan menjadi faktor internal dan eksternal. Hambatan internal timbul dari kebijakan perusahaan terkait distribusi dan pelayanan, serta keterbatasan sarana dan prasarana penunjang distribusi (Amalia,

2021). Di sisi lain, hambatan eksternal muncul dari metode distribusi yang diterapkan dan lokasi tujuan distribusi, yaitu konsumen.

2.2. Graf

Graf didefinisikan sebagai himpunan titik-titik yang saling terhubung melalui garis-garis. Dalam terminologi matematika, graf diartikan sebagai pasangan himpunan (V, E) (Rohmadina, 2024). V merupakan himpunan yang tidak kosong, yang elemen-elemennya disebut sebagai titik (*vertices* atau *nodes*). Sementara itu, E adalah himpunan dari pasangan dua elemen yang merupakan himpunan bagian dari V , yang disebut sebagai sisi (*edges* atau *arcs*). Umumnya, graf digunakan sebagai model untuk merepresentasikan objek-objek diskret dan hubungan yang terjalin di antara objek-objek tersebut.

Sebuah *graf* G didefinisikan sebagai pasangan himpunan yang terdiri dari himpunan titik dan himpunan sisi. Himpunan titik, yang dilambangkan dengan (G) , adalah himpunan objek-objek yang tidak kosong dan berhingga. Sementara itu, himpunan sisi, yang dilambangkan dengan (G) , adalah himpunan pasangan tak berurutan dari titik-titik berbeda yang mungkin kosong di $V(G)$ (Saleha & others, 2022). Banyaknya unsur dalam himpunan titik (G) disebut order dari *graf* G dan dilambangkan dengan $p(G)$. Di sisi lain, banyaknya unsur dalam himpunan sisi (G) disebut ukuran dari *graf* G dan dilambangkan dengan $q(G)$.

Dalam konteks graf, sebuah sisi yang dilambangkan dengan $e = (u, v)$ berfungsi sebagai penghubung antara dua titik, yaitu titik u dan titik v . Apabila $e = (u, v)$ merupakan sisi dari suatu graf yang dilambangkan dengan G , maka titik u dan v dikatakan terhubung langsung atau *adjacent* (Indrawati, 2022). Selain itu, titik v dan sisi e , serta titik u dan sisi e juga disebut terkait langsung atau *incident*. Titik u

dan v sendiri disebut sebagai ujung dari sisi e . Dua sisi yang berbeda, yaitu e_1 dan e_2 , dikatakan terhubung langsung atau *adjacent* jika keduanya terhubung pada satu titik yang sama. Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa suatu graf mungkin saja tidak memiliki sisi, namun harus memiliki setidaknya satu titik. Graf yang hanya memiliki satu titik tanpa satu pun sisi disebut sebagai graf *trivial*.

Berdasarkan definisi yang telah diuraikan, terdapat beberapa poin penting yang perlu diperhatikan. Pertama, himpunan titik pada graf haruslah tidak kosong dan berhingga. Hal ini secara otomatis membatasi definisi graf pada graf berhingga, yaitu graf yang memiliki himpunan titik yang terbatas. Kedua, himpunan sisi pada graf merupakan kumpulan pasangan titik yang tidak terurut dan berbeda. Istilah "pasangan tidak terurut" mengindikasikan bahwa pasangan titik (a, b) dan (b, a) dianggap sama. Oleh karena itu, graf tidak boleh mengandung sisi rangkap atau sisi paralel, yaitu dua atau lebih sisi yang menghubungkan pasangan titik yang sama. Selain itu, kata "berbeda" menunjukkan bahwa pasangan titik tersebut tidak boleh berbentuk (a, a) .

2.2.1 Derajat Titik

Dalam konteks graf G , jika kita memiliki sebuah titik yang dilambangkan dengan v , maka yang dimaksud dengan lingkungan dari v adalah himpunan yang terdiri dari semua titik dalam G yang terhubung secara langsung dengan v . Himpunan ini dinotasikan sebagai $NG(v)$ (Afandi, 2021). Selanjutnya, derajat dari titik v dalam graf G , yang dilambangkan dengan $degG(v)$, menunjukkan jumlah sisi yang menghubungkan v dengan titik-titik lain dalam graf G . Karena pembahasan ini hanya berfokus pada satu graf G , maka untuk menyederhanakan penulisan, $degG(v)$ dapat disingkat menjadi $deg(v)$ dan $NG(v)$ menjadi $N(v)$. Dengan kata lain,

derajat dari sebuah titik v ($\deg(v)$) sama dengan banyaknya anggota dalam lingkungan v ($N(v)$).

Sehingga dapat ditulis:

$$\deg(v) = |N(v)| \dots\dots\dots (2.1)$$

Dalam teori graf, terdapat istilah-istilah khusus untuk menggambarkan karakteristik titik berdasarkan derajatnya (Nasution, Siadari, Saragih, Kirana, & Siregar, 2023). Titik yang tidak memiliki sisi yang terhubung dengannya disebut titik terasing atau titik terisolasi, yang memiliki derajat nol. Sebaliknya, titik ujung atau titik akhir adalah titik yang hanya terhubung dengan satu sisi, sehingga memiliki derajat satu. Selain itu, titik dapat diklasifikasikan berdasarkan paritas derajatnya. Titik genap adalah titik yang memiliki derajat genap, sedangkan titik ganjil adalah titik yang memiliki derajat ganjil. Untuk notasi, $\Delta(G)$ melambangkan derajat maksimum dari titik-titik dalam graf G , dan $\delta(G)$ melambangkan derajat minimum dari titik-titik dalam graf G .

Persamaan jumlah derajat semua titik di graf G dengan banyaknya sisi q adalah:

$$\sum_{v \in V(G)} \deg(v) = 2q \dots\dots\dots (2.2)$$

Dalam teori graf, suatu graf G dikategorikan beraturan dengan derajat r atau beraturan- r apabila setiap titik v di dalam G memiliki derajat yang sama, yaitu $\deg(v) = r$, dengan r merupakan bilangan bulat tak negatif. Secara sederhana, sebuah graf disebut beraturan apabila terdapat suatu bilangan bulat tak negatif r sedemikian sehingga graf tersebut beraturan dengan derajat r .

Sebuah graf G disebut graf komplit apabila setiap pasangan titik berbeda di dalamnya terhubung langsung atau bertetangga. Graf komplit dengan orde n

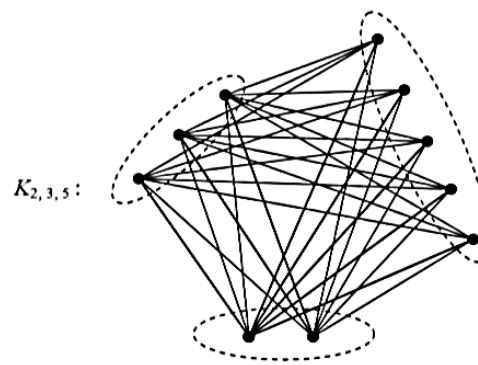
dilambangkan dengan K_n . Dengan demikian, graf K_n merupakan graf beraturan dengan derajat $(n - 1)$, ukuran $q = n(n-1)/2 = \binom{n}{2}$, dan orde $p = n$.

Dalam konteks teori graf, sebuah graf G dikategorikan sebagai bipartisi apabila himpunan titik pada G dapat dibagi menjadi dua himpunan yang tidak kosong, yaitu V_1 dan V_2 . Setiap sisi pada graf G menghubungkan satu titik di V_1 dengan satu titik di V_2 . Secara khusus, jika G adalah graf bipartisi beraturan- r dengan r lebih besar atau sama dengan 1, maka jumlah titik di V_1 sama dengan jumlah titik di V_2 , atau dapat dituliskan sebagai $|V_1| = |V_2|$.

Selain itu, terdapat konsep graf partisi- n , di mana sebuah graf G disebut partisi- n jika himpunan titiknya dapat dibagi menjadi n himpunan yang tidak kosong, yaitu $V_1, V_2, \dots, V_n$. Dalam graf partisi- n , setiap sisi pada graf G menghubungkan sebuah titik di V_i dengan sebuah titik di V_j , dengan syarat i tidak sama dengan j .

Graf G dikatakan sebagai graf partisi- n lengkap apabila G merupakan graf partisi- n yang terdiri atas himpunan partisi $V_1, V_2, \dots, V_n$. Dengan demikian, jika $u \in V_i$ dan $v \in V_j$ dengan $i \neq j$, maka $u, v \in E(G)$. Sebaliknya, jika $|V_i| = p_i$, graf ini dapat diwakili oleh $K_{p_1, p_2, \dots, p_n}$ tanpa memperhatikan urutan $p_1, p_2, \dots, p_n$. Graf partisi- n lengkap akan menjadi graf lengkap K_n hanya jika $p_i = 1$ untuk semua i . Jika $p_i = t$ untuk semua i dan $t \geq 1$, graf partisi- n lengkap ini merupakan graf beraturan yang diwakili oleh $K_n(t)$. Dengan demikian, $K_n(1)$ sama dengan K_n .

Berikut ini ilustrasi dari graf lengkap tiga partisi yang diberi label $K_{2,3,5}$. sisi yang menghubungkan dua simpul di dalam partisi yang sama.



Gambar 2.1 Graf Tripartisi Lengkap $K_{2,3,5}$

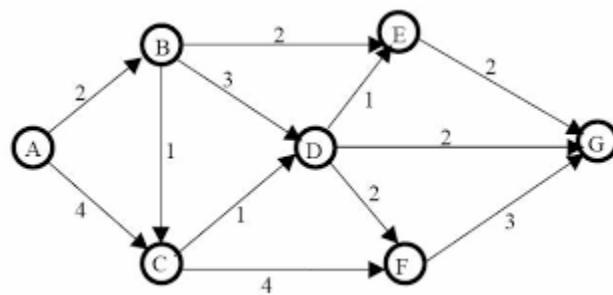
Graf berbobot adalah suatu graf yang setiap sisinya memiliki label berupa bilangan riil positif, yang disebut bobot (Kausar, 2022). Bobot ini merepresentasikan nilai tertentu yang terkait dengan sisi tersebut, misalnya jarak, biaya, atau waktu. Jika sebuah graf dilambangkan dengan G dan sebuah rusuknya dilambangkan dengan e , maka bobot dari rusuk e tersebut dilambangkan dengan $w(e)$, yang merupakan bilangan riil positif yang terhubung dengan e . Panjang jalur dalam graf berbobot dihitung dengan menjumlahkan bobot dari setiap sisi yang dilalui dalam jalur tersebut. Jarak antara dua simpul yang terhubung, misalnya u dan v , dalam graf berbobot G , dilambangkan dengan $d(u, v)$. Jarak ini diartikan sebagai panjang jalur terpendek dari simpul u ke simpul v dalam graf G . Apabila setiap sisi dalam graf memiliki bobot 1, maka graf tersebut disebut graf tanpa bobot. Dalam kasus ini, panjang jalur dan jarak dalam graf sama dengan definisi graf biasa, di mana panjang jalur dihitung berdasarkan jumlah sisi yang dilalui.

