

**IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION UNTUK  
OPTIMISASI RUTE TERPENDEK PADA PENGIRIMAN  
BARANG DI KANTOR J&T KOTA JAMBI**

SKRIPSI



**LISA ARIYANTI  
F1C219031**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JAMBI  
2024**

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, Januari 2024

Yang menyatakan,

LISA ARIYANTI

F1C219031

## RINGKASAN

Pengiriman paket cepat dan tepat waktu merupakan salah satu hal yang menjadi pertimbangan konsumen dalam pemilihan jasa kirim. Salah satu faktor yang mampu mempengaruhi pengiriman tersebut adalah dalam penentuan rute terpendek yang akan dilalui driver J&T dalam mengirimkan barang dari Gateway J&T Kota Jambi ke *drop point vertex* tujuan.

Oleh karena itu untuk menentukan rute terpendek terpendek dalam pengiriman paket tersebut maka diperlakukan *Ant Colony Optimization*. *Ant Colony Optimization* merupakan metode heuristik yang mengambil perilaku koloni semut dalam pencarian jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan yang dikenal sebagai sistem semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Berdasarkan hal tersebut maka akan dikaji bagaimana implementasi *Ant Colony Optimization* dalam menentukan penyelesaian masalah optimisasi, salah satunya adalah untuk menentukan rute terpendek yang baru yang akan dilalui driver J&T dalam mengirimkan barang dari Gateway J&T Kota Jambi ke *drop point vertex* tujuan. Lokasi-lokasi kantor J&T yang dijadikan *vertex* tujuan ini dipresentasikan dalam sebuah diagram yang akan menghasilkan sebuah graf, dimana untuk penentuan rute terpendek nantinya akan menghasilkan nilai optimal yaitu nilai yang didapat melalui suatu proses dan dianggap menjadi solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode algoritma semut sehingga diperoleh rute terbaik sementara siklus Gateway J&T ( $V_1$ ) menuju J&T Express Paal Merah ( $V_2$ ) kemudian J&T Express Cabang Jambi ( $V_3$ ) menuju J&T Express Talang Bakung ( $V_4$ ) kemudian J&T Express Selincah ( $V_5$ ) menuju J&T Express Jelutung ( $V_7$ ) menuju J&T Express Koni IV ( $V_6$ ) lalu kembali lagi ke Gateway J&T ( $V_1$ ) Dari jalur rute ini dapat dimodifikasi lagi kebentuk yang lain yaitu rute Gateway J&T ( $V_1$ ) menuju J&T Express Koni IV ( $V_6$ ) kemudian J&T Express Jelutung ( $V_7$ ) menuju J&T Express Selincah ( $V_5$ ) kemudian J&T Express Talang Bakung ( $V_4$ ) menuju J&T Express Cabang Jambi ( $V_3$ ) menuju J&T Express Paal Merah ( $V_2$ ) dan kembali lagi ke Gateway J&T ( $V_1$ ) dengan jarak sebesar 24,1 km.

## **SUMMARY**

*Fast and on-time package delivery is one of the things that consumers consider when choosing a delivery service. One of the factors that can influence delivery is determining the shortest route that J&T drivers will take to send goods from J&T Gateway Jambi City to the destination vertex drop point.*

*Therefore, to determine the shortest route for sending the package, Ant Colony Optimization is treated. Ant Colony Optimization is a heuristic method that takes the behavior of ant colonies in searching for the shortest path between the nest and food sources, known as the ant system. Naturally, ant colonies are able to find the shortest route from the nest to food sources. Ant colonies can find the shortest route between the nest and food sources based on footprints on the paths they have taken. Based on this, it will be studied how to implement Ant Colony Optimization in determining the solution to optimization problems, one of which is to determine the new shortest route that J&T drivers will take to send goods from the J&T Gateway in Jambi City to the destination vertex drop point. The J&T office locations which are used as destination vertices are presented in a diagram which will produce a graph, where for determining the shortest route it will produce an optimal value, namely the value obtained through a process and is considered the best solution of all existing solutions.*

*Based on the results of the analysis using the ant algorithm method, the best route is obtained while the J&T Gateway cycle (V1) goes to J&T Express Paal Merah (V2) then J&T Express Jambi Branch (V3) goes to J&T Express Talang Bakung (V4) then J&T Express Selincah (V5) to J&T Express Jelutung (V7) to J&T Express Koni IV (V6) then back again to Gateway J&T (V1). From this route, it can be modified into another form, namely the Gateway J&T route (V1) to J&T Express Koni IV (V6) then J&T Express Jelutung (V7) to J&T Express Selincah (V5) then J&T Express Talang Bakung (V4) to J&T Express Jambi Branch (V3) to J&T Express Paal Merah (V2) and back again to J&T Gateway (V1) with a distance of 24,1 km.*

**IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION UNTUK  
OPTIMISASI RUTE TERPENDEK PADA PENGIRIMAN  
BARANG DI KANTOR J&T KOTA JAMBI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana pada Program Studi Matematika



**LISA ARIYANTI  
F1C219031**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JAMBI  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“IMPLEMENTASI ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION UNTUK OPTIMASI RUTE TERPENDEK PADA PENGIRIMAN BARANG DI KANTOR J&T KOTA JAMBI”** yang disusun oleh **LISA ARIYANTI, NIM: F1C219031** telah dipertahankan di depan tim penguji pada tanggal 12 Desember 2023 dan dinyatakan lulus.

### Susunan Tim Penguji:

Ketua : Sherli Yurinanda, S.Pd.,M.Si.  
Sekretaris : Niken Rarasati, S.Si., M.Si.  
Anggota : 1. Syamsyida Rozi, S.Si., M.Si.  
2. Gusmanely.Z, S.Pd., M.Si.  
3. Khairul Alim, M.Sc.

### Disetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Sherli Yurinanda, S.Pd., M.Si.  
NIP. 199307182019032017

Niken Rarasati, S.Si., M.Si.  
NIP. 198901072019032013

### Diketahui:

Dekan Fakultas Sains dan  
Teknologi Univeristas Jambi

Ketua Jurusan Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T  
NIP.196806021993031004

Dr. Yusnaidar, S.Si., M.Si  
NIP.196809241999032001

## RIWAYAT HIDUP



Lisa Ariyanti lahir di Kampung Baru, pada tanggal 04 November 2000. Penulis merupakan anak ke-1 dari pasangan Ayahanda M Sabki dan Ibunda Siti Mislamah. Jalur pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis adalah sebagai berikut:

1. SD Negeri 90/1 Kampung Baru, tahun 2007-2013.
2. SMP Negeri 15 Batang Hari, tahun 2013-2016.
3. SMA Negeri 7 Batang Hari, tahun 2016-2019.
4. Pada tahun 2019, penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Jambi, Program Sastra Satu (S1) dan tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Matematika Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, Melalui jalur SNMPTN.

Selama menempuh pendidikan di jenjang S1 penulis cukup aktif dalam bidang akademik. Penulis mengikuti kegiatan Magang di Kantor Cabang Pembantu Sungai Rengas PT. Bank Pembangunan Daerah Jambi. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan seminar-seminar baik tingkat jurusan, regional dan universitas.

## PRAKATA

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT. Karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION UNTUK OPTIMASI RUTE TERPENDEK PADA PENGIRIMAN BARANG DI KANTOR J&T KOTA JAMBI”**. Sholawat beriring salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini dibuat dan disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Program Studi Matematika, Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi. Selama proses pembuatan dan penyusunan skripsi, tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi. Tetapi berkat dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Ibunda Siti Mislamah yang selalu melimpahkan kasih sayang dan mendo'akan penulis untuk berhasil dalam kehidupan ini.
3. Ayahanda M Sabki yang selalu melimpahkan kasih sayang dan mendo'akan penulis untuk berhasil dalam kehidupan ini.
4. Seluruh keluarga yang selalu memberikan semangat dan mendo'akan penulis untuk berhasil dalam kehidupan ini.
5. Bapak Drs. Jefri Marzal, M.Sc., DIT. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
6. Ibu Gusmi Kholijah, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
7. Ibu Syamsyida Rozi, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik penulis.
8. Ibu Sherli Yurinanda, S.Pd., M.Si. selaku dosen Pembimbing Utama dan Ibu Niken Rarasati, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Pendamping.
9. Seluruh dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
10. Hamdan Sakuro, S.Pd., yang selalu membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
11. Nurfalih, S.Si., dan Hairini, S.Pd., selaku bibi yang selalu memberi *support* dan banyak membantu di masa perkuliahan.
12. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Matematika Angkatan 2019.

13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang sudah membantu dalam proses pembuatan dan penyusunan usulan penelitian ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat diaplikasikan pada masa mendatang. Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kesempurnaan dan mengharapkan adanya saran serta kritik yang dapat membantu penulis dalam menyusun skripsi lainnya di masa mendatang.

