



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**PENERAPAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) PADA  
TRAVELING SALESMAN PROBLEM DALAM PENCARIAN  
OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BARANG DI PT. GLOBAL JET EXPRESS**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada Program Studi Matematika

oleh:

**ABDUL HARIS**  
**12050414720**



**UIN SUSKA RIAU**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU  
2025**



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSETUJUAN

**PENERAPAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) PADA  
TRAVELING SALESMAN PROBLEM DALAM PENCARIAN  
OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BARANG DI PT. GLOBAL JET EXPRESS**

### TUGAS AKHIR

oleh:

**ABDUL HARIS**  
**12050414720**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir  
di Pekanbaru, pada tanggal 24 Juni 2025

**Ketua Program Studi**

**Hartono, M.Sc.**  
**NIP. 19730818 200604 1 003**

**Pembimbing**

**Sri Basriati, M.Sc.**  
**NIP. 19790216 200710 2 001**



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENERAPAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) PADA TRAVELING SALESMAN PROBLEM DALAM PENCARIAN OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BARANG DI PT. GLOBAL JET EXPRESS**

**TUGAS AKHIR**

oleh:

**ABDUL HARIS**  
**12050414720**

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 24 Juni 2025

Pekanbaru, 10 Juli 2025  
Mengesahkan

**Ketua Program Studi**

**Wartano, M.Sc.**  
**NIP. 19730818 200604 1 003**

**Dekan**

**Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.**  
**NIP. 19770103 200710 2 001**

**DEWAN PENGUJI**

**Ketua : Mohammad Soleh, M.Sc.**

**Sekretaris : Sri Basriati, M.Sc.**

**Anggota I : Elfira Safitri, M.Mat.**

**Anggota II : Rahmawati, M.Sc.**





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

lampiran Surat:  
 Nomor : Nomor 25/2021  
 Tanggal : 10 September 2021

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Abdul Haris  
 NIM : 12050414720  
 Tempat/Tgl. Lahir : Pekanbaru/ 13 September 2001  
 Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi  
 Prodi : Matematika  
 Judul Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya\*:

Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) pada Traveling Salesman Problem dalam Pencarian Optimasi Rute Distribusi Barang di PT. Global Jet Express

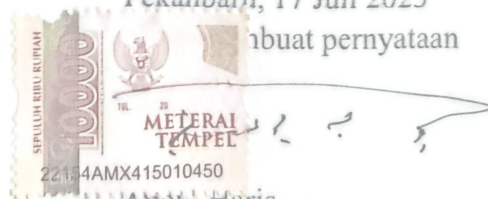
Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya~~ \* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya~~ \* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan ~~Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya~~ \* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 17 Juli 2025

buat pernyataan



Abdul Haris

NIM: 12050414720



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 24 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan,



**ABDUL HARIS**  
12050414720

UIN SUSKA RIAU

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Sembah sujud syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Mu yang telah meliputiku, atas segala kemudahan dan rezeki yang berlimpah sehingga dengan bekal ilmu pengetahuan yang telah Engkau anugerahkan kepadaku dan atas izin-Mu akhirnya tugas akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam tak lupa semoga selalu tercurahkan kepada utusan-Mu Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam.

Dengan ketulusan hati dan ungkapan terima kasih skripsi ini penulis persembahkan kepada orang tuaku tercinta, Bapak Neavis Wandu, S.H, M.T. dan Ibu Darmainis, S.ST., yang telah senantiasa memberikan motivasi dan dukungan, semangat serta doa yang tak pernah henti untuk saya sehingga saya bisa menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Terima kasih atas semua pengorbanan yang telah diberikan. Semoga Ibu dan Bapak selalu diberikan kesehatan jasmani dan rohani agar bisa melihat saya sukses di masa depan.

Terima kasih juga kepada keluarga besar Hj. Rana Lieas, Tante, Oom, Kakak, Abang yang selalu memberikan doa, dukungan baik secara moril maupun material. Dan tak lupa dosen pembimbing saya, Ibu Sri Basriati, M.Sc., yang telah memberikan arahan dan koreksi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.





1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# PENERAPAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) PADA *TRAVELING SALESMAN PROBLEM* DALAM PENCARIAN OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BARANG DI PT. GLOBAL JET EXPRESS

**ABDUL HARIS**  
**12050414720**

Tanggal Sidang : 24 Juni 2025  
Tanggal Wisuda : 2025

Program Studi Matematika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP) menjadi tantangan utama dalam optimalisasi rute distribusi barang di PT. Global Jet Express Pekanbaru, yang mana PT. Global Jet Express perlu menentukan rute terpendek untuk mengunjungi seluruh titik distribusi dan kembali ke titik awal. Penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menyelesaikan TSP guna meminimalkan jarak tempuh distribusi. ACO dipilih karena kemampuannya meniru perilaku semut dalam mencari jalur optimal melalui mekanisme feromon dan probabilitas. Data penelitian mencakup tujuh (7) titik distribusi pada PT. Global Jet Express, dengan jarak antar titik diukur menggunakan *Google Maps*. Graf berbobot tidak berarah dimodelkan dalam bentuk matriks simetris, dan parameter yang ditetapkan dalam menjalankan ACO. Penerapan ACO menghasilkan rute optimal Kantor JNT Express Marpoyan menuju Jl. Arfin Ahmad No. 85 menuju Toko Helmet Adi Sucipto menuju M3 Jaya Motor Kartama menuju Gudang Perabot Arengka menuju Arhanud Batalion menuju Bm Studio Kartama lalu kembali ke Kantor JNT Express Marpoyan dengan total jarak yang ditempuh 18,90 km. Setelah dilakukan dua iterasi pada algoritma, ACO mengalami konvergensi. Dengan feromon yang terakumulasi yaitu pada jalur terpendek. Penelitian ini membuktikan bahwa ACO mampu menyelesaikan TSP secara efektif pada kasus riil, memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi operasional perusahaan.

**Kata Kunci:** *Ant Colony Optimization*, Distribusi Barang, Graf Berbobot, Optimasi Rute dan *Traveling Salesman Problem*.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# APPLICATION OF ALGORITHM ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) ON TRAVELING SALESMAN PROBLEM IN SEARCHING FOR GOODS DISTRIBUTION ROUTE OPTIMIZATION AT PT. GLOBAL JET EXPRESS

**ABDUL HARIS**  
**12050414720**

Date of Final Exam : 24 June 2025  
Date of Graduation : 2025

Mathematics Study Program  
Faculty of Science and Tecnology  
State Islamic University od Sultan Syarif Kasim Riau  
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

## ABSTRACT

The Traveling Salesman Problem (TSP) is a major challenge in optimizing the distribution route of goods at PT. Global Jet Express Pekanbaru, where PT. Global Jet Express needs to determine the shortest route to visit all distribution points and return to the starting point. This study aims to apply the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm to solve the TSP in order to minimize the distribution distance. ACO was chosen because of its ability to imitate the behavior of ants in finding the optimal path through pheromone and probability mechanisms. The research data includes seven (7) distribution points at PT. Global Jet Express, with the distance between points measured using Google Maps. The undirected weighted graph is modeled in the form of a symmetric matrix, and the parameters set in running ACO. The application of ACO produces an optimal route from the JNT Express Marpoyan Office to Jl. Arifin Ahmad No. 85 to Toko Helmet Adi Sucipto to M3 Jaya Motor Kartama to Gudang Perabot Arengka to Arhanud Battalion to Bm Studio Kartama then back to JNT Express Marpoyan Office with a total distance traveled of 18.90 km. After two iterations on the algorithm, ACO experienced convergence. With the accumulated pheromones, namely on the shortest path. This study proves that ACO is able to solve TSP effectively in real cases, contributing to improving the company's operational efficiency.

**Keywords:** Ant Colony Optimization, Goods Distribution, Route Optimization, Traveling Salesman Problem and Weighted Graph.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena dengan berkat dan rahmatnya penulis diberikan berkat, kekuatan, kasih dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penerapan *Ant Colony Optimization Algorithm* (ACO) pada *Traveling Salesman Problem* dalam Pencarian Optimasi Rute Distribusi Barang di PT. Global Jet Express”. Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar sarjana Sains Program STudi Matematika di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Selain itu tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun peneliti dalam memberikan kontribusi pengetahuan.

Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini menemukan beberapa hambatan dalam berbagai hal, namun banyak pihak yang membantu sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis pertama kali mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan dan mendukung baik dalam dukungan secara mental maupun secara material.

Selanjutnya dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, MS., SE., AK, CA., selaku Rektor Universitas Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Wartono, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Nilwan Andiraja, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Zukrianto, M.Si., selaku koordinator Tugas Akhir yang telah mengkoordinir penulis untuk bisa melaksanakan proses dalam Tugas Akhir ini.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ibu Sri Basriati, M.Sc., selaku dosen pembimbing penulisan tugas akhir yang memberikan dukungan serta pengarahan terbaik selama masa perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Bapak Mohammad Soleh, M.Sc., selaku Ketua Sidang yang telah memberikan kritik dan saran pada Tugas Akhir ini.

Ibu Elfira Safitri, M.Mat., selaku Penguji I yang telah memberikan kritik dan saran pada Tugas Akhir ini.

Ibu Rahmawati, M.Sc., selaku Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran pada Tugas Akhir ini.

Seluruh Dosen Program Studi Matematika yang telah memberikan ilmu serta dukungan kepada penulis dalam perkuliahan maupun dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini.

11. PT. Global Jet Express yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian serta berbagi pengalaman.

12. Terima kasih kepada Umi, Abi, Kakak, Adek, Abang, Adek Fannysa dan KBM Team, telah mendengarkan, memberi bantuan dan hiburan selama proses penyusunan ini.