2.1.2 Jenis-Jenis Graf

Dilihat dari bobot dan arahnya, graf terbagi menjadi empat bagian yaitu:

1. Graf berarah dan berbobot

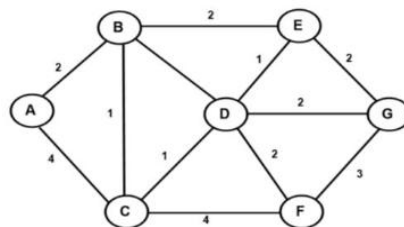
Graf ini merupakan struktur data yang terdiri atas simpul dan sisi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Setiap sisi pada graf ini memiliki arah, ditandai dengan anak panah, dan bobot tertentu. Graf ini tersusun dari tujuh simpul, yaitu simpul A, B, C, D, E, F, dan G. Simpul A terhubung dengan dua sisi, masing-masing menuju simpul B dan simpul C. Selanjutnya, simpul B memiliki tiga sisi, masing-masing menuju simpul C, D, dan E. Selain itu, diketahui pula bobot antara simpul A dan simpul B.



Gambar 2.2 Graf Berarah dan Berbobot

2. Graf tidak berarah dan berbobot

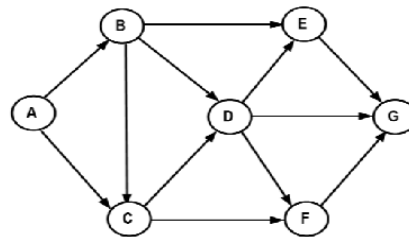
Graf yang dimaksud adalah graf berbobot tanpa arah. Graf ini terdiri atas tujuh simpul, yaitu simpul A, B, C, D, E, F, dan G. Simpul A terhubung dengan dua sisi ke simpul B dan C. Setiap sisi pada graf ini tidak memiliki arah, dan setiap sisi, termasuk sisi yang menghubungkan simpul A dan B, memiliki bobot tertentu.



Gambar 2.3 Graf Tidak Berarah dan Berbobot

3. Graf berarah dan tidak berbobot

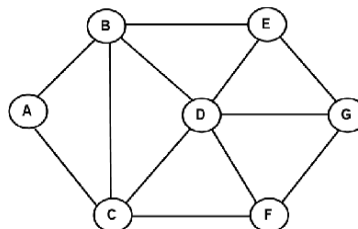
Graf yang dimaksud merupakan graf yang tidak memiliki nilai *bobot* pada setiap sisinya, namun setiap sisi tersebut memiliki arah. Graf ini terdiri atas tujuh *simpul*, yaitu A, B, C, D, E, F, dan G.



Gambar 2.4 Graf Berarah dan Tidak Berbobot

4. Graf tidak berarah dan tidak berbobot

Graf tersebut merupakan suatu struktur yang tidak memiliki bobot pada setiap sisinya, serta tidak ada arah yang membedakan antara sisi yang satu dengan yang lainnya. Struktur *graf* ini tersusun atas tujuh titik, yang masing-masing dilambangkan dengan huruf A, B, C, D, E, F, dan G.



Gambar 2.5 Graf Tak Berarah dan Tak Berbobot

2.3. Optimasi

Optimisasi merupakan suatu upaya untuk memperoleh hasil yang paling baik atau nilai efektif yang dapat dicapai. Dalam bidang matematika, optimisasi mengacu pada kajian permasalahan yang berfokus pada pencarian nilai terkecil (minimum) atau nilai terbesar (maksimum) dari suatu fungsi *riil* (Yaputera, 2022).

Guna mencapai nilai optimal tersebut, baik nilai minimum maupun maksimum, dilakukan pemilihan nilai variabel *integer* atau *riil* secara sistematis yang akan menghasilkan solusi terbaik.

Nilai optimal merujuk pada hasil yang diperoleh melalui serangkaian tahapan atau proses. Nilai ini dianggap sebagai solusi yang paling unggul di antara berbagai alternatif jawaban yang tersedia. Dalam konteks pengambilan keputusan atau penyelesaian masalah, nilai optimal mencerminkan pilihan terbaik yang dapat dicapai setelah mempertimbangkan semua kemungkinan solusi (Yuneta, Aprian, & Sinaga, 2024). Pencarian nilai optimal sering kali melibatkan penggunaan metode atau algoritma tertentu untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh benar-benar merupakan yang paling menguntungkan atau paling efisien.

2.3.1 Jenis-Jenis Permasalahan Optimasi

Masalah-masalah yang berhubungan dengan *optimisasi* memiliki tingkat kerumitan yang tinggi dalam kehidupan sehari-hari. Hasil optimal yang diperoleh dari proses *optimisasi* dapat berbentuk ukuran panjang, durasi waktu, rentang jarak, dan berbagai besaran lainnya.

Beberapa permasalahan yang termasuk dalam lingkup *optimisasi* meliputi penentuan jalur terpendek antara dua lokasi, penentuan jumlah pekerja yang paling efisien dalam suatu proses produksi untuk meminimalkan biaya tenaga kerja dan memaksimalkan hasil produksi, pengaturan rute kendaraan umum agar mencakup semua area, serta penataan *routing* jaringan kabel telepon untuk menekan biaya instalasi dan penggunaan yang efisien.

2.3.2 Permasalahan Lintasan Terpendek

Pencarian jalur terpendek merupakan proses untuk menemukan nilai variabel yang menghasilkan nilai optimal. Dalam penyusunan sistem, jalur terpendek memiliki peran penting karena dapat memberikan keuntungan yang tinggi dan meminimalkan jarak. Berbagai masalah berkaitan dengan pencarian jalur terpendek. Banyak pendekatan algoritma yang ditawarkan untuk menyelesaikan masalah ini, salah satunya adalah algoritma *ACO* (Ant Colony Optimization).

Masalah jalur terpendek berkaitan dengan penentuan sisi-sisi dalam suatu jaringan yang membentuk rute terdekat antara titik awal dan titik tujuan. Tujuan dari permasalahan jalur terpendek adalah mencari jalur dengan jarak terdekat antara kedua titik tersebut (F. N. Sari, 2023).

2.3.3 Solusi Masalah Optimasi

Pencarian jalur terpendek dapat diimplementasikan dengan beragam algoritma. Secara garis besar, metode pencarian jalur terpendek terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu metode konvensional dan metode *heuristik*. Metode konvensional cenderung lebih mudah dipahami karena menggunakan perhitungan matematis biasa. Namun, metode *heuristik* menawarkan hasil yang lebih bervariasi dan waktu komputasi yang lebih efisien karena menggunakan sistem pendekatan. Salah satu algoritma yang termasuk dalam metode *heuristik* adalah algoritma *Ant Colony Optimization*.

Dalam pencarian rute terpendek, terdapat dua pendekatan utama, yaitu metode konvensional dan metode *heuristik* (Hidayat, Purnamasari, & Siringoringo, 2021). Metode konvensional mengandalkan perhitungan matematika eksak untuk menentukan rute optimal. Beberapa algoritma yang termasuk dalam kategori ini

adalah algoritma Dijkstra, algoritma Floyd-Warshall, dan algoritma Bellman-Ford. Di sisi lain, metode *heuristik* menggunakan pendekatan perkiraan untuk menemukan solusi optimal dalam permasalahan optimasi. Metode ini melibatkan berbagai algoritma, seperti algoritma genetika, *ant colony optimization*, logika *fuzzy*, jaringan saraf tiruan, *tabu search*, *simulated annealing*, dan lain-lain.

2.4. Ant Colony Optimization (ACO)

Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), atau yang dikenal juga sebagai algoritma semut, merupakan sebuah metode komputasi yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur optimal (Aulia & Aprilisa, 2024). Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Dorigo dan rekan-rekannya pada tahun 1996, dan dikenal sebagai sistem semut. Algoritma semut menggunakan teknik probabilistik untuk memecahkan masalah komputasi dengan mencari solusi optimal melalui representasi grafis. Secara sederhana, algoritma ini meniru cara semut berkolaborasi untuk menemukan jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan mereka.

Algoritma ini terinspirasi dari cara semut mencari jalur terbaik dari sarang ke sumber makanan. Secara alami, koloni semut mampu mendeteksi lingkungan kompleks untuk menemukan rute terpendek menuju makanan dan kembali ke sarang (Arifin, 2021). Mereka meninggalkan zat *feromon* di sepanjang jalur yang dilalui. Konsentrasi *feromon* akan semakin tinggi jika banyak semut yang melewati jalur tersebut. Sebaliknya, jika hanya sedikit semut yang melintas, kadar *feromon* akan berkurang.

Feromon adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin. Makhluk hidup menggunakan senyawa ini untuk mengenali sesama jenis, individu

lain, atau kelompok dalam proses reproduksi (Lestari, 2020). *Feromon* memiliki kemampuan untuk memengaruhi perilaku hewan lain dari spesies yang sama. Senyawa ini bekerja dengan cara menyebar keluar tubuh dan dapat dikenali oleh individu lain dari spesies yang sama. Proses pelepasan *feromon* ini dikenal sebagai *stigmergi*. *Stigmergi* adalah proses modifikasi lingkungan yang bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang dan memungkinkan komunikasi antarsemut.

Tanda jejak zat *feromon* yang dikeluarkan semut akan menghilang dan daya tariknya berkurang seiring waktu. Jika koloni semut sering bolak-balik melewati suatu jalur, *feromon* yang menguap akan lebih sedikit. Sebaliknya, jika koloni semut membutuhkan waktu lebih lama untuk bolak-balik, *feromon* yang menguap akan lebih banyak. Dalam penelitian, para peneliti memilih algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) sebagai metode yang digunakan. Hal ini dikarenakan algoritma tersebut dinilai lebih efektif dalam menyelesaikan masalah optimasi jalur.

Ant System merupakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) pertama yang dikembangkan dan diuji untuk menyelesaikan masalah *Traveling Salesman Problem*. Algoritma ini bekerja dengan melibatkan sejumlah semut yang saling bekerja sama dan berkomunikasi secara tidak langsung melalui jejak *feromon* (I. P. Sari, 2024). Secara sederhana, cara kerja algoritma Sistem Semut adalah sebagai berikut: setiap semut memulai perjalanan dari titik awal yang dipilih secara acak, dengan setiap semut memiliki titik awal yang berbeda. Proses ini diulang, di mana setiap titik dikunjungi oleh setiap semut untuk menghasilkan rute perjalanan. Pemilihan titik-titik tersebut didasarkan pada fungsi probabilitas yang disebut aturan transisi status, dengan mempertimbangkan kebalikan dari jarak (*visibilitas*)

titik tersebut dan jumlah *feromon* pada ruas yang menghubungkan titik-titik tersebut.

Dalam algoritma semut, penentuan jalur terpendek memerlukan beberapa variabel dan langkah-langkah spesifik. Langkah pertama melibatkan penetapan parameter-parameter kunci. Parameter-parameter tersebut meliputi intensitas jejak semut (τ_{ij}) dan perubahannya ($\Delta\tau_{ij}$), yang diinisialisasi sebelum dan sesudah siklus, serta digunakan dalam perhitungan probabilitas kunjungan *node* (Zahra, 2023). Tetapan siklus semut (Q) berfungsi sebagai konstanta dalam penentuan $\Delta\tau_{ij}$, yang nilainya ditentukan oleh pengguna. Selain itu, terdapat tetapan pengendali intensitas jejak semut (α) dan tetapan pengendali visibilitas (β), keduanya bernilai ≥ 0 , yang berperan dalam mengendalikan intensitas jejak semut dan visibilitas antarkota (η_{ij}). Visibilitas antarkota sendiri dihitung sebagai kebalikan dari jarak antarkota ($1/d_{ij}$). Variabel lain yang penting adalah jumlah semut (m), yang setara dengan jumlah kota atau titik yang dilalui, dan tetapan penguapan jejak semut (ρ), yang digunakan untuk memperbarui τ_{ij} pada siklus berikutnya. Nilai ρ harus berada di antara 0 dan 1 untuk mencegah penumpukan jejak zat *feromon* yang tak terbatas.