Jambi,  
Yang menyatakan,

Lisa Ariyanti  
F1C219031

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
RIWAYAT HIDUP .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Teori Graf.....	5
2.1.1 Definisi Graf .....	5
2.2.1 Macam-Macam Graf .....	6
2.3.1 Terminologi Dasar dalam Graf.....	9
2.4.1 Representasi Graf .....	10
2.2 <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i> .....	10
2.3 <i>Ant Colony Optimization</i> .....	11
III. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Jenis dan Sumber Data .....	18
3.3 Prosedur Pelaksanaan .....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil .....	22
4.2 Pembahasan .....	84
V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran .....	87
DAFTAR PUSTAKA .....	88
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Matriks Ketetangaan Graf ABCDEFG .....	10
Tabel 2	lokasi tujuan pengiriman barang.....	24
Tabel 3	Jarak Tempuh Antar <i>Vertex</i> .....	26
Tabel 4	Visibilitas Antar <i>Vertex</i> .....	29
Tabel 5	Probabilitas semut ke-1 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	31
Tabel 6	Probabilitas semut ke-1 antara <i>vertex</i> $V_2$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	32
Tabel 7	Probabilitas semut ke-1 antara <i>vertex</i> $V_5$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	33
Tabel 8	Probabilitas semut ke-1 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	35
Tabel 9	Probabilitas semut ke-1 antara <i>vertex</i> $V_6$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	36
Tabel 10	Probabilitas semut ke-1 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	36
Tabel 11	Probabilitas semut ke-2 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	38
Tabel 12	Probabilitas semut ke-2 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	40
Tabel 13	Probabilitas semut ke-2 antara <i>vertex</i> $V_6$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	41
Tabel 14	Probabilitas semut ke-2 antara <i>vertex</i> $V_2$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	41
Tabel 15	Probabilitas semut ke-2 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	42
Tabel 16	Probabilitas semut ke-2 antara <i>vertex</i> $V_5$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	43
Tabel 17	Probabilitas semut ke-3 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	45
Tabel 18	Probabilitas semut ke-3 antara <i>vertex</i> $V_3$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	46
Tabel 19	Probabilitas semut ke-3 antara <i>vertex</i> $V_6$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	47
Tabel 20	Probabilitas semut ke-3 antara <i>vertex</i> $V_2$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	48
Tabel 21	Probabilitas semut ke-3 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	49
Tabel 22	Probabilitas semut ke-3 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	50
Tabel 23	Probabilitas semut ke-4 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	51
Tabel 24	Probabilitas semut ke-4 antara <i>vertex</i> $V_5$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	52
Tabel 25	Probabilitas semut ke-4 antara <i>vertex</i> $V_6$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	53
Tabel 26	Probabilitas semut ke-4 antara <i>vertex</i> $V_3$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	54
Tabel 27	Probabilitas semut ke-4 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	55
Tabel 28	Probabilitas semut ke-4 antara <i>vertex</i> $V_2$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	56
Tabel 29	Probabilitas semut ke-5 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	58
Tabel 30	Probabilitas semut ke-5 antara <i>vertex</i> $V_2$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	59
Tabel 31	Probabilitas semut ke-5 antara <i>vertex</i> $V_3$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	60
Tabel 32	Probabilitas semut ke-5 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	61
Tabel 33	Probabilitas semut ke-5 antara <i>vertex</i> $V_5$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	62
Tabel 34	Probabilitas semut ke-5 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	63
Tabel 35	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	64
Tabel 36	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_3$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	65

Tabel 37	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_2$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	66
Tabel 38	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	67
Tabel 39	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_5$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	68
Tabel 40	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	70
Tabel 41	Probabilitas semut ke-7 antara <i>vertex</i> $V_1$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	72
Tabel 42	Probabilitas semut ke-6 antara <i>vertex</i> $V_6$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	73
Tabel 43	Probabilitas semut ke-7 antara <i>vertex</i> $V_7$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	74
Tabel 44	Probabilitas semut ke-7 antara <i>vertex</i> $V_5$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	75
Tabel 45	Probabilitas semut ke-7 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	76
Tabel 46	Probabilitas semut ke-7 antara <i>vertex</i> $V_4$ ke <i>vertex</i> lainnya.....	77
Tabel 47	Perjalanan pertama semut .....	78
Tabel 48	Perjalanan kedua semut.....	78
Tabel 49	Perjalanan ketiga semut.....	79
Tabel 50	Perjalanan keempat semut.....	80
Tabel 51	Perjalanan kelima semut.....	81
Tabel 52	Perjalanan keenam semut .....	82
Tabel 53	Perjalanan ketujuh semut .....	82
Tabel 54	Rute perjalanan semut dan penambahan jumlah <i>Pheromon</i> -nya..	83
Tabel 55	<i>Pheromon</i> Antara <i>vertex</i> $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_6 \rightarrow V_7 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$ .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Graf G .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2. Graf berarah dan berbobot .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. Graf tidak berarah dan berbobot .....	7
Gambar 4. Graf berarah dan tidak berbobot .....	8
Gambar 5. Graf tidak berarah dan tidak berbobot	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 6. Graf Sederhana .....	8
Gambar 7. Graf Tak-sederhana.....	9
Gambar 8. Reperesentasi Graf .....	12
Gambar 9. Ilustrasi Semut .....	12
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian .....	12
Gambar 11. <i>Vertex</i> Lokasi Sampel Penelitian.....	24
Gambar 12. Graf Awal.....	25
Gambar 13. Graf lengkap 7 <i>Vertex</i> lokasi tujuan.....	26
Gambar 14. Rute Perjalanan Hasil Penelitian .....	86

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi, sering dilakukan perjalanan dari suatu tempat atau kota ke tempat yang lain dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya sehingga diperlukan ketepatan dalam menentukan jalur terpendek antar dua tempat. Jasa pengiriman paket pada era globalisasi ini kembali di lirik masyarakat. Hal ini seiring dengan berkembang pesatnya teknologi digital. Aktivitas jual beli saat ini tidak perlu lagi saling bertatap muka. Pasar telah hadir menghampiri pembeli, baik melalui aplikasi, website maupun media sosial. Agar barang dari penjual sampai ke pembeli harus ada perantara. Peluang ini dimanfaatkan oleh para perusahaan ekspedisi untuk berebut menjadi pilihan utama para pelaku transaksi. Salah satunya adalah J&T Ekspres. J&T Ekspres adalah perusahaan pengiriman ekspres atau cepat yang menerapkan pengembangan teknologi sebagai sistem dasarnya. Jaringan luas yang dimiliki oleh J&T ekspres memfasilitasi layanan ekspres untuk pelanggan di seluruh Indonesia (J&T Express.jet.co.id).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan tim J&T Express cabang Jambi dan J&T Express Paal Merah, dalam proses pengiriman barang biasanya tidak dijadwalkan kepada karyawan pengiriman barang, sehingga pengemudi menentukan sendiri rute yang ingin dikunjungi.

Kesalahan dalam penentuan rute perjalanan menurut Rinaldi Munir (2016) dapat menyebabkan terjadinya proses pengiriman yang lama serta tidak tercapainya kebutuhan serta keinginan pelanggan pengguna layanan jasa kurir J&T. Oleh sebab itu dibutuhkan ketepatan dalam penentuan rute optimal perjalanan lokasi yang akan dilalui. Sehingga dapat dikatakan bahwa jarak antara lokasi tersebut berbeda-beda. Pada matematika diskrit jarak antar dua atau lebih kota/tempat dapat diilustrasikan menjadi suatu graf. Teori graf dalam ilmu matematika dan ilmu komputer adalah cabang kajian yang mempelajari sifat-sifat graf. Secara informal, suatu graf adalah himpunan benda-benda yang disebut simpul (*vertex* atau *node*). Sebuah struktur graf biasa dikembangkan dengan memberi bobot pada setiap sisi.

Graf berbobot dapat digunakan untuk melambangkan banyak konsep berbeda, Secara umum, pencarian jalur terpendek dapat dibagi menjadi dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik, tetapi hasil yang diperoleh dari metode heuristik lebih variatif dan waktu perhitungan yang diperlukan lebih singkat. Hasil penentuan jalur terpendek akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk menunjukkan jalur yang

akan ditempuh. Hal ini sejalan dengan penelitian Sunardi., Y. Anton., dan K. Ahmad (2019) yang menyatakan bahwa “cepat lambatnya waktu eksekusi tergantung dari jarak yang akan dilalui bukan dari jumlah *vertex* yang dilalui.” Hasil yang didapatkan juga membutuhkan kecepatan dan keakuratan dengan bantuan komputer, salah satunya menggunakan metode heuristik. Dengan metode heuristik, waktu perhitungan yang diperlukan lebih cepat 30% dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional (Iing Mutakhirah, dkk, 2007).