Tugas Akhir ini telah disusun semaksimal mungkin oleh penulis. Namun tidak tertutup kemungkinan adanya kesalahan dan kekurangan dalam penulisan maupun penyajian materi. Oleh karena itu, kritik dan saran dari berbagai pihak masih sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 24 Juni 2025

UIN SUSKA RIAU

**ABDUL HARIS**  
**12050414720**



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1 Graf Berbobot ( <i>Weighted Graph</i> ) .....	5
2.2 <i>Traveling Salesmen Problem</i> (TSP).....	6
2.3 Algoritma <i>Nearest Neighbor</i> ( <b>Cnn</b> ).....	7
2.4 <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO) .....	7
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	25
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	27

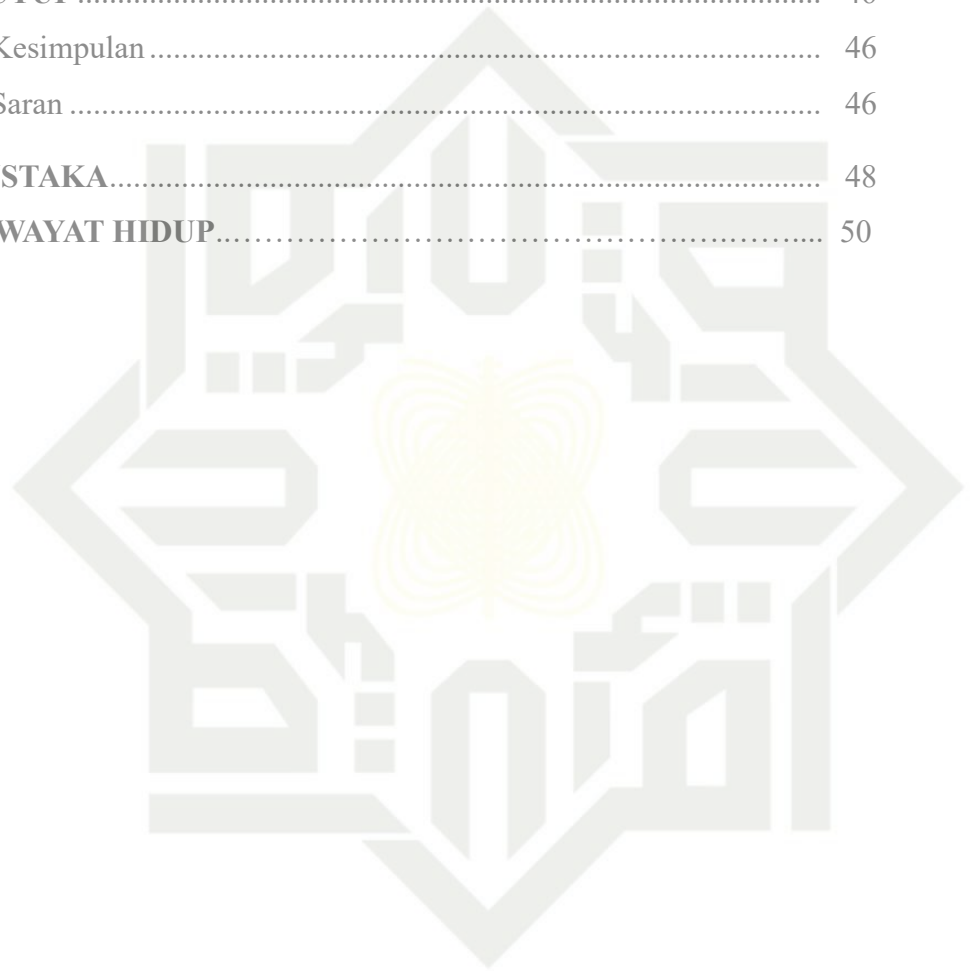




**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.1 Deskripsi Data.....	27
4.2 Penyelesaian Menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbor (Cnn)</i> ..	30
4.3 Penyelesaian Menggunakan Algoritma <i>Ant Colont Optimization (ACO)</i> .....	31
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>48</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>50</b>



UIN SUSKA RIAU



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Graf Berbobot.....	5
Gambar 2.2	Ilustrasi Perjalanan Semut.....	8
Gambar 2.3	<i>Flowchart Ant Colony Optimization</i> .....	11
Gambar 2.4	Sirkuit Optimal Semut 6.....	24
Gambar 3.1	<i>Flowchart Metode Penelitian</i> .....	28
Gambar 4.1	Sebaran Titik Distribusi.....	29
Gambar 4.2	Graf Lengkap Sebaran Titik.....	30
Gambar 4.3	Rekontruksi Graf Lengkap.....	31
Gambar 4.4	Sirkuit Optimal Semut 2, 4 dan 6.....	46
Gambar 4.5	Sirkuit Optimal Rute Distribusi Pengantaran Barang.....	47



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Pertama.....	16
Tabel 2.2	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Kedua.....	17
Tabel 2.3	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Ketiga.....	18
Tabel 2.4	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Keempat.....	19
Tabel 2.5	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Kelima.....	20
Tabel 2.6	Jalur-Jalur Semut.....	20
Tabel 2.7	Feromon Semut yang ditinggalkan.....	21
Tabel 2.8	Jumlah Feromon Semut.....	22
Tabel 2.9	Pembaharuan Feromon.....	23
Tabel 4.1	Data Jarak Antar Titik.....	31
Tabel 4.2	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Pertama.....	36
Tabel 4.3	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Kedua .....	38
Tabel 4.4	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Ketiga.....	39
Tabel 4.5	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Keempat.....	40
Tabel 4.6	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Kelima.....	41
Tabel 4.7	Perhitungan Probabilitas Semut Kota Keenam.....	42
Tabel 4.8	Bobot Jalur Semut.....	42
Tabel 4.9	Delta Feromon Semut.....	43
Tabel 4.10	Sigma Feromon Semut.....	44
Tabel 4.11	Pembaharuan Feromon Total.....	45





#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat di era modern membuat efisiensi dalam sistem distribusi menjadi salah satu kunci dalam meningkatkan daya saing perusahaan. Salah satu tantangan utama dalam rute pendistribusian adalah optimalisasi jarak tempuh yang menjadi faktor penting dalam upaya distribusi. Hal ini dapat memengaruhi berbagai aspek seperti biaya, waktu, jarak, dan efisiensi keseluruhan operasional. Dengan solusi teknologi yang tepat, perusahaan dapat mengatasi tantangan ini, meningkatkan produktivitas, dan mencapai keunggulan kompetitif di pasar yang semakin dinamis.

PT. Global Jet Express Jalan Kaharudin Nasution No. 153 merupakan salah satu perusahaan yang melakukan distribusi sebagai pokok penyaluran barang kepada konsumen yang menghadapi permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP), yang mana TSP merupakan sebuah permasalahan yang mengharuskan seorang sales mengunjungi semua kota yang ada dalam satu kali perjalanan dan kembali ke kota asal [1]. Sehingga pada perusahaan sangat diperlukan optimasi rute terpendek dari rute pendistribusian ke setiap titik yang akan dituju, Algoritma optimasi sangat berguna dalam menyelesaikan permasalahan TSP yang dihadapi oleh perusahaan dalam mencari rute paling optimal.

Perencanaan optimalisasi rute pendistribusian secara manual sering kali tidak mampu menangani kompleksitas dan variabilitas yang ada dalam jaringan distribusi. Dalam konteks ini, algoritma optimasi menjadi solusi yang menjanjikan dalam menemukan rute distribusi yang optimal [2]. Salah satu algoritma yang digunakan untuk menentukan rute distribusi adalah *Ant Colony Optimization* (ACO), yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari sumber makanan [3]. ACO terbukti mampu menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi, termasuk permasalahan *Traveling Salesman problem* (TSP).

Penelitian sebelumnya oleh [4] yang memberikan penjelasan mengenai ACO dalam menyelesaikan TSP pada distribusi *Fertilizer*. Hasil penelitian



## Hak Cipta Ditindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menunjukkan rute terbaik yang diperoleh pada siklus pertama adalah PT. Socfindo – Bangun Bandar – Blok 55 – Blok 63 – Blok 61- Blok 51 – Blok 52 – PT. Socfindo. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [3], penerapan ACO dalam mencari optimasi rute distribusi memberikan beberapa keuntungan, yaitu: menemukan solusi mendekati optimal dalam waktu yang singkat, serta dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan dan ACO mengeksplorasi ruangan dan mengeksploitasi rute yang optimal takkala algoritma ACO dijalankan

Berdasarkan penelitian [4], penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk memahami proses *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam menyelesaikan permasalahan TSP yang dihadapi oleh PT. Global Jet Express dalam menemukan optimasi rute pendistribusian. Yang mana diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan pada perusahaan yang digunakan sebagai objek penelitian, sehingga dapat meminimalisir biaya, waktu dan lain sebagainya.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya yaitu, bagaimana hasil optimal dari rute pendistribusian pada PT. Global Jet Express dengan menggunakan algoritma ACO?.

### 1.3 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu:

- Penelitian ini dilakukan pada PT. Global Jet Express Jalan Kaharudin Nasution No.153, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau.
- Data yang digunakan dalam menjalankan ACO adalah data penjemputan barang di PT. Global Jet Express Jalan Kaharudin Nasution No. 153, Kota Pekanbaru.
- Menggunakan graf berbobot tidak berarah.
- Data digambarkan dalam bentuk graf lengkap tidak berarah
- Nilai alpha yang digunakan dalam menjalankan ACO adalah  $\alpha = 1$
- Nilai beta yang digunakan dalam menjalankan ACO adalah  $\beta = 2$



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Memahami dan mempelajari proses dan langkah-langkah ACO dalam menyelesaikan permasalahan TSP yang dihadapi oleh perusahaan.
2. Mencari hasil rute optimal dari rute penjemputan barang pada PT Global Jet Express.

## Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat dari dilakukannya penelitian ini, antara lain:

1. Memahami dan mempelajari proses ACO dalam mencari optimasi rute distribusi
2. Membantu perusahaan PT. Global Jet Express untuk menentukan rute optimal dalam distribusi agar dapat meminimalisir waktu, biaya dan hal lainnya yang digunakan dalam rute distribusi.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Proposal Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa pokok pembahasan yang diuraikan dalam beberapa bab yaitu:

### BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan menjelaskan tentang beberapa bagian yaitu: latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian dan manfaat dari penelitian.

### BAB II LANDASAN TEORI

Pada landasan teori akan dijelaskan semua teori penting yang digunakan penulisan dalam melakukan penelitian, bab ini meletakkan kerangka teoritis untuk penelitian selanjutnya. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa ide dan model sebagai berikut: graf berbobot, *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Algoritma Nearest Neighbour*, *Ant Colony Optimization* (ACO). Semua ide dan model di atas merupakan ide atau model yang digunakan penulis dalam menyelesaikan penelitian yang dilakukan oleh penulis.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang langkah penulis dalam menyelesaikan permasalahan yang terdapat pada penelitian dimulai dari metode penelitian, cara-cara pengumpulan data, hingga penulis mampu mendapatkan kesimpulan dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas pada penelitian.

**BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang tahapan-tahapan dilakukan oleh penulis untuk mendapatkan hasil seperti yang disampaikan pada rumusan masalah.

**BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

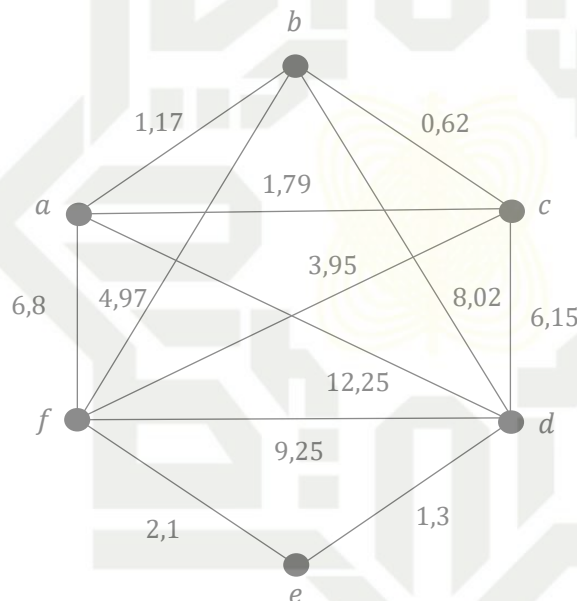
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang disetiap jalurnya memiliki nilai atau bobot tertentu [6]. Nilai atau bobot pada setiap jalur dalam graf dapat diubah dengan cara yang paling sesuai dengan kondisi yang dimodelkan. Ada beberapa variabel yang dapat mewakili nilai dari jalur graf berbobot, antara lain jarak perjalanan, waktu, biaya perjalanan atau produksi, dan lain-lain, sebagai contoh graf  $G$  adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Graf Berbobot

Matriks ketetanggaan  $G$  adalah matriks berukuran  $n \times n$ . Menurut [4], graf berbobot  $G = (N, A)$  dengan  $N$  adalah kumpulan dari jumlah titik graf, dan  $A$  merupakan kumpulan jalur yang terhubung dengan titik, setiap jalur  $(i, j)$  pada  $G$  dinamai sebagai  $d_{ij}$  sebagai representasi dari jarak antara titik  $i$  ke  $j$ . Pada graf berbobot tidak berarah nilai dari  $d_{ij} = d_{ji}$  yang artinya jarak antara titik  $i$  ke  $j$  sama dengan titik  $j$  ke  $i$ , apabila jalur antara  $i$  dan  $j$  tidak ada maka  $d_{ij} = 0$  yang mengartikan bahwa titik  $i$  ke  $j$  tidak memiliki jalur. Dengan merujuk pada

#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2.1, matriks  $A$  yang dimodelkan dari graf  $G$  di atas dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1,17 & 1,79 & 12,25 & 0 & 6,8 \\ 1,17 & 0 & 0,62 & 8,02 & 0 & 4,97 \\ 1,79 & 0,62 & 0 & 6,15 & 0 & 3,95 \\ 12,25 & 8,02 & 6,15 & 0 & 1,3 & 9,25 \\ 0 & 0 & 0 & 1,3 & 0 & 2,1 \\ 6,8 & 4,97 & 3,95 & 9,25 & 2,1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.1)$$

Berdasarkan Matriks (2.1) menjelaskan jarak antara titik  $i$  dan  $j$ , sebagai contoh jarak dari titik  $a$  menuju titik  $c$  sebesar 1,79, titik  $a$  menuju  $e$  sebesar 0 yang artinya pada titik  $a$  menuju  $e$  tidak memiliki jalur yang terhubung, begitu juga dengan titik-titik lainnya.

## 2.2 Traveling Salesmen Problem (TSP)

*Traveling salesman problem* (TSP) adalah salah satu permasalahan yang sering ditemukan pada matematika dan aplikasi komputasi [7], yang mana pada permasalahan TSP merupakan permasalahan mengharuskan seorang sales memulai dari sebuah titik dan mengunjungi tiap titik yang ada kemudian kembali ke titik semula [8]. Dalam permasalahan TSP maka sangat penting untuk mencari rute paling optimal dari perjalanan sales tersebut untuk meminimalisir biaya, waktu dan lain sebagainya [2].

Menurut [4], TSP dapat diimplementasikan pada graf lengkap berbobot dan tujuannya yaitu mencari jalur Hamilton yang didefinisikan sebagai sirkuit Hamilton =  $\frac{n-1!}{2}$  yang mana  $n$  adalah jumlah titik (*edge*) yang ada pada graf. Menangani TSP menggunakan metode heuristic seperti ACO dapat menemukan solusi yang optimal dan cepat dalam mencari optimasi rute terpendek tanpa perlu menghitung semua sirkuit Hamilton yang ada pada graf [9].

Optimasi merupakan salah satu cabang ilmu sains yang sering dikembangkan dalam berbagai bentuk dan implementasi yang bisa dideskripsikan sebagai metode numerik atau bagian formula matematika. Optimalisasi rute terpendek paling umum biasanya menggunakan algoritma pencarian dalam graf





## Hak Cipta Ditanggung Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

adalah masalah rute terpendek, yang bertujuan untuk menemukan rute paling optimal atau terpendek dari suatu graf [10]. Nilai optimal adalah nilai yang diperoleh dari suatu proses yang dianggap sebagai jawaban terbaik dari semua pilihan yang ada [4]. Umumnya dalam menyelesaikan permasalahan pada pencarian rute terpendek memiliki 2 metode, yaitu: konvensional dan heuristik [11]. Salah satu metode yang heuristik dalam mencari rute terpendek yaitu metode *Ant Colony Optimization* (ACO).

### 2.3 Algoritma *Nearest Neighbor* ( $C^{nn}$ )

Algoritma *Nearest Neighbor* ( $C^{nn}$ ) adalah metode yang digunakan dalam mencari rute optimal berdasarkan tetangga-tetangga dari titik ke titik lainnya [10]. Algoritma ini berfungsi dengan cara mencari titik terdekat dari data yang ingin diklasifikasikan atau diprediksi [12]. Yang mana hasil dari algoritma *nearest neighbor* ini berfungsi untuk mencari nilai feromon awal pada ACO [13], sebagai contoh dari Matriks (2.1) representasi dari graf  $G$ .

Maka akan dicari nilai dari  $C^{nn}$  berdasarkan tetangga terdekat dimulai dari satu titik ke titik lainnya dan kembali ke titik awal, maka hasil dari  $c^{nn}$  pada contoh matriks  $A$  adalah:

$$\begin{aligned} a - b - c - f - e - d - a &= 1,17 + 0,62 + 3,95 + 2,1 + 1,3 + 12,25 \\ &= 21,39. \end{aligned}$$

Sehingga hasil dari algoritma *nearest neighbor* pada matriks  $A$  yang dimulai dari titik  $a$  adalah 21,39.

### 2.4 *Ant Colony Optimization* (ACO)

*Ant colony optimization* (ACO) adalah algoritma probabilitas dan salah satu algoritma yang mampu menyelesaikan permasalahan optimalisasi. ACO pertama kali dikenalkan oleh Moyson dan Manderik kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Marco Dorigo [3]. Algoritma ini terinspirasi oleh proses semut dalam mencari jalur dari sarangnya menuju sumber makanan, yang mana para semut akan menelusuri setiap jalur yang ada dan meninggalkan zat yang disebut sebagai *pheromone* (feromon), kemudian tatkala semut berikutnya melakukan perjalanan,

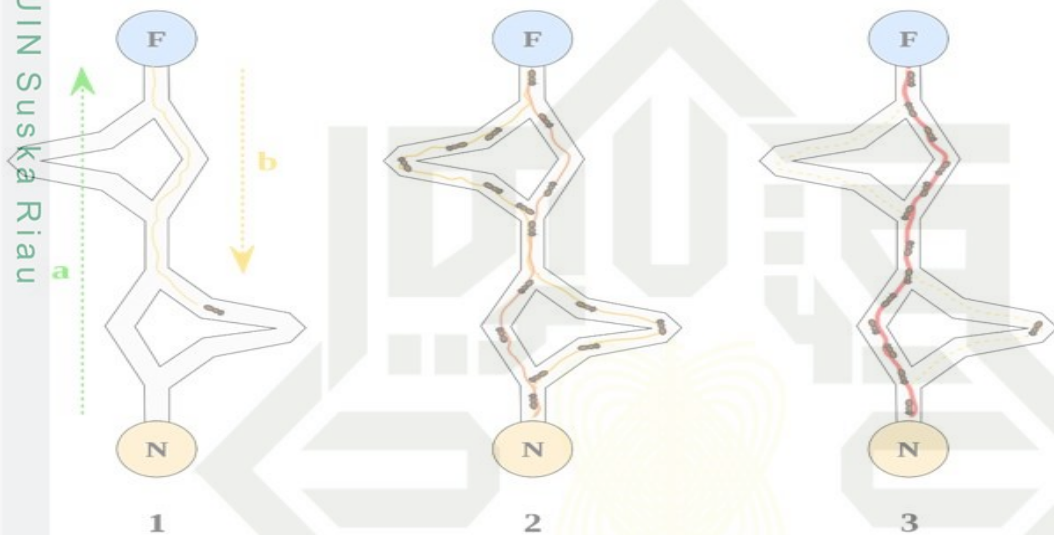
#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

maka semut tersebut akan mengikuti jejak yang telah ditinggalkan oleh semut sebelumnya. Sehingga jalur yang paling sering dilalui oleh para semut akan mengalami penumpukan zat feromon dan jalur yang jarang dilalui oleh semut akan mengalami penguapan zat feromon pada jalur tersebut [3]. Proses semut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.2 Ilustrasi Perjalanan Semut

Berdasarkan Gambar 2.2 terdapat sekelompok semut yang melakukan perjalanan menuju sumber makanan, dan ada beberapa jalur yang menghubungkan antara sarang dan sumber makanan. Semut akan menelusuri jalur yang ada dan meninggalkan feromon, sehingga pada perjalanan semut berikutnya akan mengikuti jejak feromon yang telah ditinggalkan [14]. Setelah terjadi penguapan feromon dan penambahan feromon dari semut sebelumnya maka jalur yang memiliki tingkat feromon yang paling lebih tinggi akan menarik semut berikutnya untuk memilih jalur tersebut [15].