Untuk memahami penerapan *Ant Colony Optimization* dalam pencarian rute terpendek, diperlukan beberapa variabel dan langkah-langkah. Variabel-variabel tersebut berperan dalam menginisiasi, menjalankan, dan mengevaluasi algoritma.

Langkah 1:

1. Menginisialisasi harga parameter-parameter algoritma.

Parameter-parameter yang diinisialisasikan adalah:

- a) **Intensitas Jejak Semut Antar Kota dan Perubahannya:**

Intensitas jejak semut antar kota (τ) berubah seiring waktu. Perubahan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti penguapan jejak dan penambahan jejak oleh semut yang melintas.

b) Banyak Kota (n) dan Koordinat/Jarak:

Jumlah kota yang terlibat dalam permasalahan (n) harus diketahui.

Informasi mengenai lokasi setiap kota diperlukan, baik dalam bentuk koordinat (x, y) atau jarak langsung antar kota (d_{ij}).

c) Kota Keberangkatan dan Tujuan:

Kota awal tempat semut memulai perjalanan dan kota akhir yang menjadi tujuan harus ditentukan.

d) Tetapan Siklus-Semut (Q):

Q adalah parameter yang mengatur jumlah jejak feromon yang ditinggalkan oleh semut pada jalur yang dilaluinya.

e) Tetapan Pengendali Intensitas Jejak Semut (α):

α adalah parameter yang mengendalikan seberapa besar pengaruh intensitas jejak semut terhadap keputusan semut dalam memilih jalur.

Nilai α harus lebih besar dari atau sama dengan 0 ($\alpha \geq 0$).

f) Tetapan Pengendali Visibilitas (β):

β adalah parameter yang mengendalikan seberapa besar pengaruh visibilitas (jarak antar kota) terhadap keputusan semut dalam memilih jalur.

Nilai β juga harus lebih besar dari atau sama dengan 0 ($\beta \geq 0$).

g) Visibilitas Antar Kota:

Visibilitas antar kota biasanya dihitung sebagai kebalikan dari jarak antar kota ($1/d_{ij}$). Ini mencerminkan bahwa kota yang lebih dekat memiliki visibilitas yang lebih tinggi.

h) **Jumlah Semut (m):**

Menentukan banyaknya semut yang digunakan dalam simulasi atau eksperimen.

i) **Tetapan Penguapan Jejak Semut (ρ):**

Nilai ini digunakan untuk mencegah penumpukan feromon yang tidak terbatas, sehingga jejak feromon dapat menghilang seiring waktu.

j) **Penentuan Feromon Awal:**

Nilai feromon awal dalam penelitian ini ditentukan menggunakan algoritma *greedy*.

k) **Jumlah siklus maksimum (NC_{max})** ditetapkan sebagai nilai tetap di awal algoritma. Namun, nilai ini dievaluasi dan diperbarui pada setiap siklus algoritma, dimulai dari siklus pertama ($NC=1$) hingga mencapai jumlah siklus maksimum ($NC=NC_{max}$) atau hingga algoritma mencapai konvergensi.

2. Inisialisasi kota pertama setiap semut.

Setelah proses *inisialisasi* selesai dilakukan, sejumlah m semut kemudian ditempatkan secara acak di kota pertama yang telah ditentukan. Penempatan ini dilakukan untuk memulai simulasi atau proses selanjutnya yang melibatkan pergerakan semut dari satu kota ke kota lainnya.

Langkah 2:

Pada tahap awal, setiap semut akan menempati kota pertama. Kota ini kemudian dimasukkan ke dalam daftar *tabu* masing-masing semut. Daftar *tabu* berfungsi sebagai catatan kota-kota yang telah dikunjungi oleh semut. Akibatnya, elemen pertama dalam daftar *tabu* setiap semut akan berisi indeks kota tertentu. Indeks ini menunjukkan kota asal semut, yang dapat bervariasi antara 1 hingga n , sesuai dengan inisialisasi pada langkah sebelumnya.

Langkah 3:

Selanjutnya, setiap semut akan memulai perjalanan dari kota asalnya. Mereka akan memilih salah satu kota lain yang belum dikunjungi sebagai tujuan berikutnya. Dari kota kedua, semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih kota tujuan selanjutnya dari antara kota-kota yang belum ada dalam daftar *tabu* mereka. Proses ini berlanjut hingga semua kota telah dikunjungi dan masuk ke dalam daftar *tabu* masing-masing semut.

Untuk menentukan kota tujuan, digunakan perhitungan probabilitas. Jika s menunjukkan urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai *tabu* $k(s)$ dan kota-kota lain yang belum dikunjungi dinyatakan sebagai $\{N - \text{tabu } k\}$. Dengan demikian, setiap semut akan secara bertahap membangun rute perjalanan yang lengkap melalui semua kota.

$$p_{ij}^k = \frac{[T_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in [N - \text{tabu}_k]} [T_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \quad (2.3)$$

Aturan peralihan status yang diterapkan oleh Amerika Serikat disebut aturan proporsional acak (*random-proportional rule*), yang diwakili oleh persamaan (2.3). Pemilihan rute berikutnya didasarkan pada jarak terpendek dan feromon dengan nilai probabilitas tertinggi. Langkah keempat melibatkan perhitungan panjang rute setiap semut. Perhitungan panjang rute tertutup (*length closed tour*) atau L_k untuk

setiap semut dilakukan setelah semua semut menyelesaikan satu siklus. Perhitungan ini didasarkan pada *tabu* k masing-masing, menggunakan persamaan yang telah ditentukan.

Langkah 4:

1. Perhitungan panjang rute setiap semut.

Panjang rute tertutup atau *length closed tour* (L_k) setiap semut dihitung setelah seluruh semut menyelesaikan satu siklus perjalanan. Penghitungan ini didasarkan pada *tabu* masing-masing semut, dengan menggunakan rumus berikut.

$$L_k = d_{tabuk}(n), tabu_k(1) + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabuk(s+1)} \quad (2.4)$$

2. Pencarian rute terpendek.

Setelah setiap semut dihitung, diperoleh nilai panjang rute tertutup minimum pada setiap siklus. Selain itu, didapatkan pula nilai panjang rute tertutup minimum secara keseluruhan.

3. Perhitungan *update pheronom* semut antar kota.

Proses pembaruan *feromon* adalah modifikasi jejak *feromon* yang ditinggalkan koloni semut pada lintasan antarkota. Seiring waktu, penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melintas menyebabkan perubahan intensitas jejak kaki semut antarkota. Perubahan ini dihitung dengan persamaan tertentu.

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2.5)$$

Langkah 5:

1. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus.\

Intensitas jejak kaki semut di antara kota-kota memiliki kemungkinan perubahan yang dipengaruhi oleh penguapan dan variasi jumlah semut yang melintasi jalur tersebut. Pada siklus berikutnya, semut yang melewati jalur itu akan mendapati intensitas jejak yang telah berubah. Nilai intensitas jejak kaki semut (τ) untuk siklus selanjutnya ditentukan melalui perhitungan persamaan berikut.

$$\Delta\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (2.6)$$

2. Atur ulang harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota.

Pada iterasi berikutnya, penyesuaian nilai intensitas jejak semut antar lokasi perlu dilakukan agar mencapai titik *nol*. Hal ini bertujuan untuk menetralkan pengaruh jejak semut dari siklus sebelumnya sehingga pencarian rute pada siklus selanjutnya dapat dimulai dari kondisi yang tidak bias. Dengan demikian, diharapkan algoritme dapat menemukan solusi yang lebih optimal dan menghindari terjebak dalam solusi lokal yang kurang baik.

Langkah 6:

Setelah daftar *tabu* dikosongkan, proses algoritma diulangi dari langkah kedua. Daftar *tabu* perlu dikosongkan agar dapat diisi kembali dengan urutan kota yang baru pada putaran berikutnya. Pengulangan ini dilakukan selama jumlah putaran belum mencapai batas maksimum yang ditentukan atau hingga terjadi konvergensi. Dalam setiap pengulangan, nilai parameter intensitas jejak kaki semut antar kota diperbarui berdasarkan hasil putaran sebelumnya.

2.5. Google Map Api

API atau Application Programming Interface merupakan suatu dokumentasi yang terdiri dari interface, fungsi, kelas, struktur dan sebagainya untuk membangun sebuah perangkat lunak. Dengan adanya API ini, maka memudahkan programmer untuk “membongkar” suatu software untuk kemudian dapat dikembangkan atau diintegrasikan dengan perangkat lunak yang lain. API dapat dikatakan sebagai penghubung suatu aplikasi dengan aplikasi lainnya yang memungkinkan programmer menggunakan sistem function. Proses ini dikelola melalui operating system. Keunggulan dari API ini adalah memungkinkan suatu aplikasi dengan aplikasi lainnya dapat saling berhubungan dan berinteraksi. Bahasa pemrograman yang digunakan oleh Google Maps yang terdiri dari HTML, Javascript dan AJAX serta XML, memungkinkan untuk menampilkan peta Google Maps di website lain.

2.6. PHP

Bahasa pemrograman PHP merupakan bahasa pemrograman untuk membuat website yang bersifat server-side scripting. PHP bersifat dinamis. PHP dapat dijalankan pada berbagai macam sistem operasi seperti Windows, Linux, dan Mac Os. Selain Apache, PHP juga mendukung beberapa web server lain, seperti Microsoft ISS, Caudium, dan PWS. PHP dapat memanfaatkan database untuk menghasilkan halaman web yang dinamis. Sistem manajemen database yang sering digunakan bersama PHP adalah MYSQL.

2.7. HTML

HTML (HyperText Markup Language) adalah salah satu bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat website absensi pegawai kantor ini. *HTML* dominan dengan menggunakan tanda tag <> untuk menyatakan kode –

kode yang akan ditafsirkan oleh browser agar halaman dapat ditampilkan dan muncul sesuai dengan posisi yang telah diatur. Bahasa *HTML* ini sendiri digunakan untuk membantu merancang struktur dasar halaman website atau bila dianalogikan *HTML* merupakan pondasi awal untuk menyusun berdirinya kerangka halaman website secara lebih terstruktur sebelum masuk ke tahap desain dan sisi fungsionalitas. *HTML* nantinya akan dikolaborasikan dengan *Bahasa Pemrograman CSS*

2.8. CSS

CSS (Cascading Style Sheet) adalah bahasa pemrograman untuk memberikan tampilan desain yang akan digunakan pada web seperti warna, *font*, *outline*, *background*, menyesuaikan tampilan website dengan ukuran layar, dsb. *CSS* digunakan pada pembuatan website ini adalah untuk berkolaborasi dengan *HTML* agar dapat menghasilkan tampilan website yang menarik

2.9. Java Script

Menurut Kadir (2013:58) dalam jurnal Supriyanta dan Khoirun Nisa (ISSN:2338- 9761)“Java script adalah bahasa skrip yang digunakan untuk mengontrol tindakan-tindakan yang diperlukan di halaman web”. Sedangkan menurut Raharjo (2011:221) dalam jurnal Supriyanta dan Khoirun Nisa (ISSN:2338- 9761)“Java script adalah bahasa yang berfungsi membuat skrip-skrip program yang dapat dikenal dan dieksekusi oleh web browser dengan tujuan untuk menjadikan halaman web lebih bersifat interaktif”.