Menurut Dorigo Marco & Thomas (2004), beberapa algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan, yaitu Algoritma Genetika, *Ant Colony Optimization*, Logika Fuzzy dan lainnya. Hal ini juga sejalan dengan pemikiran Octaviandy (2022) yang menyatakan bahwa metode heuristik terdiri dari beberapa macam algoritma yang biasa digunakan salah satunya adalah *Ant Colony Optimization*. Binatang seperti semut dapat menemukan jarak terpendek tanpa menggunakan ketajaman penglihatan mata mereka, tetapi memanfaatkan jejak *pheromon* yang dimanfaatkan sebagai komunikasi tidak langsung antar semut. Selain itu, jejak *pheromon* dapat juga digunakan oleh semut lain untuk menentukan lokasi sumber makanan yang ditemukan oleh teman mereka. Pada tahun 1996, dunia ilmu pengetahuan pun ikut belajar dari semut dengan memperkenalkan *Ant Colony Optimization*, sebagai sebuah simulasi multi gen yang menggunakan metafora alami semut untuk menyelesaikan problem ruang fisik. *Ant Colony Optimization* merupakan salah satu metode heuristik yang biasa digunakan untuk menemukan jalur terpendek.

Berdasarkan hal tersebut maka akan dikaji bagaimana implementasi *Ant Colony Optimization* dalam menentukan penyelesaian masalah optimisasi, salah satunya adalah untuk menentukan rute terpendek yang baru yang akan dilalui *driver* J&T dalam mengirimkan barang dari Gateway J&T Kota Jambi ke *drop point vertex* tujuan. Lokasi-lokasi kantor J&T yang dijadikan *vertex* tujuan ini dipresentasikan dalam sebuah diagram yang akan menghasilkan sebuah graf, dimana untuk penentuan rute terpendek nantinya akan menghasilkan nilai optimal yaitu nilai yang didapat melalui suatu proses dan dianggap menjadi solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada.

Pada *Ant Colony Optimization* ditempatkan di suatu *vertex* J&T kota jambi yang kemudian akan bergerak mengunjungi seluruh *vertex* J&T kota jambi. Setiap semut akan membuat jalur masing-masing sampai kembali ketempat semula dimana mereka ditempatkan pertama kali. Jika sudah mencapai keadaan ini, maka semut telah menyelesaikan sebuah siklus. Adapun kelebihan dari *Ant Colony Optimization* menurut Leksono (2009) yakni *Ant Colony*

*Optimization* ini mampu menemukan jarak yang lebih pendek, algoritma ini selalu menemukan solusi yang mendekati optimal untuk semua permasalahan yang mempunyai jumlah *vertex* sedikit, cepat menemukan solusi yang bagus meskipun ia tidak memperlihatkan perilaku stagnasi, *Ant Colony Optimization* ini juga terus mencari kemungkinan adanya tour baru yang lebih baik, mampu memberikan nilai dengan solusi tunggal untuk beberapa kali pengujian, algoritma ini menggunakan sistem peringkat dalam *update pheromon*-nya, sehingga akan mempermudah semut dalam menentukan sebuah tournya.

Penerapan *ant colony optimization* ini bisa juga telah dilakukan oleh Yopri Satria Dahni dan Rahmiati 2017 yang meneliti tentang sistem informasi penentuan jalur terpendek bagi pengantar surat menggunakan *ant colony optimization* hasil penelitian ini menyatakan bahwa *ant colony optimization* adalah algoritma yang mampu menyelesaikan persoalan jalur terpendek karena *Ant Colony Optimization* diadopsi dari perilaku semut saat proses pencarian makanan dari sarangnya dan perilaku semut ini dikenal dengan sistem semut. Pada penelitian Iing Mutakhirah dkk pada tahun 2007 tentang pemanfaatan metode heuristik dalam pencarian jalur terpendek dengan *ant colony optimization* dan algoritma genetika menunjukkan hasil bahwa pemanfaatan teknologi informasi pada pencarian jalur terpendek menghasilkan suatu result yang akurat dan tepat, secara konsep algoritma, metode genetika lebih mudah untuk dipahami, namun hasil yang diperoleh dari *ant colony optimization* lebih variatif. Pada tahun 2019 Sunardi., Y. Anton., dan K. Ahmad juga meneliti tentang implementasi algoritma dikstra dan *Ant Colony Optimization* untuk analisis rute transjogja berbasis android, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam penentuan jalur terpendek algoritma *dijkstra* dan *Ant colony optimization* menghasilkan *output* jalur dan jarak yang sama. Namun demikian algoritma *dijkstra* ini tidak dapat dijalankan jika dalam proses perhitungan tidak ada bobot antar *vertex*, sedangkan *Ant Colony Optimization*, dihitung berdasarkan jumlah semut ketika melaukuan perjalanan.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik mengadakan penelitian untuk membahas **IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION UNTUK OPTIMISASI RUTE TERPENDEK PADA PENGIRIMAN BARANG DI KANTOR J&T KOTA JAMBI.**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model graf dalam penentuan rute optimal pada pengiriman barang di kantor J&T Kota Jambi?

2. Bagaimana hasil implementasi *Ant Colony Optimization* dalam penentuan rute optimal pada pengiriman barang di kantor J&T Kota Jambi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana model graf dalam penentuan rute optimal pada pengiriman barang di kantor J&T Kota Jambi
2. Untuk mengetahui hasil implementasi *Ant Colony Optimization* dalam penentuan rute optimal pada pengiriman barang di kantor J&T Kota Jambi.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian yang dipilih berupa *drop point* J&T yang ada di Kota Jambi
2. Gateway J&T kota Jambi dijadikan sebagai *vertex* awal dan *Drop Point* J&T Kota Jambi adalah *vertex* yang lainnya.
3. Graf yang digunakan merupakan graf berbobot.
4. Jarak lokasi ditentukan dengan *google maps* dengan mengikuti jalur yang ada.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat yaitu:

1. Bagi peneliti

Manfaat penelitian ini bagi penelitian yaitu untuk mengaplikasikan ilmu matematika khususnya ilmu graf dalam kehidupan sehari-hari serta memberikan gambaran tentang implementasi *ant algorithm* dalam menentukan rute-rute terpendek.

2. Bagi pembaca

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber referensi bidang ilmu pengetahuan matematika, khususnya graf. Penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai acuan dan literature tambahan untuk penelitian selanjutnya yang memiliki relevansi dengan penelitian ini.

3. Bagi perusahaan

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan kantor J&T dalam mengambil keputusan jarak atau menentukan rute-rute terpendek dalam hal pengiriman barang pada pelanggan, untuk menghemat biaya dan waktu.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

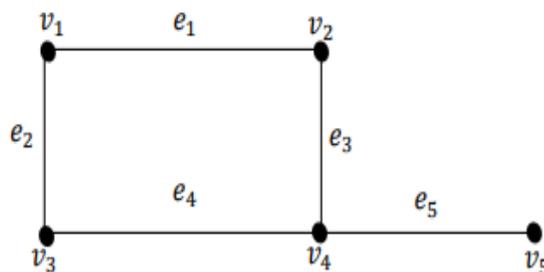
### 2.1 Teori Graf

#### 2.1.1 Definisi Graf

Teori graf pertama kali diperkenalkan oleh Leonhard Euler pada tahun 1736. Para ahli teori graf berkeyakinan bahwa orang yang pertama kali mengemukakan masalah empat warna adalah A.F. Mobius (1790 – 1868) dalam salah satu kuliahnya di Tahun 1840. Sepuluh tahun kemudian, A. De Morgan (1806 – 1871) kembali membahas masalah ini bersama ahli-ahli matematika lainnya di kota London, dengan demikian tulisan De Morgan dianggap sebagai referensi pertama berkenaan dengan masalah empat warna. Masalah empat warna ini menjadi sangat terkenal setelah Coyley mempublikasikannya Tahun 1879 dalam *Proceedings of the Royal Geografic Society* volume pertama (Amri & Halomoan : 2017).

Graf merupakan pasangan himpunan *vertex* dan sisi. Graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V,E)$  ditulis dengan  $G = (V,E)$  dimana  $V$  adalah himpunan tidak kosong yang elemen-elemennya disebut titik (*vertex*) dan  $E$  adalah himpunan (mungkin kosong) pasangan tak terurut dari elemen-elemen  $V$  yang disebut sisi (*edge*) (Maryam: 2020).

Himpunan *vertex* dari graf  $G$  biasanya dinotasikan dengan  $V(G)$  dan himpunan sisi dinotasikan dengan  $E(G)$ . Banyaknya unsur dari  $V(G)$  disebut order dari  $G$  dan dilambangkan dengan  $p(G)$  sedangkan banyaknya unsur dari  $E(G)$  disebut size (ukuran) dari  $G$  dan dilambangkan dengan  $q(G)$ . Misalkan  $u, v \in V(G)$  dan sisi yang menghubungkan  $u$  dan  $v$  biasanya ditulis  $e = (u, v)$ . Namun dalam tugas akhir ini, sisi  $e = (u, v)$ . hanya akan ditulis  $e = uv$  (Maryam: 2020).