Untuk mengetahui implementasi dari ACO dalam pencarian optimasi rute distribusi mengikuti langkah-langkah dan variabel berikut ;

- Menentukan nilai parameter dalam menjalankan algoritma [3], yaitu:
  - Matriks jarak antar titik  $d_{ij}$
  - Jumlah titik ( $n$ )
  - Jumlah semut ( $m$ ) =  $n$



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Nilai intensitas feromon awal, didefinisikan sebagai  $\tau_0$ , yang mana  $\tau_0 = \frac{m}{C^{nn}}$
- Hasil algoritma nearest neighbor ( $C^{nn}$ )
- Invers dari matriks jarak atau bisa disebut juga sebagai visibilitas  $i$  ke  $j$ , didefinisikan sebagai  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$
- Pengaturan kontrol intensitas feromon ( $\alpha$ ) = 1
- Pengaturan kontrol nilai visibilitas ( $\beta$ ) = 2 sampai 5
- Tingkat penguapan feromon atau evaporasi feromon ( $\rho$ ) = 0,5

Menempatkan semua semut pada masing-masing titik sebagai titik awal perjalanan, dan semut akan mengunjungi setiap titik dan kembali ke titik awal. Pada tahap ini titik awal yang ditempati oleh semut akan dijadikan elemen pertama pada memori [4]. Sehingga dengan terdistribusinya semut pada semua titik sebagai titik awal, maka akan mendapatkan hasil eksplorasi yang lebih baik.

- Setelah semua semut ditempatkan disetiap titik, maka semut akan melakukan perjalanan untuk membentuk sebuah rute perjalanan dan kembali ke titik awal. Dengan terdistribusinya semut pada setiap titik, maka hal tersebut dapat meningkatkan eksplorasi dari perjalanan semut. Menurut [3] dalam pembentukan rute semut mengikuti aturan perhitungan sebagai berikut:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}, & \text{jika } j \in N_i^k \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.2)$$

Yang mana  $P_{ij}^k$  adalah probabilitas semut  $k$  di titik  $i$  ke titik  $j$ ,  $\tau_{ij}$  merupakan nilai feromon yang terdapat pada jalur  $(i, j)$ , kemudian  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  adalah invers matriks yang merupakan nilai visibilitas dari matriks,  $\alpha$  merupakan parameter yang mengatur kontrol intensitas feromon dan  $\beta$  adalah parameter yang mengatur kontrol nilai visibilitas, sedangkan  $N_i^k$  adalah kumpulan titik tetangga yang belum dikunjungi oleh semut  $k$  ketika





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berada di titik  $i$ , yang mana ini merupakan kumpulan titik yang belum dikunjungi oleh semut  $k$ , sehingga nilai probabilitas titik diluar dari  $N_i^k$  adalah 0 [3]. Berdasarkan aturan probabilitas, probabilitas dalam pemilihan jalur  $(i, j)$  bertambah dengan nilai akumulasi dari penumpukan feromon  $\tau_{ij}$ , dan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  berguna untuk mengatur keterkaitan antara nilai feromon dan visibilitas, apabila  $\alpha = 0$  maka nilai probabilitas hanya bergantung pada visibilitas, dan begitu juga sebaliknya [3].

Setelah semua semut melakukan perjalanan berdasarkan perhitungan probabilitas, maka akan terbentuk sebuah jalur perjalanan dari sebuah titik sebagai titik awal kemudian mengunjungi setiap titik yang ada dan kembali ke titik awal kembali, dari jalur yang dilewati oleh semut akan terbentuk sebuah siklus yang dapat ditentukan nilai dari jarak tempuh yang dilalui oleh semua semut yang disebut sebagai  $C^k$  [3].

- Kemudian akan dilakukan perhitungan penguapan feromon pada semua jalur  $(i, j)$ , yang mana  $\tau_{ij(penguapan)} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij}$ , setelah feromon mengalami penguapan maka akan ditambahkan dengan feromon yang telah ditinggalkan oleh para semut pada tiap jalur  $(i, j)$  yang dilewati oleh para semut, yang mana jumlah feromon yang ditinggalkan oleh semut adalah

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{1}{C^k} & \forall (i, j) \in L, \text{ untuk jalur } k \\ 0 & , \text{ lainnya} \end{cases} \quad (2.3)$$

yang artinya apabila terdapat jalur yang optimal maka jalur tersebut akan mendapatkan jumlah feromon yang lebih besar daripada jalur yang lainnya, dan jalur yang banyak dilalui oleh semut maka pada jalur tersebut akan mengalami penumpukan feromon yang akan mempengaruhi jalur yang akan dilalui oleh semut berikutnya [3]. Maka jumlah total pembaharuan feromon pada suatu iterasi adalah:

$$\tau_{ij(update)} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2.4)$$

Sehingga pada tiap iterasi berikutnya akan terjadi perubahan feromon, dimulai dari penguapan feromon hingga penambahan feromon yang ditinggalkan oleh para semut yang didefinisikan sebagai  $\tau_{ij(update)}$ .



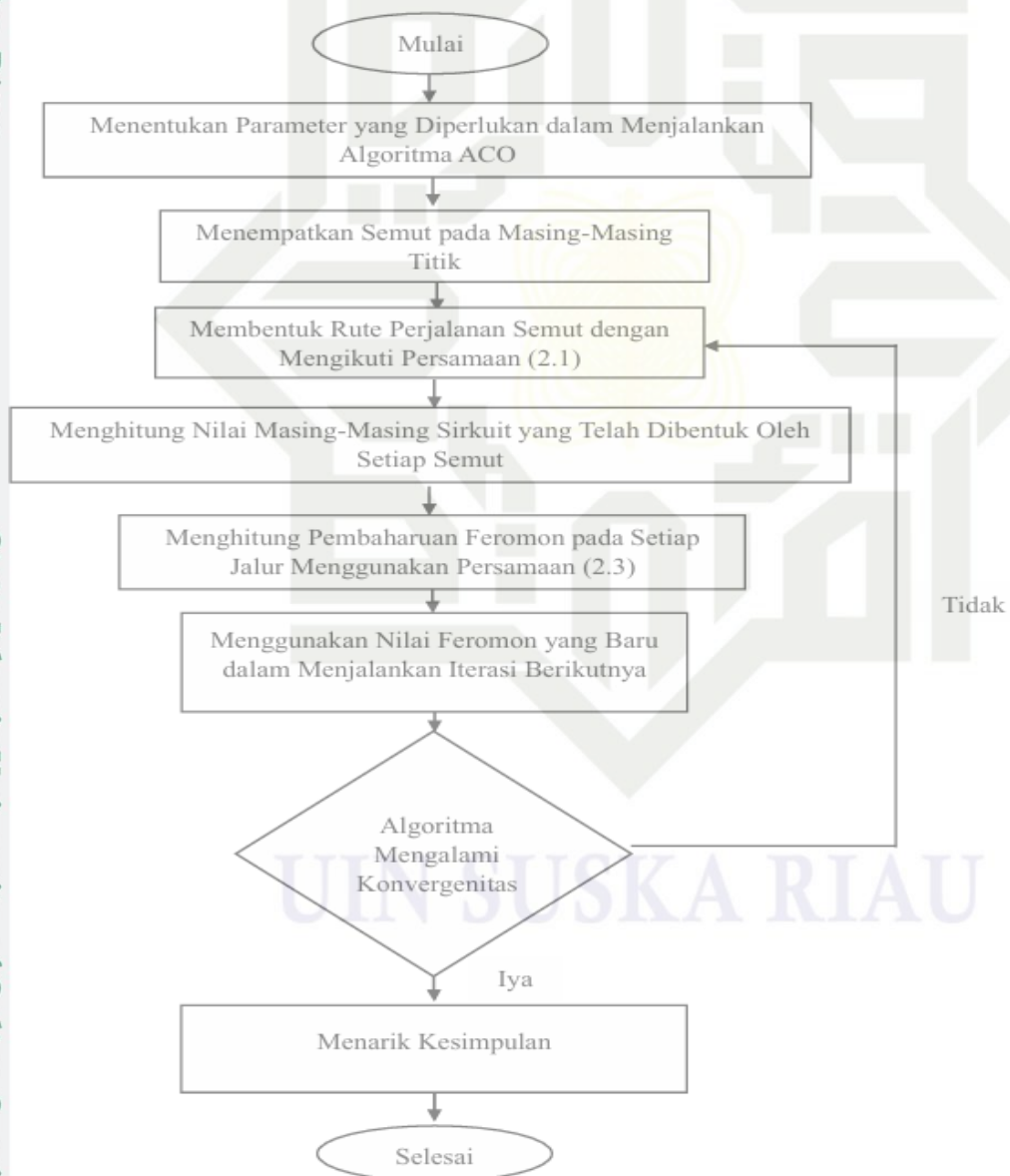
#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai  $\tau_{ij}$  akan selalu diperbaharui setelah semua semut selesai melakukan perjalanan, sehingga nilai  $\tau_{ij}$  akan menjadi variabel baru untuk semut berikutnya dalam menentukan rute perjalanan.

Apabila jalur yang didapati oleh para semut terasa belum cukup optimal, maka kosongkan memori jalur dan kembali ke langkah 2 dengan menggunakan nilai feromon yang baru, begitu seterusnya sampai hasil dari iterasi perhitungan jalur semut mengalami konvergenitas.

Dalam menjalankan ACO dapat digambarkan dalam *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 2.3 Flowchart Ant Colony Optimization

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

#### Contoh 2.1 : [13]

Diberikan suatu permasalahan TSP dengan matriks  $A$  berdasarkan graf  $G$  sebelumnya sebagai berikut:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} d_{ij} & a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1,17 & 1,79 & 12,25 & 0 & 6,8 \\ 1,17 & 0 & 0,62 & 8,02 & 0 & 4,97 \\ 1,79 & 0,62 & 0 & 6,15 & 0 & 3,95 \\ 12,25 & 8,02 & 6,15 & 0 & 1,3 & 9,25 \\ 0 & 0 & 0 & 1,3 & 0 & 2,1 \\ 6,8 & 4,97 & 3,95 & 9,25 & 2,1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

#### Penyelesaian:

Matriks  $A$  di atas merupakan representasi dari jarak antara titik  $d_{ij}$  yang simetris, yang mana nilai  $d_{ij} = d_{ji}$  sebagai contoh titik  $a$  menuju  $b$  adalah 1,17 sama dengan  $b$  menuju  $a$  adalah 1,17 juga. Pada matriks  $A$  di atas menggunakan satuan km dalam nilai jaraknya.