2.10. Xampp

Xampp merupakan singkatan dari X (empat sistem operasi apapun), XAMPP merupakan perangkat lunak bebas, yang mendukung banyak sistem

operasi, dan merupakan kompilasi dari beberapa program. Seperti Apache, MYSQL, PHPP, dan Perl. Xampp adalah tool yangn menyediakan paket perangkat lunak dalam satu buah paket. Dalam paket Xampp sudah terdapat Apche(Web Server), Mysql (Database), PHP (server side scripting), Perl, FTP server, PhpMyAdmin, dan berbagai pustaka bantu lainnya.

2.11. MySQL

Pada perkembangannya, MYSQL disebut juga SQL yang merupakan singkatan dari Structured Query Language. SQL merupakan bahasa terstruktur yang khusus digunakan untuk mengolah database. SQL pertama kali didefinisikan oleh American National Standards Institute (ANSI) pada tahun 1986. MYSQL adalah sebuah sistem manajemen database yang setbersifat open source.

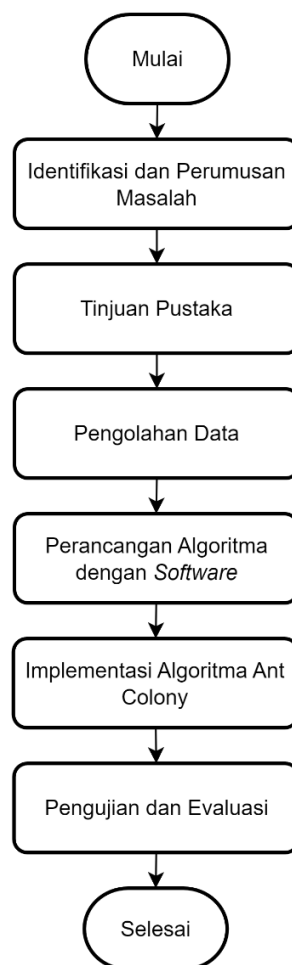
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu nonimplementatif analitik. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dapat memanfaatkan studi literatur yang telah ada sebagai acuan. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui wawancara, dan data yang dianalisis menunjukkan adanya hubungan atau keterkaitan antarvariabel, seperti jarak lokasi antarpelanggan.

3.2 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Flowchart ini menggambarkan tahapan sistematis dalam pelaksanaan penelitian:

3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahapan ini, peneliti akan mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi PT. Haritsah terkait penentuan rute distribusi tabung gas 3KG, serta merumuskan masalah-masalah tersebut secara spesifik sehingga penelitian memiliki fokus yang jelas.

3.4 Tinjauan Pustaka

Di sini, dilakukan pencarian dan analisis terhadap literatur atau penelitian sebelumnya yang relevan dengan masalah yang telah dirumuskan. Tinjauan pustaka bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai masalah tersebut, menemukan solusi yang mungkin telah ada, atau mengidentifikasi celah penelitian yang dapat diisi.

3.5 Pengolahan Data

Pada tahapan ini, data-data yang diperlukan untuk penelitian akan dikumpulkan dan diolah. Data-data tersebut kemungkinan besar meliputi lokasi pangkalan, jarak tempuh, waktu tempuh, dan informasi lain yang relevan dengan rute distribusi tabung gas 3KG di PT. Haritsah. Pengolahan data ini penting untuk memastikan data siap digunakan dalam tahap selanjutnya.

Tabel 3. 1. Data Sampel Pangkalan di PT. Haritsah

No	Nama Pangkalan	Waktu Tempuh	Jarak Tempuh
1	ABDUL KHAIR	15 menit	2 Km
2	AGUS MULIAWAN	20 menit	3,5 Km
3	ARTON SEMBIRING	8 menit	1,3 Km
4	BAKTI	35 menit	4,6 Km
5	BASTIADI	15 menit	2,2 Km

6	BERLIAN LUMBAN RAJA	12 menit	1,7 Km
7	BESTAN SIMATUPANG	25 menit	3,8 Km
8	BUDI SUGIARTO	5 menit	900 m
9	DERMAWAN HUTAPEA	25 menit	3,9 Km
10	DIPO KHAIRUDDIN	10 menit	1 Km

3.6. Perancangan Algoritma dengan Software

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan, berikut adalah :

A. Setelah itu, algoritma *IACO* diterapkan untuk menyelesaikan masalah *vehicle routing problem*. Penerapan ini dilakukan melalui serangkaian langkah :

1. Inisialisasi

Untuk menginisialisasi proses, langkah pertama adalah memasukkan data yang relevan. Data ini mencakup berbagai parameter penting: jumlah kendaraan (K), jumlah pelanggan atau kota (N), jarak tempuh maksimum kendaraan (E), dan kapasitas maksimum kendaraan (W). Selain itu, diperlukan juga pengendali intensitas jejak semut (α), pengendali visibilitas jarak kota i ke kota j (β), konstanta pengontrol kecepatan penguapan jejak semut (ρ), serta konstanta Q . Data lainnya yang wajib dimasukkan adalah feromon awal (τ_{awal}), jarak setiap pelanggan (d_{ij}), permintaan setiap pelanggan (q_i), dan total iterasi (T). Dalam konteks ini, nilai-nilai parameter telah ditetapkan, yaitu $\alpha=2$, $\beta=1$, $Q=1000$, dan $\rho=0,8$.

2. Konstruksi Rute

Dalam merencanakan rute, prosesnya mencakup beberapa tahapan. Awalnya, setiap kendaraan atau *vehicle* (diasosiasikan dengan "semut" dalam konteks ini) memulai perjalanannya dari lokasi keberangkatan atau *depot*. Kemudian, kendaraan pertama akan mengidentifikasi pelanggan atau kota-kota yang akan dikunjungi, lalu membentuk sebuah rute yang pada akhirnya akan kembali ke *depot*. Prosedur serupa juga akan diterapkan pada kendaraan-kendaraan berikutnya. Untuk menentukan pelanggan mana yang akan dipilih, setiap kendaraan akan menerapkan sebuah formula khusus. Rute-rute yang telah dibentuk harus mematuhi batasan-batasan atau *constraints* tertentu. Batasan-batasan tersebut meliputi dua hal utama: pertama, total jarak yang ditempuh pada setiap rute tidak boleh melebihi atau harus kurang dari atau sama dengan ($\leq$) jarak tempuh maksimum yang bisa dicapai kendaraan (E). Kedua, total permintaan atau *demand* dari pelanggan-pelanggan yang berada dalam rute tersebut tidak boleh melebihi atau harus kurang dari atau sama dengan ($\leq$) kapasitas muatan maksimum kendaraan (W).

Proses ini dimulai dengan memilih dua rute secara acak. Selanjutnya, untuk setiap pelanggan di kedua rute yang terpilih, akan dibangkitkan sebuah nilai *random* riil antara 0 dan 1. Kemudian, sistem akan memeriksa apakah ada nilai *random* tersebut yang kurang dari atau sama dengan $P_m(t)$ pada setiap pelanggan. Apabila di setiap rute yang terpilih ditemukan setidaknya satu pelanggan

dengan nilai *random* yang memenuhi kondisi tersebut, proses akan dilanjutkan ke tahap mutasi. Namun, jika tidak ada pelanggan yang memenuhi kondisi tersebut, proses akan beralih ke tahap pencarian lokal (*local search*).

3. Mutasi

Proses mutasi melibatkan beberapa langkah untuk memodifikasi rute yang telah terpilih. Pertama, dari setiap rute yang terpilih pada proses sebelumnya, Anda perlu memilih satu pelanggan yang memiliki nilai *random* kurang dari atau sama dengan $P_m(t)$. Jika pada suatu rute terpilih terdapat lebih dari satu pelanggan yang memenuhi kriteria nilai *random* tersebut, maka pilihlah pelanggan yang memiliki nilai *random* terkecil. Setelah itu, pastikan setiap rute terpilih memiliki satu kota yang siap untuk ditukarkan. Langkah selanjutnya adalah menukar kedua pelanggan yang telah terpilih pada langkah sebelumnya. Proses ini kemudian selesai.

4. Local Search

Dalam konteks optimasi, pencarian lokal (*local search*) diterapkan pada solusi yang dihasilkan dari proses pembentukan rute, terutama jika tahap mutasi diabaikan. Namun, jika mutasi dilakukan, pencarian lokal akan diterapkan pada setiap solusi yang muncul dari proses tersebut. Tujuan utama dari pencarian lokal ini adalah untuk menemukan solusi yang lebih optimal dibandingkan dengan solusi awal yang diperoleh dari proses konstruksi rute, maupun solusi yang telah dimodifikasi melalui mutasi. Apabila solusi yang dihasilkan

oleh pencarian lokal ternyata tidak layak (*infeasible*), maka solusi tersebut akan diabaikan, dan solusi yang digunakan kembali adalah solusi yang berasal dari proses konstruksi rute.

Proses *local search* melibatkan serangkaian langkah untuk mengoptimalkan rute. Pertama, dilakukan pertukaran posisi antara pelanggan baru dengan posisi pelanggan yang sudah ada pada rute yang sedang dipertimbangkan. Setelah setiap pertukaran, total jarak rute dihitung untuk menilai dampak perubahan tersebut. Dari berbagai susunan posisi pelanggan yang dihasilkan, susunan dengan total jarak rute terkecil kemudian dipilih sebagai solusi yang lebih optimal.

5. *Update Pheromone*

Setelah tahap pencarian lokal, dilakukan pembaruan feromon. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengurangi kadar feromon pada setiap jalur, mirip dengan proses penguapan feromon. Hal ini penting untuk mencegah dominasi berlebihan pada satu jalur tertentu.

6. *Maximum iterasi*

Proses akan berhenti jika iterasi telah mencapai batas maksimumnya. Pada titik ini, solusi terbaik untuk masalah *vehicle routing problem* akan dipilih. Namun, jika jumlah iterasi yang dilakukan belum mencapai nilai maksimum, proses akan terus berlanjut ke langkah berikutnya.

- B. Membuat program untuk menyelesaikan *vehicle routing problem* dengan algoritma *Improved Ant Colony Optimization* (IACO) merupakan langkah awal yang krusial.
- C. Setelah program tersebut berhasil dikembangkan, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikannya pada berbagai permasalahan nyata untuk menguji efektivitas dan keandalannya.

3.7 . Implementasi

Tahapan implementasi adalah fase krusial di mana algoritma yang telah dirancang sebelumnya, bersama dengan *software* pendukungnya, diwujudkan dalam bentuk nyata atau operasional. Pada tahap ini, kode program berdasarkan desain algoritma akan ditulis, diintegrasikan, dan diuji secara parsial untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Ini melibatkan penerjemahan konsep-konsep abstrak dari perancangan ke dalam bahasa pemrograman yang dapat dieksekusi oleh komputer, memastikan bahwa solusi yang diusulkan siap untuk diterapkan dan diuji secara menyeluruh pada tahapan selanjutnya.

3.8 Pengujian dan Evaluasi

Pada tahap ini, algoritma dan sistem yang telah dirancang akan diuji coba dengan data riil dari PT. Haritsah. Hasil pengujian akan dievaluasi untuk melihat efektivitas dan efisiensi rute yang dihasilkan oleh algoritma *Ant Colony* dibandingkan dengan metode yang digunakan sebelumnya. Evaluasi ini juga akan mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan sistem, serta potensi perbaikan di masa depan.