**Gambar 1.** Graf  $G$

Menurut Rahayuningsih (2018), Teori graf lahir tahun 1736 melalui tulisan Euler yang berisi tentang himpunan *vertex* di graf  $G$  dinyatakan dengan  $V$  dan himpunan sisi di graph  $G$  dinyatakan dengan  $e$ . Menurut Rinaldi Munir (2016), Graf  $G$  didefinisikan sebagai himpunan pasangan  $(V,E)$ , ditulis dengan notasi  $G=(V,E)$ , yang dalam hal ini:

- a. Sebuah himpunan  $V=V(G)$  memiliki elemen-elemen yang dinamakan *vertex*, titik atau *node*.
- b. Sebuah kumpulan  $E=E(G)$  menggunakan pasangan terurut dari *vertex*-*vertex* yang berbeda dinamakan sisi.

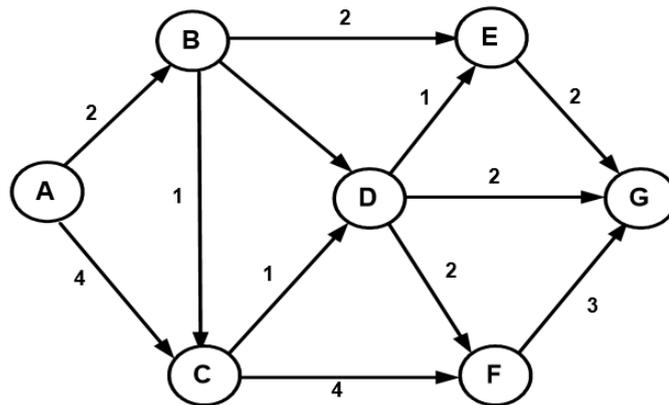
Graf dapat dituliskan dalam bentuk  $G(V,E)$  bila ingin menyatakan dua bagian dari  $G$ . Graf adalah suatu diagram yang memuat informasi tertentu jika diinterpretasikan secara tepat. Dalam kehidupan sehari-hari, graf di gunakan untuk menggambarkan berbagai macam struktur yang ada. Tujuannya adalah sebagai visualisasi objek-objek agar lebih mudah dimengerti. Graf merupakan struktur diskrit yang terdiri dari simpul-simpul dan sisi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut (Rosen & Krithivasan, 2012).

Aziz (2021) menyatakan bahwa graf telah terbukti dapat dimanfaatkan sebagai alat pemodelan untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam ilmu komputer, riset operasi, dan ilmu sosial dan alam. Dalam ilmu komputer, peran graf tidak bisa dihindarkan. Contoh lain aplikasi graf diantaranya adalah di mana proses pengiriman barang dari suatu tempat ke berbagai tempat yang lain dapat dimodelkan dan diselesaikan dengan aplikasi graf agar pengiriman ini dapat menghemat biaya, waktu, tenaga, dan lain sebagainya. Selain itu, dalam bidang ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang kimia, berbagai model senyawa alkana dapat direpresentasikan atau dimodelkan dalam bentuk graf. Oleh karena itu, teori graf telah diaplikasikan dalam berbagai konteks ilmu pengetahuan.

### 2.2.1 Macam-Macam Graf

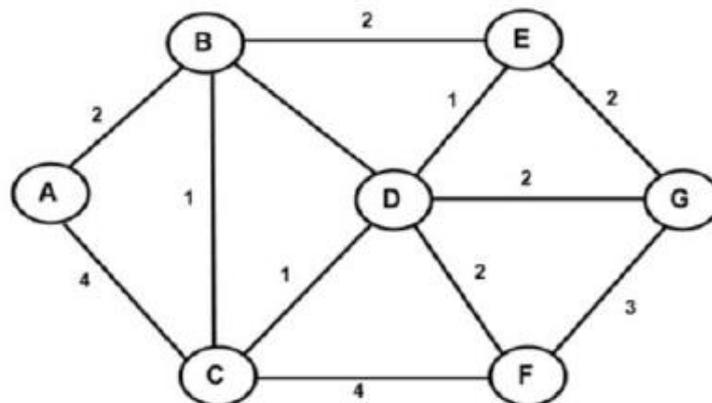
Berdasarkan arah dan bobotnya, graf dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Graf berarah dan berbobot: Menurut Munir (2016), graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah yang disebut sebagai graf berarah. Unsur mempunyai anak panah dan bobot. Gambar 2 menunjukkan graf berarah dan berbobot yang terdiri dari tujuh *vertex* yaitu *vertex* A,B,C,D,E,F,G. *vertex* menunjukkan arah ke *vertex* B dan *vertex* C, *vertex* B menunjukkan arah ke *vertex* D dan *vertex* C, dan seterusnya. Bobot antar *vertex* A dan *vertex* B pun telah di ketahui.



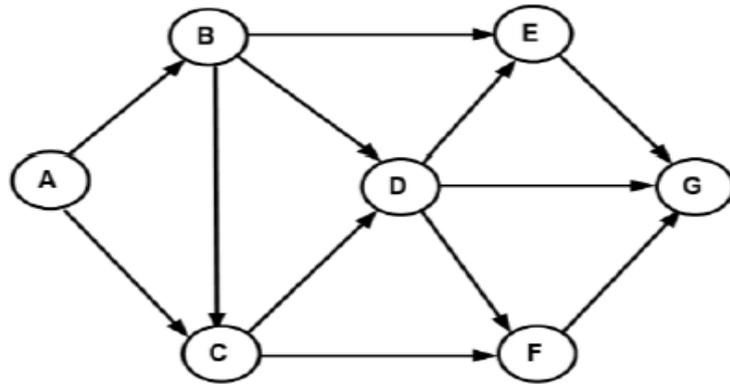
**Gambar 2. Graf Berarah dan Berbobot**Sumber: Munir (2016)

2. Graf tidak berarah dan berbobot: Graf yang setiap sisi tidak mempunyai panah tetapi mempunyai bobot. Gambar 3 menunjukkan graf tidak berarah dan berbobot. Graf terdiri dari tujuh *vertex* yaitu *vertex* A,B,C,D,E,F,G. *vertex* A tidak menunjukkan arah ke *vertex* B atau C, namun bobot antara *vertex* A dan *vertex* B telah diketahui. Begitu juga dengan *vertex* yang lain.



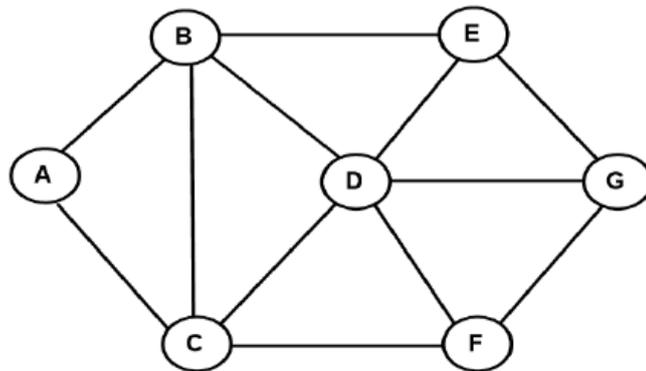
**Gambar 3. Graf tidak Berarah dan Berbobot**Sumber: Munir (2016)

3. Graf berarah dan tidak berbobot: graf yang setiap sisi mempunyai panah yang tidak berbobot. Gambar 4 menunjukkan graf berarah dan tidak berbobot.



**Gambar 4. Graf Berarah dan Tidak Berbobot** Sumber: Munir (2016)

4. Graf tidak berarah dan tidak berbobot: graf yang setiap unsur tidak mempunyai anak panah dan tidak berbobot.

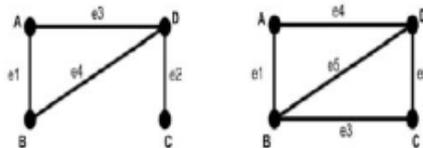


**Gambar 5. Graf Tidak Berarah dan Tidak Berbobot** Sumber: Munir (2016)

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka secara umum graf dapat digolongkan menjadi dua jenis:

1. Graf Sederhana (*Simple Graph*)

Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda dan atau gelang dinamakan graf sederhana. Pada graf sederhana, sisi adalah pasangan tak terurut (*unordered pairs*) (Munir, 2016). Berikut adalah contoh graf sederhana.

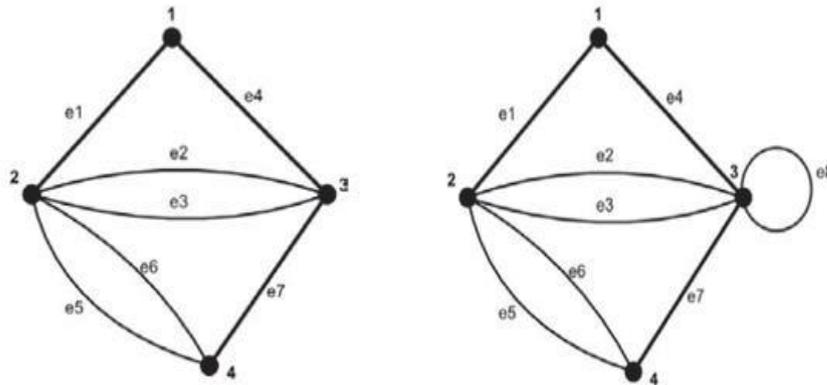


**Gambar 6. Graf Sederhana**

Gambar 6 adalah contoh graf sederhana yang mempresentasikan jaringan komputer. Simpul menyatakan komputer, sedangkan sisi menyatakan saluran telepon untuk berkomunikasi. Saluran telepon dapat beroperasi dua arah.