Langkah-langkah dalam proses pengerjaan ACO adalah sebagai berikut:

1. Menentukan parameter yang akan digunakan dalam mencari optimasi rute, parameter-parameter yang akan ditentukan adalah sebagai berikut:

a. Matriks jarak antar titik  $d_{ij} = d_{ji}$

Menentukan matriks jarak  $d_{ij} = d_{ji}$  sudah diketahui pada contoh yaitu matriks  $A$ .

b. Jumlah titik  $(n)$ ,  $n = 6$

c. Jumlah semut  $m = n$

d. Hasil algoritma *nearest neighbor* ( $C^{nn}$ )

Menentukan nilai dari ( $C^{nn}$ ) berdasarkan tetangga terdekat dimulai dari satu titik ke titik lainnya dan kembali ke titik awal, maka hasil dari  $C^{nn}$  pada contoh matriks  $A$  adalah  $a - b - c - f - e - d - a$ , yang mana nilai dari algoritma *nearest neighbor* pada matriks  $A$  yang dimulai dari titik  $a$  adalah 21,39.

e. Nilai intensitas feromon awal, didefinisikan sebagai  $\tau_0$ , yang mana  $\tau_0 = \frac{m}{C^{nn}}$

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Menentukan nilai  $\tau_0$  nilai feromon awal  $\tau_0 = \frac{m}{c^{nn}}$  sehingga nilai  $\tau_0 = \frac{6}{21,39} = 0,2805$ .

Pada iterasi I nilai  $\tau_0 = \tau_{ij}$  sehingga setiap jalur memiliki nilai feromon yang sama, dan akan mengalami pembaharuan feromon pada iterasi berikutnya.

- Invers dari matriks jarak atau bisa disebut juga sebagai visibilitas  $i$  ke  $j$ , didefinisikan sebagai  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$

Dalam menentukan nilai visibilitas yaitu  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ , sebagai contoh

$$\begin{aligned}\eta_{ab} &= \frac{1}{d_{ab}} \\ &= \frac{1}{1,17} \\ &= 0,8547.\end{aligned}$$

Dengan menggunakan Persamaan yang sama terhadap semua titik maka didapat hasil  $\eta_{ij}$  sebagai berikut:

$$\eta_{ij} \text{ dari } A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0,8547 & 0,5587 & 0,0816 & 0 & 0,1471 \\ 0,8547 & 0 & 1,6129 & 0,1247 & 0 & 0,2012 \\ 0,5587 & 1,6129 & 0 & 0,1626 & 0 & 0,2532 \\ 0,0816 & 0,1247 & 0,1626 & 0 & 0,7692 & 0,1081 \\ 0 & 0 & 0 & 0,7692 & 0 & 0,4762 \\ 0,1471 & 0,2012 & 0,2532 & 0,1081 & 0,4762 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- Pengaturan kontrol intensitas feromon ( $\alpha$ ) = 1
- Pengaturan kontrol nilai visibilitas ( $\beta$ ) = 2 sampai 5
- Tingkat penguapan feromon atau evaporasi feromon ( $\rho$ ) = 0,5

Menurut [3], nilai dari  $\alpha$  dan  $\beta$  yang optimal digunakan dalam menjalankan algoritma ACO adalah  $\alpha = 1$  dan  $\beta = 2$  to 5, dan  $\rho = 0,5$ . Dikarenakan nilai  $\beta = 2$  pada contoh, maka akan dicari  $\eta_{ij}^2$ , yang mana nilai visibilitas akan dipangkat 2 terlebih dahulu sehingga.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\eta_{ij}^2 \text{ dari } A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0,7305 & 0,3121 & 0,0067 & 0 & 0,0216 \\ 0,7305 & 0 & 4,1959 & 0,0019 & 0 & 0,0081 \\ 0,3121 & 4,1959 & 0 & 0,0043 & 0 & 0,0162 \\ 0,0067 & 0,0019 & 0,0043 & 0 & 0,4552 & 0,0013 \\ 0 & 0 & 0 & 0,4552 & 0 & 0,1080 \\ 0,0216 & 0,0081 & 0,0162 & 0,0013 & 0,1080 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Setelah semua parameter yang diperlukan sudah ditentukan, kemudian semua semut akan ditempatkan dimasing-masing kota yang bertujuan untuk meningkatkan efek eksplorasi agar setiap kota dapat mencari nilai yang optimal. Dengan catatan kembali ke kota awal, dan akan terbentuk sirkuit pada jalur yang dilewati oleh para semut.

2. Menempatkan masing-masing semut pada setiap kota, Maka pada contoh di atas akan kita tempat kan semut disetiap titik yang mana semut 1 ditempatkan di titik  $a$ , lalu semut 2 di titik  $b$ , dan seterusnya hingga semua titik sudah ditempati oleh para semut.
3. Setelah semua semut siap ditempatkan di semua titik, para semut akan melakukan perjalanan dengan mengikuti Persamaan (2.2). Dimulai dari titik asal menuju titik berikutnya hingga semua titik dikunjungi dan kembali ke titik asal dari setiap semut, berikut adalah perhitungan dari titik awal semua semut menuju ke titik kedua:

$$P_{ab}^1 = \frac{[\tau_{ab}]^1 [\eta_{ab}]^2}{[\tau_{ab}]^1 [\eta_{ab}]^2 + [\tau_{ac}]^1 [\eta_{ac}]^2 + [\tau_{ad}]^1 [\eta_{ad}]^2 + [\tau_{af}]^1 [\eta_{af}]^2}$$

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} P_{ab}^1 &= \frac{[0,2805]^1 [0,8547]^2}{[0,2805]^1 [0,8547]^2 + [0,2805]^1 [0,5587]^2 + [0,2805]^1 [0,0816]^2 + [0,2805]^1 [0,1471]^2} \\ &= \frac{0,2041}{0,3004} \\ &= 0,6821. \end{aligned}$$





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kemudian perhitungan untuk nilai probabilitas semut 1 dari titik  $a$  menuju titik  $c$  sebagai berikut:

$$P_{ac}^1 = \frac{[\tau_{ab}]^1 [\eta_{ac}]^2}{[\tau_{ab}]^1 [\eta_{ab}]^2 + [\tau_{ac}]^1 [\eta_{ac}]^2 + [\tau_{ad}]^1 [\eta_{ad}]^2 + [\tau_{af}]^1 [\eta_{af}]^2}$$

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} P_{ac}^1 &= \frac{[0,2805]^1 [0,5587]^2}{[0,2805]^1 [0,8547]^2 + [0,2805]^1 [0,5587]^2 + [0,2805]^1 [0,0816]^2 + [0,2805]^1 [0,1471]^2} \\ &= \frac{0,0875}{0,3004} \\ &= 0,2914. \end{aligned}$$

Begitu juga seterusnya hingga semua titik dihitung nilai probabilitasnya, kemudian nilai tertinggi dari probabilitas pada semut 1 untuk setiap titik akan menjadi kota tujuan dari semut 1. Setelah itu untuk menghitung probabilitas semua titik yang akan dikunjungi oleh semut 2, dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{ba}^2 = \frac{[\tau_{ba}]^1 [\eta_{ba}]^2}{[\tau_{ba}]^1 [\eta_{ba}]^2 + [\tau_{bc}]^1 [\eta_{bc}]^2 + [\tau_{bd}]^1 [\eta_{bd}]^2 + [\tau_{bf}]^1 [\eta_{bf}]^2}$$

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} P_{ba}^2 &= \frac{[0,2805]^1 [0,8547]^2}{[0,2805]^1 [0,8547]^2 + [0,2805]^1 [1,6129]^2 + [0,2805]^1 [0,1247]^2 + [0,2805]^1 [0,2012]^2} \\ &= \frac{0,2041}{1,3847} \\ &= 0,1480. \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai probabilitas semut 2 dari titik asal yaitu  $b$  menuju  $c$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{bc}^2 = \frac{[\tau_{bc}]^1 [\eta_{bc}]^2}{[\tau_{ba}]^1 [\eta_{ba}]^2 + [\tau_{bc}]^1 [\eta_{bc}]^2 + [\tau_{bd}]^1 [\eta_{bd}]^2 + [\tau_{bf}]^1 [\eta_{bf}]^2}$$

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} p_{bc}^2 &= \frac{[0,2805]^1 [1,6129]^2}{[0,2805]^1 [0,8547]^2 + [0,2805]^1 [1,6129]^2 + [0,2805]^1 [0,1247]^2 + [0,2805]^1 [0,2012]^2} \\ &= \frac{1,1770}{1,3847} \\ &= 0,8500. \end{aligned}$$

Begitu juga seterusnya hingga semua titik dihitung nilai probabilitasnya, Berdasarkan Persamaan (2.2), dapat dicari nilai probabilitas semut 1 hingga semut 5 dari titik asal ke setiap titik yang terhubung, maka akan didapat seluruh perhitungannya dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Perhitungan Probabilitas Semut Kota Pertama

FIRST TRAVEL OF ANTS										
0,2805	Titik	Probabilitas						Titik	Memori	Nilai
Semut	Asal	a	b	c	d	e	f	Tujuan		Sigma
1	a	0,0000	<b>0,6821</b>	0,2914	0,0062	0,0000	0,0202	b	a-b	0,3004
2	b	0,2156	0,0000	<b>0,7678</b>	0,0046	0,0000	0,0119	c	b-c	0,9503
3	c	0,1039	<b>0,8660</b>	0,0000	0,0088	0,0000	0,0213	b	c-b	0,8426
4	d	0,0102	0,0238	0,0405	0,0000	<b>0,9075</b>	0,0179	e	d-e	0,1829
5	e	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,7230</b>	0,0000	0,2770	d	e-d	0,2296
6	f	0,0593	0,1110	0,1758	0,0321	<b>0,6219</b>	0,0000	e	f-e	0,1023

Berdasarkan Tabel 2.1 di atas didapat semua nilai probabilitas dari semut 1 hingga semut 6, nilai maksimal dari setiap semut akan ditandai dengan angka tebal. Pada perhitungan di atas didapat titik kunjungan dari setiap semut dengan mengikuti nilai probabilitas tertinggi yang akan menjadi titik berikutnya yang akan dikunjungi dan akan dilanjutkan hingga semua semut mengunjungi setiap titik dan kembali lagi ke titik awal semut memulai perjalanan.