BAB IV

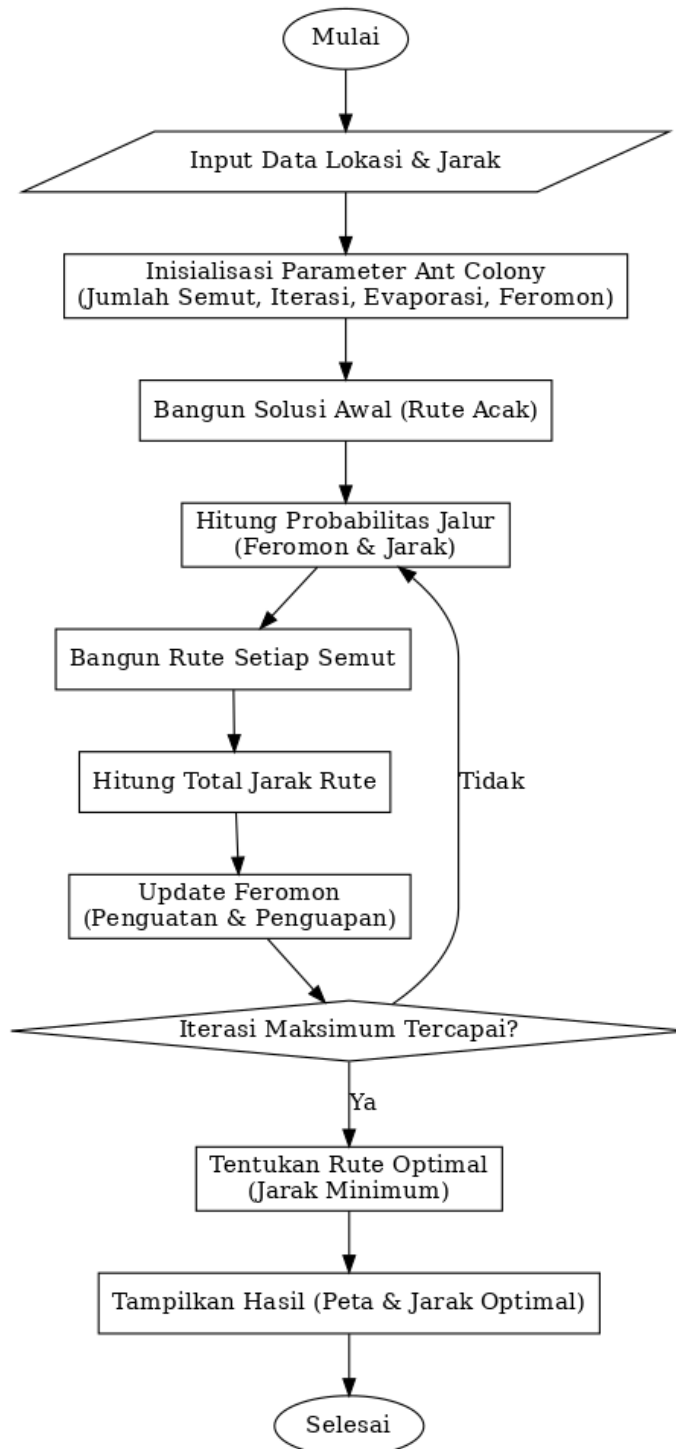
HASIL DAN UJI COBA

4.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada bab ini dikategorikan sebagai penelitian terapan dengan metode eksperimen menggunakan pendekatan komputasi dan kuantitatif. Fokus penelitian diarahkan pada penerapan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk mencari jalur distribusi tabung gas 3 kg yang optimal di PT. Haritsah. Pendekatan tersebut dipilih karena dapat menguji kemampuan algoritma dalam menyelesaikan persoalan optimasi rute, dengan memanfaatkan data aktual berupa koordinat lokasi pangkalan, jarak antar titik, dan estimasi waktu tempuh distribusi. Proses eksperimen dilakukan melalui simulasi yang dijalankan secara berulang (iterasi) sehingga memungkinkan diperoleh perbandingan rute yang dihasilkan pada setiap siklus. Dari proses ini, ditentukan rute dengan jarak tempuh paling singkat sebagai hasil optimal. Penelitian ini tidak hanya menambah wawasan teoritis mengenai penerapan ACO dalam masalah distribusi, tetapi juga memberikan kontribusi nyata bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi operasional serta efektivitas pengiriman produk ke pelanggan.

4.2. Flowchart Sistem

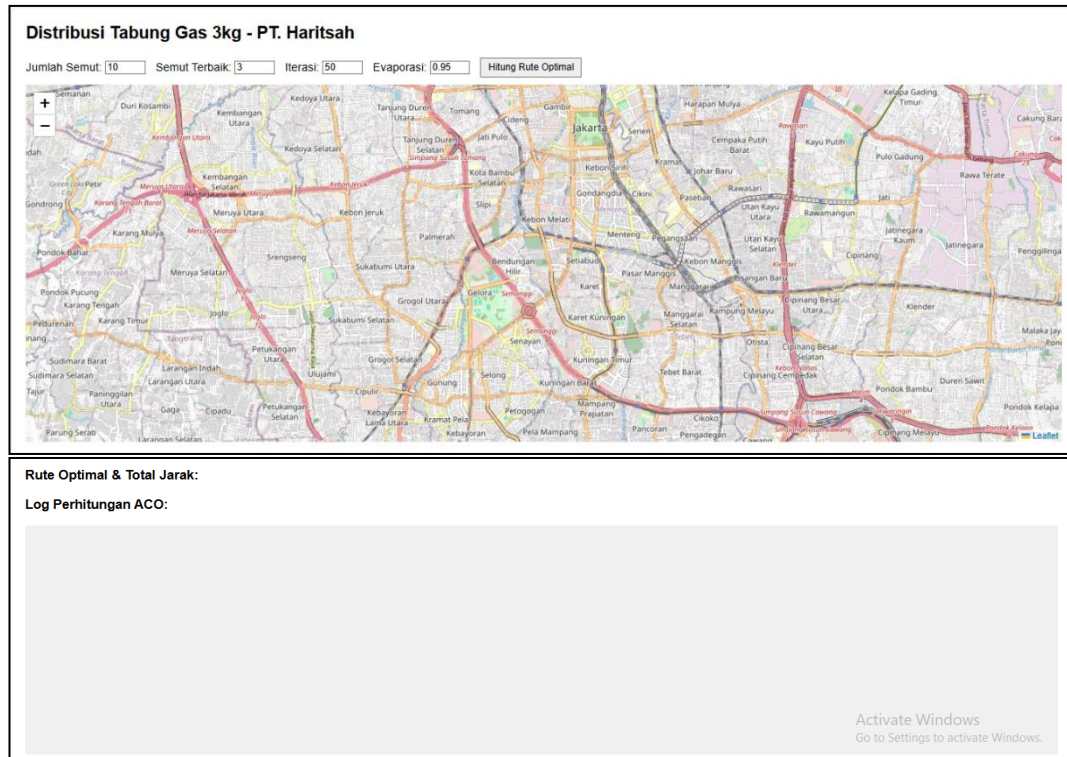
Flowchart sistem merupakan gambaran alur kerja yang digunakan dalam penelitian ini untuk menjelaskan proses penentuan rute distribusi dengan algoritma Ant Colony Optimization. Diagram alir ini membantu memperlihatkan langkah-langkah utama yang dilakukan sistem, mulai dari input data lokasi dan jarak, inisialisasi parameter algoritma, proses iterasi pencarian rute, hingga diperolehnya jalur distribusi yang paling optimal.



Gambar 4.1. Alur Flowchart Sistem

4.3. Hasil

Hasil dari Analisis Dan Implementasi Penentuan Rute Distribusi Tabung Gas 3kg Dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony Di PT. Haritsa dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.2. Pengaturan Ant Colony

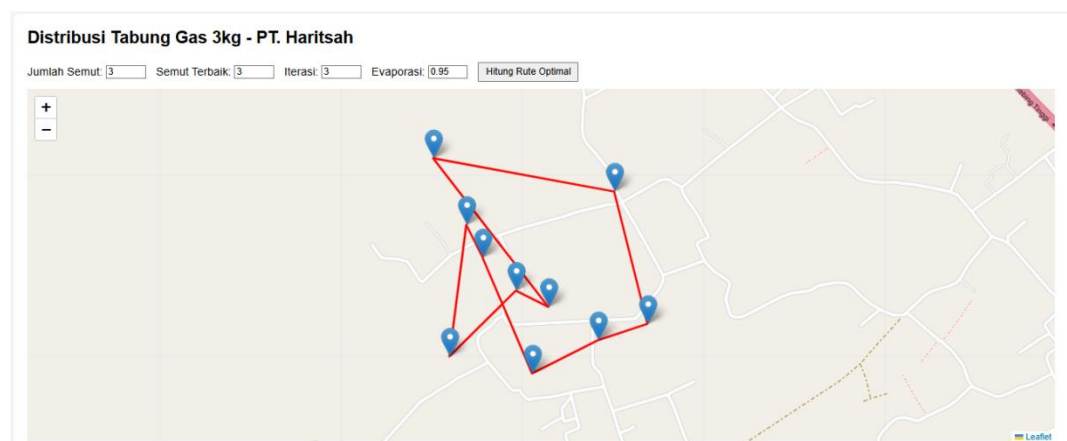
Keterangan:

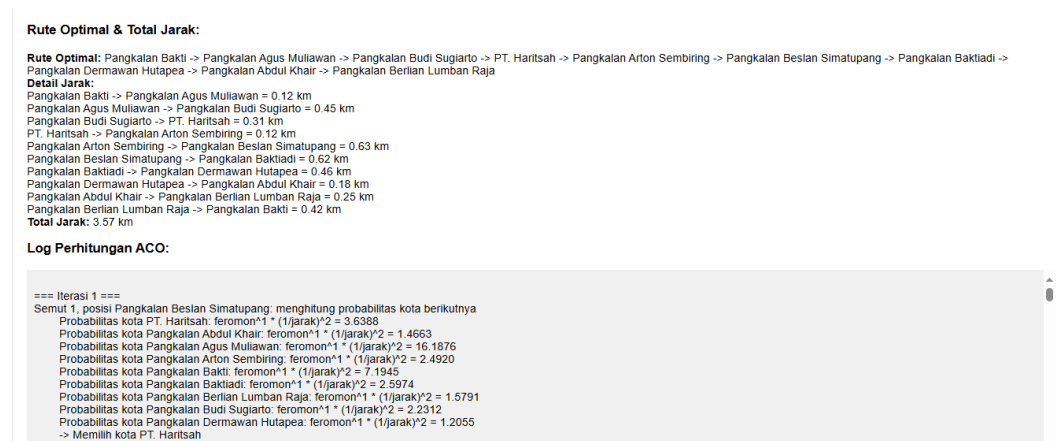
Ant Colony: Menentukan jumlah semut yang beraksi

Semut Terbaik: Mengambil 3 semut dengan jarak terendah

Iterasi: Perulangan Perhitungan Ant Colony

Evaporasi: Nilai keakuratan pencarian jarak





Gambar 4.3. Peta Hasil

4.4. Pembahasan

Pembahasan meliputi kebutuhan perangkat, hasil yang digunakan dan pengujian pada penelitian ini.