## 2. Graf Tak-sederhana (*Unsimple-graph*)

Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak sederhana (*unsimple graph*) (Munir, 2016). Pada graf tak-sederhana (*unsimple-graph*) sisi adalah pasangan tak terurut. Jadi kita dapat menuliskan sisi  $(u,v)$  sama saja dengan  $(v,u)$



**Gambar 7. Graf Tak-sederhana (*Unsimple-graph*)**

### 2.3.1 Terminologi Dasar dalam Graf

Ada beberapa istilah-istilah yang digunakan dalam teori graf, yaitu:

#### 1. Titik (*Vertex*)

Pratsetyo (2013) menyatakan bahwa titik (*vertex*) yang disimbolkan dengan  $v$  adalah himpunan *vertex* yang terbatas dan tidak kosong. Jumlah *vertex* pada graf dapat dinyatakan dengan  $n = |v|$

#### 2. Sisi (*Edge*)

Pratsetyo (2013) menyatakan bahwa sisi (*edge*) yang disimbolkan dengan  $e$  adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang *vertex*.

#### 3. Derajat (*Degree*)

Menurut Munir (2016) derajat yang disimbolkan dengan  $d(v)$  suatu simpul pada graf tak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

#### 4. Lintasan (*Path*)

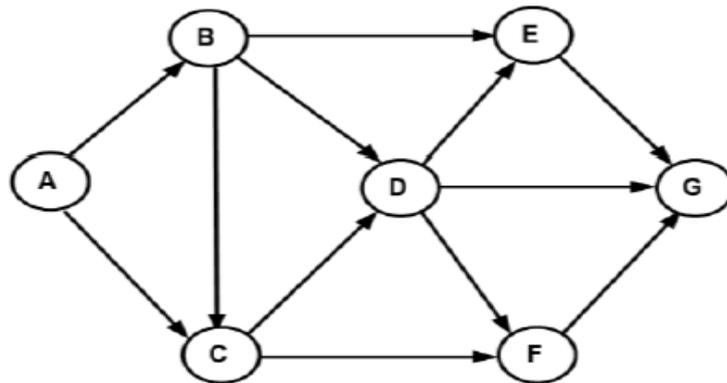
Menurut Munir (2016), lintasan yang panjangnya  $n$  dari simpul awal  $v_0$  ke simpul tujuan  $v_n$  di dalam graf  $D$  ialah barisan berselang-seling simpulsimpul dan rusuk-rusuk yang berbentuk  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$  sedemikian sehingga  $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$  adalah rusuk-rusuk dari graf  $D$ . Barisan  $c, cb, b, bf, f$ , pada Gambar 2.3 merupakan sebuah lintasan.

#### 5. Siklus atau Sirkuit

Menurut Munir (2016) siklus atau sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

### 2.4.1 Representasi Graf

Suatu graf dengan jumlah *vertex* sebanyak  $n$ , maka matriks ketetanggaan mempunyai ukuran  $n \times n$  ( $n$  baris dan  $n$  kolom). Gambar representasi graf ABCDEFG dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 8. Representasi Graf**

Jika antara dua buah *vertex* terhubung maka elemen matriks bernilai 1, dan sebaliknya bernilai 0 jika tidak terhubung. Tabel matriks ketetanggaan untuk graf ABCDEFG dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 1.** Matriks Ketetanggaan Graf ABCDEFG

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	1	1	0	0	0	0
B	1	0	1	1	1	0	0
C	1	1	0	1	0	1	0
D	0	1	1	0	1	1	1
E	0	1	0	1	0	0	1
F	0	0	1	1	0	0	1
G	0	0	0	1	1	1	0

Pada Tabel 1, elemen matriks ketetanggaan bernilai 0 untuk diagonal dan elemen yang tidak terhubung dengan simpul lain (elemen matriks bernilai 0 jika simpul tidak terhubung dengan simpul lainnya).

## 2.2 Traveling Salesman Problem (TSP)

*Traveling Salesman Problem* (TSP) termasuk ke dalam persoalan yang sangat terkenal pada teori graf. Nama persoalan ini diilhami oleh masalah seorang pedagang yang keliling mengunjungi sejumlah kota. Deskripsi persoalannya adalah sebagai berikut: diberikan sejumlah kota dan jarak antar kota. Tentukan sirkuit terpendek yang harus dilalui oleh seorang pedagang bila

pedagang itu berangkat dari sebuah kota asal dan menyinggahi setiap kota tepat satu kali dan kembali lagi ke kota asal keberangkatan. Kota dapat dinyatakan sebagai simpul graf, sedangkan sisi menyatakan jalan yang menghubungkan antar dua buah kota. Bobot pada sisi menyatakan jarak antar dua buah kota. Persoalan pedagang tidak lain adalah menentukan sirkuit Hamilton yang memiliki bobot minimum pada sebuah graf terhubung (Munir, 2016).

Pada persoalan TSP ini, jika setiap simpul yang lain maka graf yang merepresentasikannya adalah graf lengkap berbobot. Pada sembarang graf dengan  $n$  buah simpul ( $N > 2$ ), jumlah sirkuit hamilton yang berbeda  $(N-1)!/2$ . rumus ini dihasilkan dari kenyataan bahwa dimulai dari sembarang simpul kita mempunyai  $N - 1$  buah sisi untuk dipilih dari simpul pertama,  $N - 2$  sisi dari simpul kedua,  $N - 3$  dari simpul ketiga, dan seterusnya. Ini adalah pilihan yang independen, sehingga kita memperoleh  $(N - 1)!$  Pilihan. Jumlah itu harus dibagi dengan 2, karena tiap sirkuit hamilton terhitung dua kali, sehingga semuanya ada  $(N-1)!/2$  buah sirkuit hamilton (Munir, 2016).

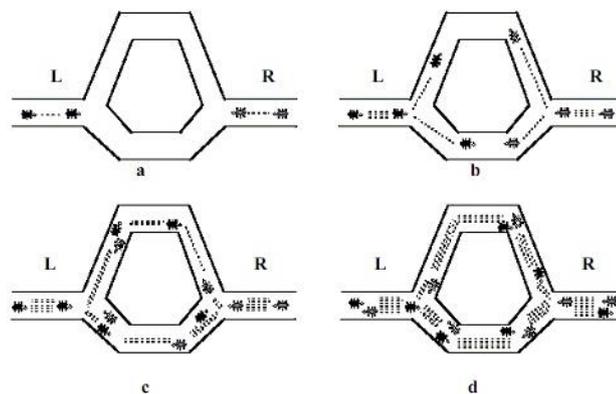
### **2.3 Ant Colony Optimization**

Sejarah *Ant Colony Optimization* dimulai sejak tahun 1996. Dimana ilmu pengetahuan ikut diamati dari semut yang dikenal dengan *Ant Colony Optimization* atau Algoritma semut. *Ant Colony Optimization* ini dirancang sebagai sebuah simulasi multi agen dengan memanfaatkan metafora alami semut untuk dapat memberi solusi pada permasalahan ruang fisik. Algoritma semut ini pertama kali diperkenalkan oleh Manderick dan Moyson kemudian dikembangkan secara luas oleh Marco Dorigo, dimana teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi untuk menemukan jalur terbaik. Dorigo Marco & Thomas (2004) menyatakan bahwa algoritma semut ini berasal dari pengamatan terhadap perilaku semut dan dari pengamatan ini kemudian muncul inspirasi baru pada desain algoritma untuk mengatasi masalah optimasi. *Ant Colony Optimization* ini dirancang dari analogi oleh perilaku semut ketika menemukan jalur dari koloninya menuju makanan. Semut mempunyai kemampuan berupa alat indera di lingkungannya yang kompleks untuk menemukan makanan lalu kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromon* pada jalur-jalur yang mereka lalui.

*Ant Colony Optimization* merupakan salah satu pendekatan heuristik mampu memberikan hasil positif untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dengan menemukan solusi yang baik. Perhitungan yang menyebar dapat menghindari terjebak pada keadaan lokal optimum, serta dengan penerapan

algoritma *greedy* yang mampu menghasilkan solusi cukup baik pada tahap awal pencarian (William: 2019).

*Ant Colony Optimization* merupakan metode heuristik yang mengambil perilaku koloni semut dalam pencarian jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan yang dikenal sebagai sistem semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui (Fariza et al., 2020). Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua akan melalui lintasan tersebut.