Kemudian akan dicari titik ketiga yang akan dikunjungi berikutnya dari semua semut berdasarkan Persamaan (2.2) kota yang sudah dikunjungi oleh semut maka nilai probabilitasnya akan menjadi 0 yang mana kota yang sudah dikunjungi bukan merupakan  $\in N_i^k$ . Perhitungan dari pencarian titik berikutnya untuk semut 1 dari titik b dikarenakan semut 1 mengunjungi titik b sebagai titik tujuan nya

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sebelumnya, maka perhitungan untuk semut 1 dari titik  $b$  menuju  $c$  sebagai berikut:

$$P_{bc}^1 = \frac{[\tau_{bc}]^1 [\eta_{bc}]^2}{[\tau_{bc}]^1 [\eta_{bc}]^2 + [\tau_{bd}]^1 [\eta_{bd}]^2 + [\tau_{bf}]^1 [\eta_{bf}]^2}$$

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} P_{bc}^1 &= \frac{[0,2805]^1 [1,6129]^2}{[0,2805]^1 [1,6129]^2 + [0,2805]^1 [0,1247]^2 + [0,2805]^1 [0,2012]^2} \\ &= \frac{1,1770}{1,1798} \\ &= 0,9976. \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan probabilitas semut 1 dari titik  $b$  menuju semua titik terhubung yang belum dikunjungi, begitu juga terhadap semut yang lain nya, sehingga dari perhitungan probabilitas setiap semut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Perhitungan Probabilitas Semut Kota Kedua

SECOND TRAVEL OF ANTS										
0,2805	Titik	Probabilitas						Titik	Memori	Nilai
Semut	Asal	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	Tujuan		Sigma
1	$a$	0,0000	0,0000	<b>0,9789</b>	0,0059	0,0000	0,0152	$c$	$a-b-c$	0,745
2	$b$	<b>0,7752</b>	0,0000	0,0000	0,0657	0,0000	0,1592	$a$	$b-c-a$	0,113
3	$c$	<b>0,9288</b>	0,0000	0,0000	0,0198	0,0000	0,0515	$a$	$c-b-a$	0,221
4	$d$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>1,0000</b>	$f$	$d-e-f$	0,064
5	$e$	0,1104	0,2577	<b>0,4382</b>	0,0000	0,0000	0,1937	$c$	$e-d-a$	0,017
6	$f$	0,0000	0,0000	0,0000	<b>1,0000</b>	0,0000	0,0000	$d$	$f-e-d$	0,166

Berdasarkan Tabel 2.2 di atas diperoleh nilai probabilitas dari setiap semut, titik dengan nilai probabilitas tertinggi dari setiap semut akan menjadi titik tujuan berikutnya dari masing-masing semut. Pada perhitungan di atas didapat titik ketiga yang dikunjungi oleh para semut.

Kemudian akan dicari titik ketiga yang akan dikunjungi berikutnya dari semua semut berdasarkan Persamaan (2.2) kota yang sudah dikunjungi oleh semut maka nilai probabilitasnya akan menjadi 0, yang mana kota yang sudah dikunjungi bukan merupakan  $\in N_i^k$ . Maka perhitungan dari pencarian titik

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berikutnya untuk semut 1 dari titik  $c$  dikarenakan semut 1 mengunjungi titik  $c$  sebagai titik tujuan nya sebelumnya, maka perhitungan untuk semut 1 dari titik  $c$  menuju  $d$  sebagai berikut:

$$P_{cd}^1 = \frac{[\tau_{cd}]^1 [\eta_{cd}]^2}{[\tau_{cd}]^1 [\eta_{cd}]^2 + [\tau_{cf}]^1 [\eta_{cf}]^2}$$

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} P_{cd}^1 &= \frac{[0,2805]^1 [0,1626]^2}{[0,2805]^1 [0,1626]^2 + [0,2805]^1 [0,2532]^2} \\ &= \frac{0,0074}{0,0254} \\ &= 0,2920. \end{aligned}$$

Setelah itu akan dilanjutkan perhitungan probabilitas semut 1 dari titik  $c$  menuju semua titik terhubung yang belum dikunjungi, begitu juga terhadap semut yang lain nya. Sehingga dari perhitungan probabilitas setiap semut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Perhitungan Probabilitas Semut Kota Ketiga

THIRD TRAVEL OF ANTS										
2805	Titik	Probabilitas						Titik	Memori	Nilai
Semut	Asal	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	Tujuan		Sigma
1	$a$	0,0000	0,0000	0,0000	0,2920	0,0000	<b>0,7080</b>	$f$	$a-b-c-f$	0,025
2	$b$	0,0000	0,0000	0,0000	0,2356	0,0000	<b>0,7644</b>	$f$	$b-c-a-f$	0,008
3	$c$	0,0000	0,0000	0,0000	<b>1,0000</b>	0,0000	0,0000	$d$	$c-b-a-d$	0,002
4	$d$	0,1714	0,3208	<b>0,5079</b>	0,0000	0,0000	0,0000	$c$	$d-e-f-c$	0,035
5	$e$	0,1048	<b>0,8737</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0215	$b$	$e-d-c-b$	0,835
6	$f$	0,1370	0,3196	<b>0,5435</b>	0,0000	0,0000	0,0000	$c$	$f-e-d-c$	0,014

Tabel 2.3 di atas merupakan perhitungan probabilitas dari semua semut menuju titik keempat dan didapat hasil dari semua semut seperti yang sudah ditunjukkan oleh tabel, lalu dilanjutkan ke titik kelima, perhitungan probabilitas dari titik keempat menuju titik kelima dapat dilihat pada tabel berikut:

Kemudian akan dicari titik kelima yang akan dikunjungi berikutnya dari semua semut berdasarkan Persamaan (2.2) kota yang sudah dikunjungi oleh semut



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Maka nilai probabilitasnya akan menjadi 0 yang mana kota yang sudah dikunjungi bukan merupakan  $\in N_i^k$ . Maka perhitungan untuk kota selanjutnya berdasarkan aturan probabilistik Persamaan (2.2) adalah sebagai berikut:

$$P_{fd}^1 = \frac{[\tau_{fd}]^1 [\eta_{fd}]^2}{[\tau_{fd}]^1 [\eta_{fd}]^2 + [\tau_{fe}]^1 [\eta_{fe}]^2}$$

Nilai  $\tau_{ij}$  pada iterasi I adalah  $\tau_{ij} = \tau_0$  dan  $\eta_{ij}$  adalah nilai visibilitas atau invers dari Matriks  $A$  yang sudah ditentukan pada parameter yang diperlukan, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} P_{fd}^1 &= \frac{[0,2805]^1 [0,1081]^2}{[0,2805]^1 [0,1081]^2 + [0,2805]^1 [0,4762]^2} \\ &= \frac{0,0033}{0,0669} \\ &= 0,0116. \end{aligned}$$

Selanjutnya akan dilanjutkan perhitungan probabilitas semut 1 dari titik  $f$  menuju semua titik terhubung yang belum dikunjungi, begitu juga terhadap semut yang lain nya, sehingga dari perhitungan probabilitas setiap semut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Perhitungan Probabilitas Semut Kota Keempat

FOURTH TRAVEL OF ANTS										
2805	Titik	Probabilitas						Titik	Memori	Nilai
Semut	Asal	a	b	c	d	e	f	Tujuan		Sigma
1	a	0,0000	0,0000	0,0000	0,0490	<b>0,9510</b>	0,0000	e	a-b-c-f-e	0,067
2	b	0,0000	0,0000	0,0000	0,0116	<b>0,9884</b>	0,0000	e	b-c-a-f-e	0,031
3	c	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,9806</b>	0,0194	e	c-b-a-d-e	0,169
4	d	0,1071	<b>0,8929</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	b	d-e-f-c-b	0,817
5	e	<b>0,9475</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0525	a	e-d-c-b-a	0,216
6	f	<b>1,0000</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	a	f-e-d-c-a	0,088

Sudah diperoleh sebagian besar jalur yang sudah dilalui oleh semut. Karena setelah ini hanya ada satu titik yang belum dikunjungi oleh para semut, maka nilai probabilitas dari kota yang belum dikunjungi oleh para semut adalah 1. Dan titik akhir semua semut harus kembali ke titik awal semut melakukan perjalanan sehingga hasil dari perhitungan probabilitas dari semua semut menuju titik terakhir adalah sebagai berikut:

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.5 Perhitungan Probabilitas Semut Kota Kelima

FIFTH TRAVEL OF ANTS										
02805	Titik	Probabilitas						Titik	Memori	Nilai
Semut	Asal	a	b	c	d	e	f	Tujuan		Rute
1	a	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	d	a-b-c-f-e-d-a	21,39
2	b	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	d	b-c-a-f-e-d-b	20,63
3	c	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	f	c-b-a-d-e-f-c	21,39
4	d	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	a	d-e-f-c-b-a-d	21,39
5	e	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	f	e-d-c-b-a-f-e	18,14
6	f	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	b	f-e-d-c-a-b-f	17,48

Setelah semua semut melakukan perjalanan dan membuat sebuah rute dalam bentuk sirkuit, maka akan dihitung nilai dari semua jalur yang telah dilalui oleh para semut hasil perhitungan nilai jalur dari semut 1 adalah:

$$a - b - c - f - e - d - a = 1,17 + 0,62 + 3,95 + 2,1 + 1,3 + 12,25$$

$$= 21,39.$$

Dengan menggunakan cara yang sama terhadap semua semut maka nilai jalur dari semua semut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Jalur Jalur Semut

Ant	Jalur Semut	Nilai Jalur
1	$a - b - c - f - e - d - a$	21,39
2	$b - c - a - f - e - d - b$	20,63
3	$c - b - a - d - e - f - c$	21,39
4	$d - e - f - c - b - a - d$	21,39
5	$e - d - c - b - a - f - e$	18,14
6	$f - e - d - c - a - b - f$	17,48

Berdasarkan Tabel 2.6 di atas, didapat total nilai dari setiap jalur yang telah dilewati oleh para semut.