1. Kebutuhan Perangkat

Kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak untuk membuat aplikasi adalah sebagai berikut:

a. Satu unit laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) *Processor* minimal *Core 2 Duo*
- 2) RAM minimal 1 Gb
- 3) *Hardisk* minimal 80 Gb

b. Perangkat Lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Sistem Operasi *Windows*
- 2) Notepad++
- 3) Appserv/XAMPP

2. Metode *Ant Colony*

Penelitian ini menggunakan Metode *Ant Colony* yang digunakan sebagai proses pencarian hasil. Berikut adalah tahapan Metode *Ant Colony*:

Data Pelanggan dan Lokasi:

PT. Haritsah", "lat": 3.4880, "lng": 99.0800 (Lokasi Awal)

Pangkalan Abdul Khair", "lat": 3.4865, "lng": 99.0825

Pangkalan Agus Muliawan", "lat": 3.4900, "lng": 99.0785

Pangkalan Arton Sembiring", "lat": 3.4875, "lng": 99.0810

Pangkalan Bakti", "lat": 3.4890, "lng": 99.0790

Pangkalan Baktiadi", "lat": 3.4910, "lng": 99.0830

Pangkalan Berlian Lumban Raja", "lat": 3.4855, "lng": 99.0805

Pangkalan Beslan Simatupang", "lat": 3.4920, "lng": 99.0775

Pangkalan Budi Sugiarto", "lat": 3.4860, "lng": 99.0780

Pangkalan Dermawan Hutapea", "lat": 3.4870, "lng": 99.0840

Pengaturan *Ant Colony*:

Jumlah Semut: 3

Semut Terbaik: 3

Iterasi: 3

Hitung *Ant Colony*:

=== Iterasi 1 ===

Semut 1, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 64.8945$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 24.9494$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.4822$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.9712$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.9816$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.0342$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.4920$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.2105$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.7751$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 1, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.5410$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.9577$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 40.5140$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5016$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.4445$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.6388$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.1285$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7742$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 1, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.3825$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 64.7503$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.0559$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5810$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.1945$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.0908$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.7978$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 1, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 16.2236$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.3372$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2172$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.5791$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.4871$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5953$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 1, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9597$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.9774$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.6206$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2312$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1938$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 1, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 32.4592$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0665$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7586$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.2055$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 1, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.8690$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9454$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4663$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 1, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.8195$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5974$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 1, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 16.1876$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 1: Rute = Pangkalan Arton Sembiring -> PT. Haritsah -> Pangkalan Bakti -
> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan
Dermawan Hutapea -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan
Agus Muliawan -> Pangkalan Beslan Simatupang, Total Jarak = 3.74 km

Semut 2, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota
berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.9577$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.8690$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.4822$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 64.7503$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.8195$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 =$
3.3372

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 =$
16.1876

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.9774$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0665$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 2, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota
berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.4445$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 16.2236$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.0342$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5810$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2172$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.5791$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.4871$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5953$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 2, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.5410$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 24.9494$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.3825$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9454$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4663$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9597$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 32.4592$

-> Memilih kota Pangkalan Arton Sembiring

Semut 2, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 64.8945$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.9712$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.9816$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.4920$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.2105$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.7751$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 2, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7742$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.7978$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7586$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.2055$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1938$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 2, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 40.5140$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5016$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.6388$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.1285$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 2, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.0559$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.1945$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.0908$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 2, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5974$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.6206$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 2, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2312$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 2: Rute = Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Berlian Lumban Raja ->

Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Dermawan

Hutapea -> PT. Haritsah -> Pangkalan Bakti -> Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan

Budi Sugiarto -> Pangkalan Beslan Simatupang, Total Jarak = 4.15 km

Semut 3, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 64.8945$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 24.9494$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.4822$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.9712$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.9816$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.0342$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.4920$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.2105$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.7751$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 3, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 40.5140$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.3825$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 64.7503$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.0559$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5810$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.1945$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.0908$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.7978$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 3, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.5410$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.9577$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5016$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.4445$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.6388$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.1285$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7742$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 3, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9597$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.9774$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.6206$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.4871$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2312$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1938$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 3, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 32.4592$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0665$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7586$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5953$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.2055$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 3, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.8690$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9454$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 16.2236$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4663$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 3, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.8195$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2172$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5974$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 3, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.3372$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.5791$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 3, posisi Pangkalan Beslan Simatupang: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 16.1876$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 3: Rute = Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Bakti -> PT. Haritsah -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Agus Muliawan, Total Jarak = 4.21 km

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->PT. Haritsah: $1/3.74 + \text{sebelumnya } 0.9500 = 1.2177$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Bakti: $1/3.74 + \text{sebelumnya } 0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Berlian Lumban Raja: $1/3.74 + \text{sebelumnya } 0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/3.74 + \text{sebelumnya } 0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/3.74 + \text{sebelumnya } 0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Abdul Khair: $1/3.74 + \text{sebelumnya } 0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Baktiadi: $1/3.74 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->Pangkalan Agus Muliawan: $1/3.74 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Beslan Simatupang:
 $1/3.74 +$ sebelumnya $0.9500 = 1.2177$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Berlian Lumban Raja:
 $1/4.15 +$ sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Abdul Khair: $1/4.15$
 $+$ sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Arton Sembiring: $1/4.15 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Dermawan Hutapea:
 $1/4.15 +$ sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->PT. Haritsah: $1/4.15 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Bakti: $1/4.15 +$ sebelumnya $1.2177 =$
 1.4588

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Baktiadi: $1/4.15 +$ sebelumnya
 $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/4.15 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Beslan Simatupang: $1/4.15$
 $+$ sebelumnya $0.9500 = 1.1911$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Bakti: $1/4.21 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.1874$

Update feromon Pangkalan Bakti->PT. Haritsah: $1/4.21 +$ sebelumnya $0.9500 =$
 1.1874

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/4.21 +$ sebelumnya
 $0.9500 = 1.1874$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/4.21$
 $+$ sebelumnya $1.2177 = 1.4551$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Abdul Khair: $1/4.21$
 $+$ sebelumnya $1.2177 = 1.4551$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Baktiadi: $1/4.21 +$
sebelumnya $1.2177 = 1.4551$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->Pangkalan Berlian Lumban Raja: $1/4.21 +$
sebelumnya $0.9500 = 1.1874$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Beslan Simatupang:
 $1/4.21 +$ sebelumnya $0.9500 = 1.1874$

Update feromon Pangkalan Beslan Simatupang->Pangkalan Agus Muliawan:
 $1/4.21 +$ sebelumnya $0.9500 = 1.1874$

=== Iterasi 2 ===

Semut 1, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota
berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.3099$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.7255$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.1581$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 61.5128$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.6285$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9748$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.7118$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7285$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.9632$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 1, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.0640$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 61.6498$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 59.1007$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.2765$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.8223$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.4568$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.0269$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5354$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 1, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.1634$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.3226$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.8308$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.7960$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8348$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.6862$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.6579$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 1, posisi Pangkalan Beslan Simatupang: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.3930$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.3674$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.4675$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.5002$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1196$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.1452$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 1, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.7482$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7326$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.6328$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.9302$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5206$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 1, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 29.7163$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 15.4124$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.7617$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 30.8363$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 1, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.3364$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.3155$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0841$

-> Memilih kota Pangkalan Arton Sembiring

Semut 1, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 18.0825$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8500$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 1, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 15.2058$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 1: Rute = Pangkalan Agus Muliawan -> PT. Haritsah -> Pangkalan Bakti -> Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Budi Sugiarto, Total Jarak = 3.41 km

Semut 2, posisi Pangkalan Beslan Simatupang: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.4568$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.3930$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.2216$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.3674$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8348$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.4675$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.5002$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1196$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.1452$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 2, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 48.1075$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.1634$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 61.5128$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.3226$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.8308$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.7960$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.6862$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.6579$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 2, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.3099$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.7255$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.1581$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.6285$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9748$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7285$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.9632$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 2, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.6221$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.7617$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8500$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.5395$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.8628$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.1923$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 2, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.8223$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.3233$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 18.0825$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1064$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.3155$

-> Memilih kota Pangkalan Arton Sembiring

Semut 2, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

$$\text{Probabilitas kota PT. Haritsah: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 79.0229$$

$$\text{Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 23.7019$$

$$\text{Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7326$$

$$\text{Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.4517$$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 2, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

$$\text{Probabilitas kota PT. Haritsah: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.0640$$

$$\text{Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.7412$$

$$\text{Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 30.8363$$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 2, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

$$\text{Probabilitas kota PT. Haritsah: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.6863$$

$$\text{Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: } \text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5206$$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 2, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.2765$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 2: Rute = Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Bakti -> Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> PT. Haritsah -> Pangkalan Baktiadi, Total Jarak = 3.38 km

Semut 3, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.8223$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.3233$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.1703$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 18.0825$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.3019$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.1064$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.8751$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 15.2058$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.3155$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 3, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 48.1075$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.1634$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 61.5128$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.3226$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.8308$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8348$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.6862$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.6579$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 3, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.2765$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.7482$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.6511$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7326$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.4675$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.9302$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5206$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 3, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.0640$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.3099$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 61.6498$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.4568$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 12.0269$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.5354$

-> Memilih kota Pangkalan Arton Sembiring

Semut 3, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 23.7019$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.1581$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.3674$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8500$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.4517$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 3, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.7255$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.3930$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.7617$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 30.8363$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 3, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.9632$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.1452$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0841$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 3, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7285$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.6575$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 3, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 19.7118$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 3: Rute = Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Bakti -> Pangkalan Baktiadi -> PT. Haritsah -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Beslan Simatupang, Total Jarak = 4.06 km

Update feromon Pangkalan Beslan Simatupang->Pangkalan Bakti: $1/3.38 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Agus Muliawan: $1/3.38 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/3.38 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Berlian Lumban Raja:

$$1/3.38 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Arton Sembiring:

$$1/3.38 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Abdul Khair: $1/3.38 +$
 $\text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/3.38$
 $+ \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1981$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->PT. Haritsah: $1/3.38 +$
 $\text{sebelumnya } 1.1315 = 1.4271$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Baktiadi: $1/3.38 + \text{sebelumnya } 0.9025 =$
 1.1981

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->PT. Haritsah: $1/3.41 + \text{sebelumnya}$
 $0.9025 = 1.1962$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Bakti: $1/3.41 + \text{sebelumnya } 1.3858 =$
 1.6795

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Beslan Simatupang: $1/3.41 +$
 $\text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1962$

Update feromon Pangkalan Beslan Simatupang->Pangkalan Baktiadi: $1/3.41 +$
 $\text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1962$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->Pangkalan Abdul Khair: $1/3.41 +$
 $\text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1962$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/3.41$
 $+ \text{sebelumnya } 1.1981 = 1.4918$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Arton Sembiring:

$$1/3.41 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1962$$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Berlian Lumban Raja:

$$1/3.41 + \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1962$$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Budi Sugiarto:

$$1/3.41 + \text{sebelumnya } 1.1568 = 1.4505$$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Bakti: $1/4.06 +$

$$\text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1489$$

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Baktiadi: $1/4.06 +$ sebelumnya

$$1.1315 = 1.3779$$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->PT. Haritsah: $1/4.06 +$ sebelumnya $0.9025 =$

$$1.1489$$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Arton Sembiring: $1/4.06 +$ sebelumnya

$$0.9025 = 1.1489$$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Abdul Khair: $1/4.06 +$

$$\text{sebelumnya } 1.1981 = 1.4445$$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/4.06$

$$+ \text{sebelumnya } 1.4918 = 1.7382$$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/4.06$

$$+ \text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1489$$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Agus Muliawan: $1/4.06 +$

$$\text{sebelumnya } 0.9025 = 1.1489$$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Beslan Simatupang:

$$1/4.06 + \text{sebelumnya } 1.1568 = 1.4032$$

==== Iterasi 3 ====

Semut 1, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 75.0717$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 36.0395$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.8502$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.6323$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.4959$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 22.7682$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2491$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.5075$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.9291$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 1, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.6108$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.6944$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 68.0434$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.3934$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.2312$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.2840$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.4255$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.3087$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 1, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5892$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9552$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.4541$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.6418$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.3233$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.5737$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 56.4198$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 1, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.8650$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5250$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.2946$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.0497$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.0879$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5204$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 1, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 77.5787$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5886$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.4562$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.6058$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.3019$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 1, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.4471$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.7761$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 22.7146$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.9635$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 1, posisi Pangkalan Beslan Simatupang: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.1070$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4252$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0136$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 1, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4626$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.9611$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 1, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0011$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 1: Rute = Pangkalan Arton Sembiring -> PT. Haritsah -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> Pangkalan Bakti -> Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Baktiadi, Total Jarak = 3.67 km