**Gambar 9. Ilustrasi Semut**

Sumber: Fabrian, Makalah Struktur Diskrit 2012

Pada Gambar 9 menunjukkan ada dua kelompok semut yang akan melakukan perjalanan. Satu kelompok bernama L yaitu kelompok yang berangkat dari arah kiri yang merupakan sarang semut dan kelompok lain yang bernama kelompok R yang berangkat dari kanan yang merupakan sumber makanan. Kedua kelompok semut dari *vertex* berangkat sedang dalam posisi pengambilan keputusan jalan sebelah mana yang akan diambil. Kelompok semut L membagi dua kelompok lagi. Sebagian melalui jalan atas dan sebagian melalui jalan bawah. Hal ini juga berlaku pada kelompok semut R. pada Gambar 9 menunjukkan bahwa kelompok semut berjalan pada kecepatan yang sama dengan meninggalkan *pheromon* atau jejak kaki di jalan yang telah dilalui. *pheromon* yang ditinggalkan oleh kumpulan semut yang melalui jalan atas telah mengalami banyak penguapan karena semut yang melalui jalan atas berjumlah

lebih sedikit dari pada jalan yang di bawah. Hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh lebih panjang daripada jalan bawah. Sedangkan *pheromon* yang berada di jalan bawah, penguapannya cenderung lebih lama.

Menurut Dorigo Marco & Thomas (2004) menyatakan “*Informally, an ACO algorithm can be imagined as the interplay of three procedures ConstructAntsSolutions, UpdatePheromones, and DaemonActions*”. Pada dasarnya semut yang melalui jalan bawah lebih banyak daripada semut yang melalui jalan atas. Gambar 9 menunjukkan, bahwa semut-semut yang lain pada akhirnya memutuskan untuk melewati jalan bawah karena *pheromon* yang ditinggalkan masih banyak. Sedangkan *pheromon* pada jalan atas sudah banyak menguap sehingga semut-semut tidak memilih jalan atas tersebut. Semakin banyak semut yang melalui jalan bawah maka semakin banyak semut yang mengikutinya. Demikian juga dengan jalan atas, semakin sedikit semut yang melalui jalan atas, maka *Pheromon* yang ditinggalkan semakin berkurang bahkan hilang. Dari sinilah kemudian terpilihilah jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan.

Untuk mengetahui implementasi *Ant Colony Optimization* dalam menentukan rute terpendek menurut Dorigo Marco & Thomas (2004) maka diperlukan variabel dan langkah-langkah, yaitu:

Langkah 1:

a. Menginisialisasi harga parameter-parameter algoritma.

Parameter-parameter yang diinisialisasikan adalah:

1. Intensitas jejak semut antar kota dan perubahannya  $(\tau_{ij}) = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}$
2. Banyak kota (n) termasuk koordinat (x,y) atau jarak antar kota  $i$  ke kota  $j$   
 $(d_{ij} = \frac{1}{\eta_{ij}})$
3. Kota berangkat dan kota tujuan
4. Tetapan siklus-semut ( $\rho$ )
5. Tetapan pengendali intensitas jejak semut ( $\alpha$ ), nilai  $\alpha \geq 0$
6. Tetapan pengendali visibilitas ( $\beta$ ), nilai  $\beta \geq 0$
7. Visibilitas antar kota  $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$

(2.1)

8. Banyak semut (m)
9. Tetapan penguapan jejak semut ( $\rho$ ), nilai  $0 < \rho < 1$  untuk mencegah jejak *Pheromone* yang tak terhingga.
10. Menentukan *pheromon* awal dari penelitian ini diselesaikan dengan

$$\text{algoritma greedy formula } \tau_0 = \frac{k}{C_{\text{greedy}}}$$

(2.2)

Keterangan:

$\tau_0$  : Pheromon Awal

$k$  : Jumlah Semut

$C_{greedy}$  : Jumlah Jarak Minimum Antar *Vertex*

11. Jumlah siklus maksimum (NCmax) bersifat tetap selama algoritma dijalankan, sedangkan  $\tau_{ij}$  akan selalu diperbaharui harganya pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama (NC=1) sampai tercapai jumlah siklus maksimum (NC=NCmax) atau sampai terjadi konvergensi.

b. Inisialisasi kota pertama setiap semut.

Setelah inisialisasi  $\tau_{ij}$  dilakukan, kemudian  $m$  semut ditempatkan pada kota pertama tertentu secara acak.

Langkah 2:

Pengisian kota pertama ke dalam *tabu list*. Hasil inisialisasi kota pertama setiap semut dalam langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama *tabu list*. Hasil dari langkah ini adalah terisinya elemen pertama *tabu list* setiap semut dengan indeks kota tertentu, yang berarti bahwa setiap *tabu k* (1) bisa berisi indeks kota antara 1 sampai  $n$  sebagaimana hasil inisialisasi pada langkah 1.

Langkah 3:

Penyusunan rute kunjungan setiap semut ke setiap kota. Koloni semut yang sudah terdistribusi ke sejumlah atau setiap kota, akan mulai melakukan perjalanan dari kota pertama masing-masing sebagai kota asal dan salah satu kota-kota lainnya sebagai kota tujuan. Kemudian dari kota kedua masing-masing, koloni semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari kota-kota yang tidak terdapat pada *tabu k* sebagai kota tujuan selanjutnya. Perjalanan koloni semut berlangsung terus menerus sampai semua kota satu persatu dikunjungi atau telah menempati *tabu k*. Jika  $s$  menyatakan indeks urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai *tabu k(s)* dan kota-kota lainnya dinyatakan sebagai  $\{N-tabu_k\}$ , maka untuk menentukan kota tujuan digunakan persamaan probabilitas kota untuk dikunjungi sebagai berikut:

$$P_{ij}^K = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N - tabu_k\} \quad (2.3)$$

$$P_{ij}^K = 0, \text{ untuk } j \text{ lainnya} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$P$  : persamaan probabilitas kota

$K$  : semut ke- $k$

$\tau_{ij}$  : intensitas jejak semut antar kota dan perubahannya

$\eta_{ij}$	: visibilitas antar kota ( $1/d_{ij}$ )
$\alpha$	: tetapan pengendali intensitas jejak semut, $\alpha \geq 0$
$\beta$	: tetapan pengendali visibilitas, $\beta \geq 0$
$\rho$	: tetapan penguapan jejak semut, nilai $0 < \rho < 1$ untuk mencegah jejak <i>Pheromon</i> yang tak terhingga.
$NC_{max}$	: jumlah siklus maksimum, bersifat tetap selama algo dijalankan
$Tabu_k(s)$	: kota asal
$\{N - tabu_k\}$	: himpunan kota-kota lainnya
$i$	: indeks kota asal
$j$	: indeks kota tujuan

Menurut Dorigo Marco & Thomas (2004) menyatakan Aaturan transisi status yang digunakan oleh AS dinamai *random-proportional rule*, yang ditunjukkan oleh persamaan (2.3). Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar.

Langkah 4:

1. Perhitungan panjang rute setiap semut.

Perhitungan panjang rute tertutup (*length closed tour*) atau  $L_k$  setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan *tabu k* masing-masing dengan persamaan berikut:

$$L_k = d_{tabu_k(n), tabu_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s+1)} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$L_k$  : panjang rute tertutup (*length closed tour*).

S : indeks urutan kunjungan

d : jarak

n : banyak kota

2. Pencarian rute terpendek.

Setelah  $L_k$  setiap semut dihitung, akan didapat harga minimal panjang rute tertutup setiap siklus atau  $L_{minNC}$  dan harga minimal panjang rute tertutup secara keseluruhan adalah atau  $L_{min}$ .

3. Perhitungan *update pheronom* semut antar kota.

Dorigo Marco & Thomas (2004) berpendapat bahwa *update pheromon* proses dimana jejak *pheronom* dimodifikasi. Koloni semut akan meninggalkan jejak-jejak kaki pada lintasan antar kota yang dilaluinya. Adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang lewat, menyebabkan kemungkinan

terjadinya perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Persamaan perubahan ini adalah:

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2.6)$$

$\Delta\tau_{ij}$  : perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota.

$m$  : banyak semut.

Dengan  $\Delta\tau_{ij}^k$  adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}, \text{ untuk } (i,j) \in \text{kota asal dan kota tujuan dalam } \text{tabu}_k \quad (2.7)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = 0, \text{ untuk } (i,j) \text{ lainnya} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$Q$  : tetapan siklus semut

$L_k$  : panjang rute tertutup (*length closed tour*)

$i$  : indeks kota asal

$j$  : indeks kota tujuan

Langkah 5:

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

Harga intensitas jejak kaki semut antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karena adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Untuk siklus selanjutnya, semut yang akan melewati lintasan tersebut harga intensitasnya telah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota ( $\tau_{ij}$ ) untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan :

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$\Delta\tau_{ij}$  : perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota.