4. Kemudian akan dihitung pembaharuan feromon yang ada pada tiap jalur, berdasarkan Persamaan (2.3) dalam mencari nilai pembaharuan feromon dari setiap jalur. Dengan nilai  $\rho = 0,5$  dan nilai  $\tau_{ij} = \tau_0$  hanya untuk iterasi pertama dalam algoritma, sehingga penguapan feromon pada semua jalur adalah

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\tau_{ij(\text{penguapan})} \leftarrow (1 - 0,5)\tau_{ij}$$

$$\begin{aligned}\tau_{ij(\text{penguapan})} &= (0,5) \cdot 0,2805 \\ &= 0,14025.\end{aligned}$$

$\tau_{ij(\text{penguapan})}$  adalah jumlah sisa feromon yang ada pada jalur, lalu akan dicari nilai dari  $\Delta\tau_{ij}^k$  dari Persamaan (2.4), sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta\tau_{ij}^k &= \frac{1}{C^k} \quad \forall (i, j) \in L \\ \Delta\tau_{ij}^1 &= \frac{1}{21,39} \\ &= 0,046751 \quad \forall (i, j) \in L.\end{aligned}$$

Untuk setiap jalur yang telah dilewati oleh semut 1 akan ditambahkan feromon sejumlah 0,046751. Dengan menggunakan Persamaan (2.4) maka akan didapat hasil  $\Delta\tau_{ij}^k$  dari setiap jalur yang telah dilalui oleh semua semut, didapat, sebagai berikut:

**Tabel 2.7 Feromon Semut yang Ditinggalkan**

Semut	Total Jarak	$\Delta\tau_{ij}^k$
1	21,39	0,046751
2	20,63	0,048473
3	21,39	0,046751
4	21,39	0,046751
5	18,14	0,055127
<b>6</b>	<b>17,48</b>	<b>0,057208</b>

Berdasarkan Tabel 2.7 di atas semua semut akan meninggalkan feromon sesuai dengan nilai dari masing-masing semut, sebagai contoh semut 1 akan meninggalkan feromon sejumlah 0,046751 pada semua jalur yang telah dilewati oleh semut 1 yaitu jalur  $a - b - c - f - e - d - a$ , begitu juga pada semut yang lainnya.

Pada hasil perhitungan ini didapatkan semut 6 sebagai jalur yang paling optimal, yaitu jalur  $f - e - d - c - a - b - f$  diantara semua semut. Karena jalur yang dibentuk oleh semut adalah dalam bentuk sirkuit, apabila dimulai dari titik  $a$  dengan mengikuti rute yang telah dibentuk oleh semut 6, maka

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

jalurnya akan menjadi  $a - b - f - e - d - c - a = a - c - d - e - f - b - a = f - e - d - c - a - b - f$  begitu juga terhadap sirkuit-sirkuit yang lainnya. dan juga semut 6 akan meninggalkan jumlah feromon paling besar diantara semut yang lain yaitu berjumlah 0,057208.

Kemudian akan dijumlahkan semua feromon yang telah ditinggalkan oleh semua semut pada setiap jalur yang telah dilewati oleh masing-masing semut. Berdasarkan Tabel 2.7 di atas didapat hasil jumlah feromon yang ditinggalkan oleh para semut sebagai contoh pada jalur  $a - b = b - a$  dilewati oleh semut 1, semut 3, semut 4 dan semut 5 dan semut 6, sehingga pada jalur  $a - b = b - a$  akan ditinggalkan feromon sebesar:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ab}^k &= \Delta \tau_{ab}^1 + \Delta \tau_{ab}^2 + \Delta \tau_{ab}^3 + \Delta \tau_{ab}^4 + \Delta \tau_{ab}^5 + \Delta \tau_{ab}^6 \\ &= 0,046751 + 0 + 0,046751 + 0,046751 + 0,055127 + 0,057208 \\ &= 0,2526. \end{aligned}$$

Dengan menjumlahkan semua feromon yang ditinggalkan oleh para semut pada jalur yang dilewati oleh masing-masing semut maka hasil dari jumlah feromon nya adalah pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Jumlah Feromon Semut

$\sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>a</i>	0	0,2526	0,1057	0,0935	0	0,1036
<i>b</i>	0,2526	0	0,2439	0,0484	0	0,0572
<i>c</i>	0,1057	0,2439	0	0,1123	0	0,1403
<i>d</i>	0,0935	0,0484	0,1123	0	0,3011	0
<i>e</i>	0	0	0	0,3011	0	0,3011
<i>f</i>	0,1036	0,0572	0,1402	0	0,3011	0

Tabel 2.8 di atas merupakan hasil dari jumlah total dari feromon yang ditinggalkan 6 semut pada setiap jalur yang dilewati oleh masing-masing semut. Lalu hasil dari penjumlahan feromon yang telah ditinggalkan oleh para semut



#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

akan ditambahkan dengan jumlah sisa feromon yang telah menguap, sehingga didapat hasil feromon pada tiap jalur  $a - b = b - a$  adalah:

$$\begin{aligned}\tau_{ab(\text{pembaharuan})} &\leftarrow \tau_{ab(\text{penguapan})} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ab}^k \\ &= 0,14025 + 0,2526 \\ &= 0,3928.\end{aligned}$$

Dengan menggunakan Persamaan (2.4) pada setiap jalur, maka akan didapat hasil pembaharuan feromon terbaru pada tabel berikut:

Tabel 2.9 Pembaharuan Feromon

Update	A	B	C	D	E	F
A	0,0000	0,3928	0,2459	0,2338	0,0000	0,2438
B	0,3928	0,0000	0,3841	0,1887	0,0000	0,1975
C	0,2459	0,3841	0,0000	0,2526	0,0000	0,2805
D	0,2805	0,1887	0,2526	0,0000	0,4413	0,1403
E	0,0000	0,0000	0,0000	0,4413	0,0000	0,4413
F	0,2438	0,1975	0,2805	0,1403	0,4413	0,0000

Tabel 2.9 adalah hasil dari pembaharuan feromon yang akan digunakan untuk melakukan perjalanan semut berikutnya. Pada iterasi berikutnya nilai feromon yang digunakan pada perhitungan adalah hasil pembaharuan feromon pada iterasi sebelumnya, dilakukan secara terus menerus hingga algoritma mengalami konvergensi, yang artinya algoritma selalu menghasilkan jalur yang sama, maka dapat diambil kesimpulan bahwasannya jalur paling optimal yang ada pada jalur tersebut merupakan hasil yang optimal.

5. Berdasarkan metode ACO, semakin besar jumlah iterasi yang dijalankan maka akan semakin akurat pula nilai optimal yang akan didapat. Yang mana selama iterasi terus berjalan artinya feromon yang ada akan selalu diperbaharui secara terus menerus, sehingga nilai feromon yang sangat tinggi akan diasumsikan sebagai jalur terbaik. Pada contoh sebelumnya didapatkan hasil jalur yang paling optimal yaitu ada pada semut 6 yaitu

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

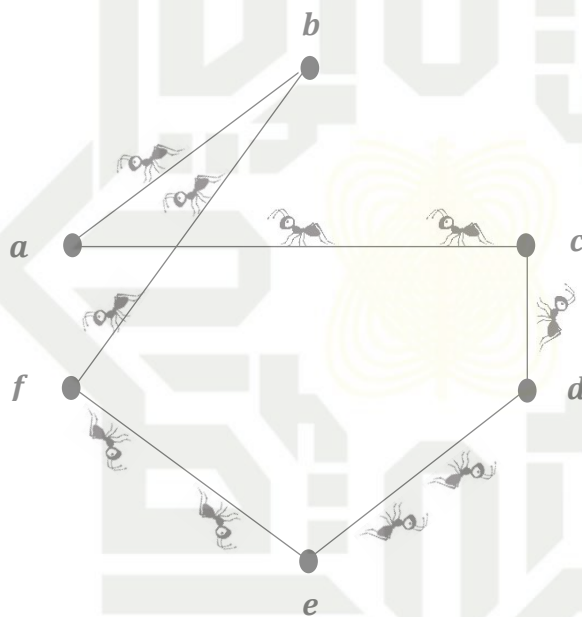
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dengan rute  $a - b - f - e - d - c - a$  yang mana nilai jalur yang dilewati berjumlah 17,48.

Apabila jalur yang didapati oleh para semut terasa belum cukup optimal, maka kosongkan memori jalur dan kembali ke langkah 2 dengan menggunakan nilai feromon yang baru, begitu seterusnya sampai hasil dari iterasi perhitungan jalur semut mengalami konvergenitas.

Dengan hasil di atas setelah dilakukan 1 iterasi, hasil yang optimal didapatkan pada semut 6 yang bernilai 17,48. Sirkuit yang dibentuk oleh semut 6 dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Sirkuit Optimal Semut 6

Berdasarkan Gambar 2.4, dapat dipahami sirkuit optimal yang dibentuk oleh semut 6 yang menjadi nilai optimal dari Contoh 2.1, pada ACO feromon yang diingalkan oleh semua semut akan menjadi parameter baru untuk semut berikutnya dalam menentukan rute yang akan dibentuk oleh para semut, sampai terjadi konvergenitas iterasi oleh para semut.

Maka hasilnya akan dianggap optimal apabila terjadinya konvergenitas iterasi yang terjadi pada ACO, pada Contoh 2.1 dilakukan 2 iterasi hasil rute yang dilewati oleh semua semut tidak mengalami perubahan yang artinya sampai dengan iterasi 2, hasil optimal dari Contoh 2.1 adalah 17,48.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

#### 1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis merupakan data dari PT. Global Jet Express, yaitu data titik distribusi yang akan lakukan oleh perusahaan. Dengan memanfaatkan aplikasi *Google Maps* untuk menentukan jarak dari titik ke titik lainnya, yang mana nilainya akan digunakan sebagai bobot pada graf berbobot.

#### 2.

Data yang telah dikumpulkan akan digambarkan dalam bentuk graf berbobot kemudian dimodelkan dalam bentuk matriks  $A$ , yang mana jarak dari titik  $i$  ke  $j$  akan didefinisikan sebagai  $d_{ij}$ .

#### 3.

Mengimplementasikan *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menemukan solusi optimal dari permasalahan yang dihadapi. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan parameter dalam menjalankan algoritma.
- b. Menempatkan semua semut pada masing-masing titik sebagai titik awal perjalanan.
- c. Menghitung nilai probabilitas semua semut dalam membentuk rute semut dengan mengikuti aturan Persamaan (2.2).
- d. Menghitung penguapan feromon  $\tau_{ij(penguapan)}$  pada semua rute dan peningkatan feromon yang ditinggalkan oleh semua semut  $\sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$ .
- e. Menjumlahkan hasil penguapan feromon  $\tau_{ij(penguapan)}$  dan jumlah feromon yang ditinggalkan oleh semua semut  $\sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$ .
- f. Apabila jalur yang didapati oleh para semut terasa belum cukup optimal, maka kosongkan memori jalur dan kembali ke langkah c dengan menggunakan nilai feromon yang baru, begitu seterusnya sampai hasil dari iterasi perhitungan jalur semut mengalami konvergenitas.