Semut 2, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 45.7021$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9552$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 77.5787$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.7065$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.5886$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.4562$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.6058$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.3019$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5250$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 2, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.6108$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5892$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 28.2305$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.4541$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.6418$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.3233$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.5737$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 56.4198$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 2, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.1409$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.7184$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.5075$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4626$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.9611$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5246$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.0327$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 2, posisi PT. Haritsah: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.6944$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 74.5562$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.3934$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.2312$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.2840$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.3087$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 2, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.4185$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.4959$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5012$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.3442$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.2946$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 2, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.8650$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.4966$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.0497$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.0879$

-> Memilih kota Pangkalan Arton Sembiring

Semut 2, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.8502$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 22.7682$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2491$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 2, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.0118$

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.7814$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 2, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota Pangkalan Beslan Simatupang: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 22.7146$

-> Memilih kota Pangkalan Beslan Simatupang

Semut 2: Rute = Pangkalan Bakti -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Budi Sugiarto -> PT. Haritsah -> Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Beslan Simatupang, Total Jarak = 3.96 km

Semut 3, posisi Pangkalan Beslan Simatupang: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.2840$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.3233$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 18.2605$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.2491$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.6199$

Probabilitas kota Pangkalan Baktiadi: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.1070$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.4252$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.0136$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.0879$

-> Memilih kota Pangkalan Baktiadi

Semut 3, posisi Pangkalan Baktiadi: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.1718$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.7194$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.4185$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.4959$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.6605$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5012$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.8337$

Probabilitas kota Pangkalan Dermawan Hutapea: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 4.2946$

-> Memilih kota Pangkalan Dermawan Hutapea

Semut 3, posisi Pangkalan Dermawan Hutapea: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.8133$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 44.8712$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 1.8650$

Probabilitas kota Pangkalan Arton Sembiring: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 10.4966$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5250$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.0497$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5204$

-> Memilih kota Pangkalan Arton Sembiring

Semut 3, posisi Pangkalan Arton Sembiring: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 75.0717$

Probabilitas kota Pangkalan Abdul Khair: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 36.0395$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.8502$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.6323$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 22.7682$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.5075$

-> Memilih kota Pangkalan Abdul Khair

Semut 3, posisi Pangkalan Abdul Khair: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 8.6108$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 2.5892$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.9552$

Probabilitas kota Pangkalan Berlian Lumban Raja: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 14.6418$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.5737$

-> Memilih kota Pangkalan Berlian Lumban Raja

Semut 3, posisi Pangkalan Berlian Lumban Raja: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 11.2312$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 3.0118$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 6.4119$

Probabilitas kota Pangkalan Budi Sugiarto: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 18.1126$

-> Memilih kota Pangkalan Budi Sugiarto

Semut 3, posisi Pangkalan Budi Sugiarto: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 9.1409$

Probabilitas kota Pangkalan Agus Muliawan: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 5.7184$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 7.3019$

-> Memilih kota Pangkalan Agus Muliawan

Semut 3, posisi Pangkalan Agus Muliawan: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 15.4997$

Probabilitas kota Pangkalan Bakti: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 58.4372$

-> Memilih kota Pangkalan Bakti

Semut 3, posisi Pangkalan Bakti: menghitung probabilitas kota berikutnya

Probabilitas kota PT. Haritsah: $\text{feromon}^1 * (1/\text{jarak})^2 = 45.7021$

-> Memilih kota PT. Haritsah

Semut 3: Rute = Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Bakti -> PT. Haritsah, Total Jarak = 3.40 km

Update feromon Pangkalan Beslan Simatupang->Pangkalan Baktiadi: $1/3.40 +$ sebelumnya $1.1364 = 1.4303$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/3.40 +$ sebelumnya $0.8574 = 1.1513$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Arton Sembiring: $1/3.40 +$ sebelumnya $1.1364 = 1.4303$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Abdul Khair: $1/3.40 +$ sebelumnya $1.3723 = 1.6662$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Berlian Lumban Raja: $1/3.40 +$ sebelumnya $0.8574 = 1.1513$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/3.40 +$ sebelumnya $1.3780 = 1.6719$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Agus Muliawan: $1/3.40 +$ sebelumnya $1.0914 = 1.3854$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Bakti: $1/3.40 +$ sebelumnya $0.8574 = 1.1513$

Update feromon Pangkalan Bakti->PT. Haritsah: $1/3.40 +$ sebelumnya $1.0717 = 1.3656$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->PT. Haritsah: $1/3.67 + \text{sebelumnya}$
 $1.0990 = 1.3718$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Abdul Khair: $1/3.67 + \text{sebelumnya}$
 $0.8574 = 1.1301$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/3.67$
 $+ \text{sebelumnya } 1.6513 = 1.9240$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Bakti: $1/3.67 +$
 $\text{sebelumnya } 0.8574 = 1.1301$

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Agus Muliawan: $1/3.67 +$
 $\text{sebelumnya } 1.1382 = 1.4110$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Beslan Simatupang:
 $1/3.67 + \text{sebelumnya } 1.3330 = 1.6058$

Update feromon Pangkalan Beslan Simatupang->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/3.67$
 $+ \text{sebelumnya } 0.8574 = 1.1301$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->Pangkalan Berlian Lumban Raja:
 $1/3.67 + \text{sebelumnya } 1.1382 = 1.4110$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Baktiadi: $1/3.67 +$
 $\text{sebelumnya } 0.8574 = 1.1301$

Update feromon Pangkalan Bakti->Pangkalan Abdul Khair: $1/3.96 + \text{sebelumnya}$
 $0.8574 = 1.1099$

Update feromon Pangkalan Abdul Khair->Pangkalan Budi Sugiarto: $1/3.96 +$
 $\text{sebelumnya } 0.8574 = 1.1099$

Update feromon Pangkalan Budi Sugiarto->PT. Haritsah: $1/3.96 + \text{sebelumnya}$
 $0.8574 = 1.1099$

Update feromon PT. Haritsah->Pangkalan Baktiadi: $1/3.96 + \text{sebelumnya } 1.1382 = 1.3908$

Update feromon Pangkalan Baktiadi->Pangkalan Dermawan Hutapea: $1/3.96 + \text{sebelumnya } 1.1513 = 1.4039$

Update feromon Pangkalan Dermawan Hutapea->Pangkalan Arton Sembiring: $1/3.96 + \text{sebelumnya } 1.4303 = 1.6829$

Update feromon Pangkalan Arton Sembiring->Pangkalan Berlian Lumban Raja: $1/3.96 + \text{sebelumnya } 1.1364 = 1.3889$

Update feromon Pangkalan Berlian Lumban Raja->Pangkalan Agus Muliawan: $1/3.96 + \text{sebelumnya } 0.8574 = 1.1099$

Update feromon Pangkalan Agus Muliawan->Pangkalan Beslan Simatupang: $1/3.96 + \text{sebelumnya } 1.6058 = 1.8584$

Rute Optimal & Total Jarak:

Rute Optimal: Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Bakti -> Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Dermawan Hutapea -> PT. Haritsah -> Pangkalan Baktiadi

Detail Jarak:

Pangkalan Beslan Simatupang -> Pangkalan Bakti = 0.37 km

Pangkalan Bakti -> Pangkalan Agus Muliawan = 0.12 km

Pangkalan Agus Muliawan -> Pangkalan Budi Sugiarto = 0.45 km

Pangkalan Budi Sugiarto -> Pangkalan Berlian Lumban Raja = 0.28 km

Pangkalan Berlian Lumban Raja -> Pangkalan Arton Sembiring = 0.23 km

Pangkalan Arton Sembiring -> Pangkalan Abdul Khair = 0.20 km

Pangkalan Abdul Khair -> Pangkalan Dermawan Hutapea = 0.18 km

Pangkalan Dermawan Hutapea -> PT. Haritsah = 0.46 km

PT. Haritsah -> Pangkalan Baktiadi = 0.47 km

Pangkalan Baktiadi -> Pangkalan Beslan Simatupang = 0.62 km

Total Jarak: 3.38 km

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa algoritma Ant Colony terbukti efektif dalam menentukan rute distribusi tabung gas 3kg di PT. Haritsa. Dengan menerapkan prinsip koloni semut, algoritma mampu secara bertahap menemukan jalur terpendek yang meminimalkan total jarak tempuh, sehingga distribusi menjadi lebih efisien. Hasil implementasi menunjukkan bahwa seiring bertambahnya iterasi, semut-semut cenderung memilih jalur yang lebih optimal, menurunkan jarak perjalanan secara signifikan dibandingkan rute awal yang acak. Dengan demikian, penggunaan Ant Colony Optimization tidak hanya membantu dalam perencanaan rute tetapi juga mendukung penghematan waktu dan biaya operasional perusahaan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan adalah agar PT. Haritsa mempertimbangkan integrasi sistem ini dengan data real-time, seperti kondisi lalu lintas atau permintaan harian, sehingga algoritma dapat menyesuaikan rute secara dinamis. Selain itu, perusahaan dapat mengeksplorasi kombinasi dengan algoritma lain atau parameter tuning lebih lanjut pada Ant Colony untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan konvergensi rute optimal. Pelatihan staf dalam memahami prinsip dasar algoritma juga akan membantu dalam pengoperasian sistem secara lebih efektif dan memastikan keputusan distribusi didukung oleh data yang valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, V. (2023). *Penentuan Rute Distribusi Barang Pada Penyelesaian Vrp (Vehicle Routing Problem) Menggunakan Metode Clark And Wright Saving Heuristic Di Ud. Tempe Sari Murni. Universitas Islam Sultan Agung.*
- Afandi, M. Y. (2021). *Pelabelan titik L (3, 2, 1) pada Graf Commuting dari Grup Dihedral.* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Amalia, A. (2021). *Analisis Strategi Pemasaran Pemilihan Sekolah Menengah Pertama Di Kecamatan Purwakarta (Studi Kasus Smp Full Day Al-Muhajirin Purwakarta).* Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan.
- Arifin, A. (2021). *Implementasi metode exponential smoothing menggunakan ant colony optimization (AC0): Studi kasus jumlah penumpang di Bandara Internasional Juanda.* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Aulia, R., & Aprilisa, S. (2024). Job Shop Scheduling Problem menggunakan Ant Colony Optimization dan Algoritme Genetika. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 7(3), 1777–1783.
- Auniyah, F., Herlambang, A. D., & Wijoyo, S. H. (2020). Pengaruh Kemampuan Berpikir Kritis dan Berpikir Logis Siswa Terhadap Kemampuan Belajar Secara Kolaboratif Pada Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan di SMK Negeri 2 Malang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(7), 2178–2185.
- Hidayat, A., Purnamasari, I., & Siringoringo, M. (2021). Penentuan Jalur Terpendek dengan Metode Heuristik Menggunakan Algoritma Sarang Semut (Ant Colony). *EKSPONENSIAL*, 11(1), 93–98.
- Husna, N. A., Hendri, D., Haq, H. Z., & Rahmadeyan, A. (2023). Implementasi