$\rho$  : tetapan penguapan jejak semut, nilai  $0 < \rho < 1$

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

Untuk siklus selanjutnya perubahan harga intensitas jejak semut antar kota perlu diatur kembali agar memiliki nilai sama dengan nol.

Langkah 6:

Pengosongan *tabu list*, dan mengulangi langkah 2. *Tabu list* perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan kota yang baru pada siklus selanjutnya, jika jumlah siklus maksimum belum tercapai atau belum terjadi

konvergensi. Algoritma diulang lagi dari langkah 2 dengan harga parameter intensitas jejak kaki semut antar kota yang sudah diperbaharui.

#### **2.4 Kelebihan dan kekurangan *Ant Colony Optimization***

Adapun kelebihan dan kekurangan dari *Ant Colony Optimization* menurut Leksono (2009) adalah sebagai berikut:

Kelebihan *Ant Colony Optimization* ini adalah

1. Mampu menemukan jarak yang lebih pendek
2. Algoritma ini selalu menemukan solusi yang mendekati optimal untuk semua permasalahan yang mempunyai jumlah *vertex* sedikit.
3. Algoritma ini dengan cepat menemukan solusi yang bagus, meskipun demikian ia tidak memperlihatkan perilaku stagnasi, maksudnya semut terus mencari kemungkinan adanya tour baru yang lebih baik
4. Mampu memberikan nilai dengan solusi tunggal untuk beberapa kali pengujian
5. Algoritma ini menggunakan sistem peringkat dalam *update Pheromone*-nya, sehingga akan mempermudah semut dalam menentukan sebuah tournya.

Kekurangan algoritma *Ant Colony Optimization* yaitu

1. Kompleksitas yang cukup banyak sehingga *running timenya* juga cukup lama karena ada beberapa proses tahapan yang agak rumit untuk dipecahkan secara matematis biasa dan dibutuhkan *artificial intelligent*.
2. *Ant Colony Optimization* hanya memberikan nilai solusi tunggal dan ini dianggap optimal meskipun belum tentu optimal.
3. Dan proses *running* program *Ant Colony Optimization* boros dalam penggunaan memory

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kantor pusat dan *drop point* J&T Kota Jambi. Waktu penelitian yakni dilaksanakan pada bulan Mei – September 2023

#### 3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan yaitu data kuantitatif. Sedangkan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder dalam penelitian ini adalah data berupa rute perjalanan berupa *vertex* dan sisi yang biasa di lalui oleh *driver* J&T untuk mengantarkan barang dari *Gateway* ke *Drop Point* J&T.

Sumber data penelitian pada penelitian ini yaitu sumber data sekunder merupakan data yang diperoleh atau didapatkan dari sumber kedua seperti melalui web J&T, *google maps*, dan sumber informasi lainnya.

#### 3.3 Prosedur Pelaksanaan

Prosedur penelitian digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang dilengkapi beberapa tahap. Dalam penelitian ini prosedur penelitian yang akan digunakan sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi Masalah

Pada tahap ini mengidentifikasi suatu permasalahan. Untuk mencari rute optimal yang dilalui kurir J&T yang mengantarkan paket ke kantor-kantor cabang J&T di kota Jambi.

2. Pengumpulan data

Tahapan ini dilakukan pengambilan data dari wawancara di kantor J&T Kota Jambi dan melalui web J&T, *Google Maps* dan sumber informasi lainnya pada Selasa tanggal 23 Mei 2023. Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data berupa data jumlah *vertex*, jarak tempuh, proses pengiriman barang, rute perjalanan, melalui wawancara di kantor J&T Kota Jambi dan melalui web J&T, *Google Maps* dan sumber informasi lainnya.

3. Pembentukan Graf awal

Tahapan ini dilakukan dengan membentuk graf awal berdasarkan *vertex* antar lokasi yang menjadi *vertex-vertex* tujuan *drop point* dalam penelitian ini. Untuk menentukan jarak tempuh masing-masing *vertex* lokasi dengan menggunakan bantuan pencarian arah *Google Maps*.

Pada penelitian ini graf awal dibentuk dengan menentukan *vertex - vertex* dan sisi-sisi berdasarkan asumsi-asumsi yang telah ditentukan sebelumnya sehingga membentuk sebuah graf berbobot.

#### 4. Pencarian Rute Optimal

Menentukan rute terpendek dengan menggunakan bantuan *Ant Colony Optimization*

- a. Inisialisasi setiap harga parameter-parameter algoritma  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\rho$ 
  - $\alpha$  : Tetapan pengendali intensitas jejak semut
  - $\beta$  : Tetapan pengendali visibilitas ( $\beta$ ),
  - $\rho$  : Tetapan siklus-semut ( $\rho$ )
- b. Menentukan banyak semut ( $k$ )
- c. Menentukan *pheromon* awal dari penelitian ini diselesaikan dengan algoritma *greedy* dengan formula  $\tau_0 = \frac{k}{C_{greedy}}$
- d. Mencari nilai visibilitas antara *vertex* dengan (2.1)
- e. Menentukan rute kunjungan setiap semut ke setiap kota dimulai dari *vertex* awal masing-masing dan menentukan probabilitas setiap kota untuk dikunjungi berdasarkan Persamaan (2.3) dan (2.4) sampai semua *vertex* selesai dikunjungi.
- f. Menghitung panjang rute tertutup (*length closed tour*) atau  $L_k$  setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan dan menentukan *length closed tour* berdasarkan Persamaan (2.5)
- g. Melakukan pencarian rute terpendek yaitu memiliki  $L_k$  terkecil
- h. Melakukan *update pheromon* dengan menggunakan Persamaan (2.5)
- i. Menggunakan rute terpendek sementara untuk siklus pertama sebagai rute terbaik

#### 5. Rute Optimal J&T

Setelah menentukan rute terpendek dengan menggunakan bantuan *ant colony optimization* peneliti kemudian melakukan pengujian rute optimal menggunakan *ant colony optimization* pada optimasi rute terpendek pengiriman barang di J&T.

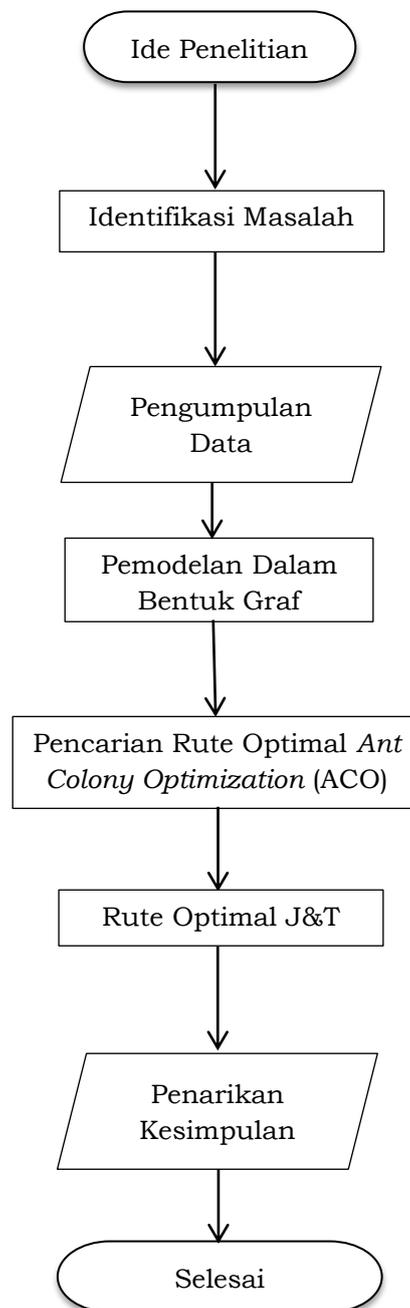
#### 6. Penarikan Kesimpulan

Setelah diperoleh hasil dari pencarian rute Optimal dengan menggunakan metode *ant colony optimization*, maka ditarik kesimpulan

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini merupakan urutan proses penelitian yang akan dilalui oleh penulis sehingga dapat mengumpulkan data yang

diperlukan dalam sebuah penelitian. Adapun gambaran dan langkah – langkah yang akan dilalui oleh peneliti adalah sebagai berikut:



**Gambar 10. Diagram Alir Penelitian**

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Algoritma semut digunakan untuk mendapatkan jarak yang optimal sehingga memungkinkan untuk menghemat waktu jarak tempuh yang digunakan. Cara kerja algoritma semut tidak memungkinkan untuk mengawali pekerjaan dari *vertex* awal, akan tetapi dimungkinkan berawal dari semua *vertex - vertex* yang ada dilokasi tujuan. *Pheromon* awal dari penelitian ini diselesaikan dengan algoritma *greedy*. Algoritma *greedy* merupakan algoritma sederhana dan cepat dalam menyelesaikan kasus optimisasi rute terpendek pada pengiriman barang di kantor j&t kota jambi. Berikut implementasi algoritma semut dalam menyelesaikan kasus pencarian jalur optimal kurir dalam mengantar barang kiriman kelokasi tujuan.