Membuat kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan algoritma.

#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Metode penelitian di atas dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian**



#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB V PENUTUP

### Kesimpulan

Proses menentukan hasil optimal dari rute pendistribusian pada PT. Global Jet Express dengan menggunakan *Ant Colony Optimization Algorithm (ACO)* dengan merepresentasikan titik kantor J&T dan titik pengantaran barang dalam bentuk graf lengkap tidak berarah. Maka dapat disimpulkan untuk proses dalam menjalankan ACO mengikuti empat langkah, antara lain menentukan parameter, kemudian menempatkan semut pada setiap titik, lalu menghitung nilai probabilitas dari setiap semut hingga membentuk sirkuit optimal, dan memperbaharui jejak feromon yang ditinggalkan oleh semut pada setiap jalur. Jika hasil yang didapatkan dirasa kurang optimal, dengan menggunakan hasil pembaharuan feromon yang baru ulangi langkah kedua hingga algoritma mengalami konvergenitas. Maka pada iterasi algoritma yang sudah konvergen dapat disimpulkan merupakan hasil optimal dari ACO.

Berdasarkan hasil perhitungan pencarian rute optimal pendistribusian barang di PT. Global Jet Express dengan menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* setelah dilakukan dua iterasi, didapatkan sirkuit optimal yaitu dimulai dari titik A Kantor JNT Express Marpoyan - Jl. Arifin Ahmad No. 88 – Toko Helmet Adi Sucipto - M3 Jaya Motor Kartama - Gudang Perabot Angka - Arhanud Batalion - Bm Studio Kartama – dan kembali lagi ke Kantor JNT Express Marpoyan. Total jarak yang ditempuh untuk rute ini adalah 18,90 km.

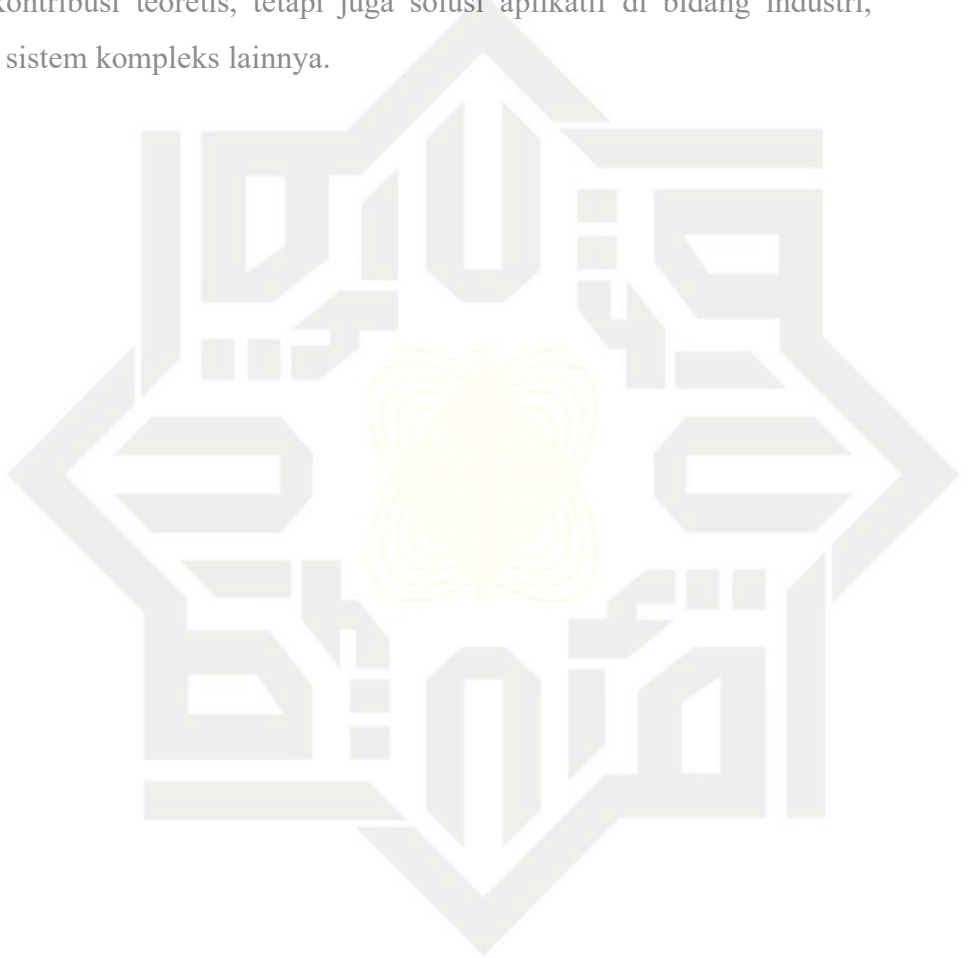
### Saran

Untuk peneliti selanjutnya agar dapat menggunakan ACO dengan sistem yang lebih optimal seperti *Ant Colony System (ACS)* yang dapat menjalankan algoritma dengan lebih optimal sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat. Dan dapat menggunakan objek penelitian yang lebih kompleks pada Travelling Salesman Problem (TSP) seperti permasalahan pada Networking (jaringan) pada sistem komputer ataupun permasalahan lainnya.

**Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Selain itu, objek penelitian dapat diperluas tidak hanya pada Travelling Salesman Problem (TSP) klasik, tetapi juga pada masalah yang lebih kompleks dan relevan secara praktis. Contohnya, penerapan ACO/ACS dalam bidang networking, seperti optimasi routing pada jaringan komputer. Dengan perluasan cakupan dan peningkatan teknik algoritmik, penelitian diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoretis, tetapi juga solusi aplikatif di bidang industri, teknologi, dan sistem kompleks lainnya.



UIN SUSKA RIAU



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR PUSTAKA

- K. L. Hoffman, M. Padberg, dan G. Rinaldi, "Traveling salesman problem," Springer US, New York, NY, 2001.
- M. Dorigo dan L. M. Gambardella, "Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 1, no. 1, pp. 53–66, 1997.
- M. Dorigo dan T. Stützle, *Ant Colony Optimization*. London: The MIT Press Cambridge, 2004.
- S. Hazizah, R. S. Lubis, dan H. Cipta, "Ant Colony Optimization Algorithm for Traveling Salesman Problem in Distributing Fertilizer," *Mathline : Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 2, pp. 345–358, 2023.
- R. Yosua, C. Sianturi, B. Rahayudi, dan A. W. Widodo, "Implementasi Algoritme Ant Colony Optimization untuk Optimasi Rute Distribusi Produk Kebutuhan Pokok dari Toko Sasana Bonafide Mojoroto," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 7, pp. 3190–3197, 2021.
- R. Munir, *Matematika Diskrit*, 3 ed. Bandung: Informatika Bandung, 2010.
- G. Gutin Royal Holloway, A. P. Punnen, dan E. Kh Gimadi, "The Traveling Salesman Problem and Its Variations," 2001.
- S. Puspitorini, "Penyelesaian Masalah Traveling Salesman Problem dengan Jaringan Saraf Self Organizing," *Media Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 39–55, 2008.
- Roy. A. M. Makalew, C. E. J. C. Montolalu, dan L. Mananohas, "Lintasan Hamiltonian pada Graf 4-Connected," *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, vol. 9, no. 2, 2020.
- D. Ariyanto dan Suseno, "Optimalisasi Penentuan Rute Distribusi Roti Bakar Dengan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Pada Pabrik Roti Bakar Azhari," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2023.
- S. A. J. Prasetyo dan Suseno, "Optimasi Rute dengan Metode Ant Colony Optimization dan Nearest Neighbor di Perusahaan Yellow Moon Production," *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, vol. 2, pp. 619, 2024.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

W. A. Fitriya, S. R. Sumardi, N. N. Sari, dan J. E. Simarmata, "Rute Pendistribusian Barang dengan Algoritma Nearest Neighbor," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 3, pp. 894–900, 2024.

D. E. A. Manuputty, C. E. J. C. Montolalu, dan T. Manurung, "Penentuan Jalur Terpendek Distribusi Air Mineral Menggunakan Ant Colony Optimization," *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, vol. 10, no. 2, pp. 76–82, 2021.

A. Zarman, M. Irfan, dan W. Uriawan, "Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization pada Aplikasi Pencarian Lokasi Tempat Ibadah Terdekat di Kota Bandung," *Jurnal Online Informatika*, vol. Vol I No.1, no. 1, pp. 6–12, 2016.

D. Udjulawa dan S. Oktarina, "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata (Studi Kasus Wisata di Kota Palembang)," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, 2022.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Abdul Haris lahir di Kota Pekanbaru pada tanggal 13 September 2001. Putra keenam dari 7 bersaudara, buah hati Ayahanda Neavis Wandi dan Ibunda Darmainis, yang beralamat di Kelurahan Suka Mulya, Kecamatan Sail, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDIT Al-Madinah Kota Pekanbaru sejak tahun 2006, kemudian pada tahun 2013 melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di Pondok Pesantren Al-Furqon Kota Pekanbaru Dan tahun 2016, melanjutkan pendidikan di SMA IT Imam Syafii 2 Kota Pekanbaru jurusan IPA dan lulus pada tahun 2019.

Pada tahun 2020 penulis lulus di salah satu perguruan tinggi negeri yang ada di Provinsi Riau. Penulis lulus di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pada tanggal 16 Januari s/d 15 Februari 2024 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Unit Pelayanan Teknis Mterologi Kota Pekanbaru dengan pembimbing Ibu Corry Corazon Marzuki, M.Si, dan melaksanakan seminar laporan KP dengan judul **“Analisis Perkembangan Unit Timbangan Eletronik Dalam Rangka Tera/Tera Ulang Provinsi Riau Tahun 2019-2023”** pada tanggal 16 Juni 2024. Dan pada bulan Juli s/d Agustus 2023 penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Lubuk Betung, Kec. Rokan IV Koto, Kab. Rokan Hulu.

Berkat petunjuk dan pertolongan Allah SWT, usaha dan disertai doa oleh kedua orang tua dalam menjalani aktivitas akademik di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) Pada Traveling Salesman Problem Dalam Pencarian Optimasi Rute Distribusi Barang Di PT. Global Jet Express”** dengan dosen pembimbing Ibu Sri Basriati, M.Sc.