- Algoritma Ant Colony Optimization untuk Penentuan Jalur Terpendek Klinik dari Lokasi Rawan Kecelakaan Di Kota Pekanbaru: Implementation of the Ant Colony Optimization Algorithm for Determination of the Shortest Clinic Path From Accident-Prone Locations in Pekanbaru City. *SENTIMAS: Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 112–119.
- Indrawati, O. K. (2022). *Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization untuk Menentukan Rute Terpendek Destinasi Wisata Banyuwangi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Julianti Pasaribu, M. (2022). *Analisis Saluran Distribusi Di Pt. Prima Bintang Muliatama Pada Produk Asw Hatari Di Kota Tanjungpinang*. Stie Pembangunan Tannjungpinang.
- Kausar, F. (2022). *Nilai Total Ketakteraturan Sisi Dari Graf Yang Dibangun Oleh Beberapa Salinan Graf Lingkaran 4 Titik Yang Dikali Korona Dengan Sebuah Titik*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Lestari, W. (2020). Pengaruh ketinggian perangkat feromon dalam mengendalikan kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) di perkebunan PT Herfinta. *Jurnal Agroplasma*, 7(2), 80–84.
- Nasution, Z. M., Siadari, M. M., Saragih, I. J. S., Kirana, I. O., & Siregar, Z. A. (2023). Penerapan Matematika Algoritma dalam Bidang Komputer. *FARABI: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(2), 180–191.
- Nurzaman, F. (2024). *Pengantar Manajemen Pemasaran*.
- Perangin-angin, A. T. B., & others. (2024). *Pedagang Perantara Kopi: Ancaman atau Peluang dalam Rantai Pasar Kopi di Kecamatan Sopai, Kabupaten Toraja Utara= Coffee Intermediary Traders: Threats or Opportunities in the*

- Coffee Market Chain in Sopai District, North Toraja Regency*. Universitas Hasanuddin.
- Rohmadina, S. (2024). *Optimasi rute wisata Kabupaten Mojokerto menggunakan algoritma a-star untuk penentuan rute terpendek*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Saleha, W. O. M., & others. (2022). *Pemanfaatan Pusat dan Basis Graf dalam Mengoptimalkan Pemasangan Sensor Kebakaran= Utilization of Graph Center and Basis in Optimizing Fire Sensor Installation*. Universitas Hasanuddin.
- Sari, F. N. (2023). *Penerapan algoritma Floyd-Warshall pada penentuan jalur terpendek evakuasi korban kecelakaan di Boyolali Jawa Tengah*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Sari, I. P., & others. (2024). *Perbandingan Optimasi Rute Pada Traveling Salesman Problem Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization Dan Algoritma Greedy= Comparison Of Route Optimization In Traveling Salesman Problem Using Ant Colony Optimization Algorithm And Greedy Algorithm*. Universitas Hasanuddin.
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari energi fosil menuju energi terbarukan: potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020--2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162.
- Udjulawa, D., & Oktarina, S. (2022). Penerapan algoritma ant colony optimization untuk pencarian rute terpendek lokasi wisata. *Klik-Jurnal Ilmu Komputer*, 3(1), 26–33.
- Usman, M. Z., & Oktiarso, T. (2018). Implementasi Algoritma Greedy Untuk

- Menyelesaikan Travelling Salesman Problem di Distributor PT. Z. *Journal of Integrated System*, 1(2), 216–229.
- Yaputera, I., & others. (2022). *Optimasi Rute Kunjungan Cluster Sales Officer (CSO) Menggunakan Ant Colony Optimization (ACO)(Studi Kasus: Indosat Ooredoo Hutchison Micro Cluster Mamuju)= Optimization of Cluster Sales Officer (CSO) Visit Routes Using Ant Colony Optimization (ACO)(Case Study: Indosat Ooredoo Hutchison Micro Cluster Mamuju)*. Universitas Hasanuddin.
- Yuliati, D., Qomaria, R., & Hamid, A. (2024). Optimalisasi Pencarian Rute Kapal Terbaik dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization. *Jurnal Informatika Polinema*, 11(1), 29–36.
- Yuneta, T. O., Aprian, F. N., & Sinaga, S. (2024). Analisis Analisis Prioritas Pemilihan Supplier Pembelian Bahan Baku Menggunakan Metode TOPSIS Pada UD. XYZ. *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, Dan Teknik Logistik*, 3(1), 32–38.
- Zahra, H. A. A. (2023). *Penerapan algoritma koloni semut dalam menentukan rute terpendek distribusi LPG di Malang Raya*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

LAMPIRAN

1. Surat Izin Riset Pendahuluan



Nomor : 868/II.3-AU/UMSU-09/F/2025 Medan, 03 Rabi'ul Awwal 1447 H
Lampiran : - 26 Agustus 2025 M
Perihal : **IZIN RISET PENDAHULUAN**

Kepada Yth.
Bapak/Ibu Pimpinan
PT.HARITSAH
Jl. Medan-Tebing Tinggi Km. 45 No. 120 , Serdang Bedagai.

Di Tempat

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan hormat, sehubungan mahasiswa kami akan menyelesaikan studi, untuk itu kami memohon kesediaan Bapak / Ibu untuk memberikan kesempatan pada mahasiswa kami melakukan riset di **Perusahaan / Instansi** yang Bapak / Ibu pimpin, guna untuk penyusunan skripsi yang merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S-1)

Adapun Mahasiswa/i di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tersebut adalah:

Nama : Bintang
Npm : 2109010023
Jurusan : Sistem Informasi
Semester : VIII (Delapan)
Judul : Analisis Dan Implementasi Penentuan Rute Distribusi Tabung Gas 3kg Dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony Di PT.Haritsah
Email : bintangalfarobi26@gmail.com
Hp/Wa : 081212360668

Demikianlah surat kami ini, atas perhatian dan kerjasamanya yang Bapak / Ibu berikan kami ucapkan terimakasih

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



Cc.File


Dekan

Assist. Prof. Dr. Al-Khowarizmi, M.Kom.
NIDN : 0127099201

2. Surat Balasan dari Perusahaan

PT. HARITSAH
(Agen Gas LPG 3 KG Bersubsidi)
Wilayah Penyaluran Serdang Berdagai

Jl. Medan Tebing Tinggi Km 45 No. 120 Desa Sei Sijenggi Dusun II
Kecamatan Perbaungan Kabupaten Serdang Berdagai
HP: 0853 5998 8240 / 0813 7634 5929

Nomor : 001/PTHR/IX/2025

Lamp : -

Perihal : IZIN RISET PENDAHULUAN

Kepada Yth :

Dekan/Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Mukhtar Basri No.3 Medan
Di –
Tempat.

Dengan hormat,

Sehubungan dengan surat Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Nomor S68/IIAU/UMSU-09/F/2025 perihal izin Riset atas nama :

No	N a m a	NIM	Jenjang	Fakultas
1.	Bintang	2109010023	S-1	Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, PT.HARITSAH menyampaikan kepada mahasiswa Bapak/Ibu bahwa yang mau mengadakan penelitian yang akan dilaksanakan mulai tanggal 13 september sd 15 november 2025. Adapun judul penelitiannya *"Analisis Dan Implementasi Penentuan Rute Distribusi Tabung Gas 3KG Dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony Di PT Haritsah"*.

Demikian surat ini kami sampaikan dengan sebenarnya, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya. Atas kerjasamanya diucapkan terima kasih.

13 Agustus 2025
Direktur

M.DAFFA-ADRIAN

3. Berita Acara Pembimbingan Skripsi



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PLUS MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/00/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
Email: info@umsu.ac.id, pda@umsu.ac.id, umsumedan@umsu.ac.id, umsumedan@umsu.ac.id, umsumedan@umsu.ac.id, umsumedan@umsu.ac.id

Berita Acara Pembimbingan Skripsi

Nama Mahasiswa : Bintang
NPM : 2109016023
Nama Dosen Pembimbing : Wilda Rina HSB, S.T., M.kom
Program Studi : Sistem Informasi
Konsentrasi :
Judul Penelitian : Analisis dan Implementasi Perantara
Konektivitas Jaringan GPRS dengan
menggunakan algoritma ant colony
di PT-UMHITSAH

Item	Hasil Evaluasi	Tanggal	Paraf Dosen
	Perbaikan judul	17-02-2025	
	Pemambahan materi bab 2 dan revisi bab 1	20-03-2025	
	Revisi tujuan penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian	25-04-2025	
	Revisi bab 3 dan flowchart	26-05-2025	
	Revisi bab 3 bagian flowchart dan pengelasan	03-05-2025	
	ACC Jempro	07-07-2025	
	Revisi bab disuruh menambah flowchart	08-09-2025	
	Acc sidang	10-09-2025	

Medan, 1 Oktober 2025

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi
Sistem Informasi

(Wilda Rina HSB, S.T., M.kom)

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

(Wilda Rina HSB, S.T., M.kom)



4. LOA Jurnal



LETTER OF ACCEPTANCE

Dear Corresponding Author **Bintang**

We are pleased to inform you that your submission ID: **1735-JAIEA** titled **Analysis and Implementation of 3kg Gas Cylinder Distribution Route Determination using the Ant Colony Algorithm at PT. Haritsah** " having author(s): **Bintang, Wilda Rina Hasibuan** for publication in **Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications** (E-ISSN 2808-4519), **Accredited by Sinta Rank 5**. The acceptance decision was based on the reviewers' evaluation after double-blind peer review and the chief editor's **approval**.

You shall submit the Open Access processing fee (Rp.300,000,- / \$20.00) please use transfer/bank draft to:

Bank : Permata Bank
Account Name : Akim Manaor Hara Pardede
Account Number (IDR)/(USD) : 4119651064
Swift Code : BBBAIDJ10SS

After performing the bank transfer, please email a copy of the transaction to **jaiea@ioinformatic.org** for with subject [Payment for: Your paper id, author's name]. All bank charges are to be covered by the author. Payments made are NOT refundable.

Kindly proceed with registration fee submission for slot allocation in **15th October 2025. Vol. 5. No. 1**. The final updated copy can be submitted at a later time after slot reservation.

We shall encourage more quality submissions from you and your colleagues in the future.

Please do acknowledge receiving this notification.

Regards,



Dr. Ir. Akim Manaor Hara Pardede, ST., M.Kom
Editor-in-Chief
Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)

5. Hasil Turnitin

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI TABUNG GAS 3KG DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY DI PT. HARITSAH

ORIGINALITY REPORT			
24%	24%	8%	10%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	6%	
2	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	2%	
3	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%	
4	lib.unnes.ac.id Internet Source	1%	
5	docplayer.info Internet Source	1%	
6	id.123dok.com Internet Source	1%	
7	repository.its.ac.id Internet Source	1%	
8	ejournal.amikdumai.ac.id Internet Source	1%	
9	journal.irpi.or.id Internet Source	1%	
10	karya.brin.go.id Internet Source		