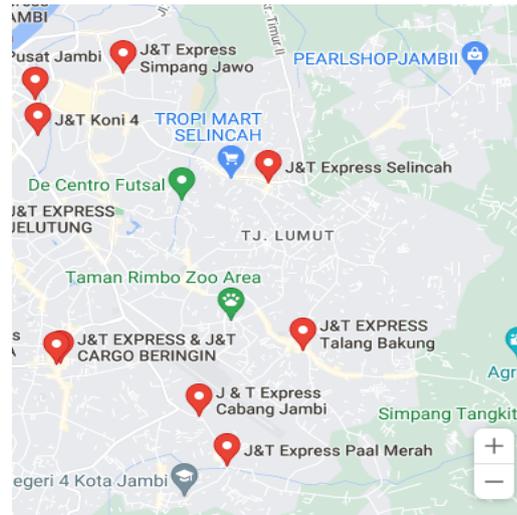
Pada penelitian ini peneliti memilih 7 *vertex - vertex* lokasi dari data optimal kurir dalam mengantar barang kiriman kelokasi tujuan yang diperoleh dari Kantor J&T. Dimana *vertex* mewakili tempat. Pemilihan *vertex - vertex* lokasi dipilih langsung oleh peneliti sebanyak 7 dengan mempertimbangkan alamat yang berupa kantor J&T sehingga dapat dengan mudah dikenali oleh aplikasi *Google Maps*.

Berikut tabel lokasi tujuan pengiriman barang yang dijadikan sampel dalam penelitian ini yaitu:

**Tabel 2:** Lokasi Tujuan Pengiriman Barang

No.	Vertex	Lokasi Tujuan
1	V <sub>1</sub>	Gateway J&T
2	V <sub>2</sub>	J&T Express Paal Merah
3	V <sub>3</sub>	J&T Express Cabang Jambi
4	V <sub>4</sub>	J&T Express Talang Bakung
5	V <sub>5</sub>	J&T Express Selincah
6	V <sub>6</sub>	J&T Express Koni IV
7	V <sub>7</sub>	J&T Express Jelutung

Dimana lokasinya dapat diperlihatkan melalui peta pada gambar yang diambil dari *google maps*



**Gambar 11: Vertex Lokasi Sampel Penelitian**

Langkah pertama dalam menyelesaikan kasus ini yakni dengan menggambarkan *vertex - vertex* lokasi tujuan menjadi *vertex - vertex* yang ada dalam graf kemudian bobot sisi dalam graf merupakan jarak antara *vertex - vertex* lokasi tujuan.

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pencarian dengan bantuan tools penunjuk arah pada *Google Maps* maka dapat disusun jarak tempuh (km) dari masing-masing *vertex* pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 3: Jarak Tempuh Antar Vertex (satuan)**

Vertex lokasi (KM)	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
$V_1$	0	1,0	1,9	3,2	6,9	7,7	8,5
$V_2$	1,0	0	1,0	4,0	7,5	6,7	7,5
$V_3$	1,9	1,0	0	4,8	7,3	5,8	6,5
$V_4$	3,2	4,0	4,8	0	3,5	6,2	6,9
$V_5$	6,9	7,5	7,3	3,5	0	4,4	3,9
$V_6$	7,7	6,7	5,8	6,2	4,4	0	2,2
$V_7$	8,5	7,5	6,5	6,9	3,9	2,2	0

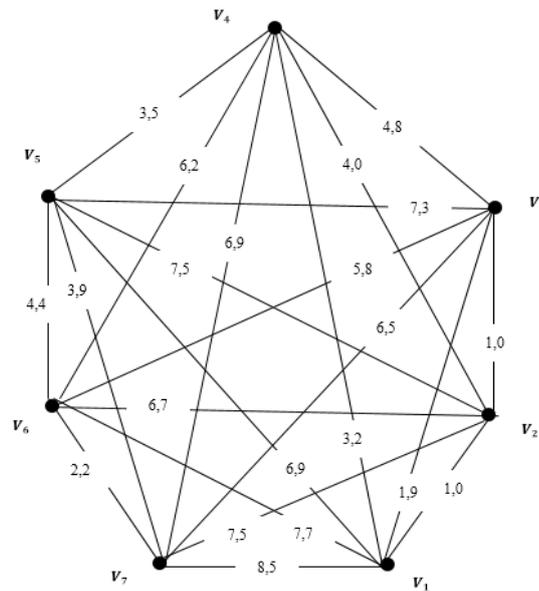
Berdasarkan tabel 3 di atas maka dapat diketahui bahwa jarak tempuh antara *vertex* 1 dengan *vertex* 2 sejauh 1,0 jarak tempuh antara *vertex* 1 dengan

*vertex* 3 sejauh 1,9 jarak tempuh antara *vertex* 1 dengan *vertex* 4 sejauh 3,2 jarak tempuh antara *vertex* 1 dengan *vertex* 5 sejauh 6,9 jarak tempuh antara *vertex* 1 dengan *vertex* 6 sejauh 7,7 jarak tempuh antara *vertex* 1 dengan *vertex* 7 sejauh 8,5. Untuk jarak tempuh antara *vertex* 2 dengan *vertex* 1 sejauh 1,0.

Jarak tempuh antara *vertex* 2 dengan *vertex* 3 sejauh 1,0 jarak tempuh antara *vertex* 2 dengan *vertex* 4 sejauh 4,0 jarak tempuh antara *vertex* 2 dengan *vertex* 5 sejauh 7,5 jarak tempuh antara *vertex* 2 dengan *vertex* 6 sejauh 6,7 jarak tempuh antara *vertex* 2 dengan *vertex* 7 sejauh 7,5. Untuk jarak tempuh antara *vertex* 3 dengan *vertex* 1 sejauh 1,9 jarak tempuh antara *vertex* 3 dengan *vertex* 2 sejauh 1,0 jarak tempuh antara *vertex* 3 dengan *vertex* 4 sejauh 4,8 jarak tempuh antara *vertex* 3 dengan *vertex* 5 sejauh 7,3 jarak tempuh antara *vertex* 3 dengan *vertex* 6 sejauh 5,8 jarak tempuh antara *vertex* 3 dengan *vertex* 7 sejauh 6,5. Untuk jarak tempuh antara *vertex* 4 dengan *vertex* 1 sejauh 3,2 jarak tempuh antara *vertex* 4 dengan *vertex* 2 sejauh 4,0 jarak tempuh antara *vertex* 4 dengan *vertex* 3 sejauh 4,8 jarak tempuh antara *vertex* 4 dengan *vertex* 5 sejauh 3,5 jarak tempuh antara *vertex* 4 dengan *vertex* 6 sejauh 6,2 jarak tempuh antara *vertex* 4 dengan *vertex* 7 sejauh 6,9.

Untuk jarak tempuh antara *vertex* 5 dengan *vertex* 1 sejauh 6,9 jarak tempuh antara *vertex* 5 dengan *vertex* 2 sejauh 7,5 jarak tempuh antara *vertex* 5 dengan *vertex* 3 sejauh 7,3 jarak tempuh antara *vertex* 5 dengan *vertex* 4 sejauh 3,5 jarak tempuh antara *vertex* 5 dengan *vertex* 6 sejauh 4,4 jarak tempuh antara *vertex* 5 dengan *vertex* 7 sejauh 3,9. Untuk jarak tempuh antara *vertex* 6 dengan *vertex* 1 sejauh 7,7 jarak tempuh antara *vertex* 6 dengan *vertex* 2 sejauh 6,7 jarak tempuh antara *vertex* 6 dengan *vertex* 3 sejauh 5,8 jarak tempuh antara *vertex* 6 dengan *vertex* 4 sejauh 6,2 jarak tempuh antara *vertex* 6 dengan *vertex* 5 sejauh 4,4 jarak tempuh antara *vertex* 6 dengan *vertex* 7 sejauh 2,2. Untuk jarak tempuh antara *vertex* 7 dengan *vertex* 1 sejauh 8,5 jarak tempuh antara *vertex* 7 dengan *vertex* 2 sejauh 7,5 jarak tempuh antara *vertex* 7 dengan *vertex* 3 sejauh 6,5 jarak tempuh antara *vertex* 7 dengan *vertex* 4 sejauh 6,9 jarak tempuh antara *vertex* 7 dengan *vertex* 5 sejauh 3,9 jarak tempuh antara *vertex* 7 dengan *vertex* 6 sejauh 2,2.

Berdasarkan tabel 3 maka gambar graf dapat diberi bobot sesuai jarak tempuh yang diberikan pada tabel di atas dengan model graf.



**Gambar 13: Graf lengkap 7 Vertex lokasi tujuan**

Selanjutnya yaitu menggunakan algoritma semut untuk mendapatkan jalur terpendek (optimal). Langkah pertama yang dilakukan yaitu inialisasi harga parameter-parameter algoritma, parameter-parameter yang digunakan yaitu:

$$\alpha=1,00$$

$$\beta=1,00$$

$$\rho=0,10$$

Banyak semut ( $k$ ) = 7

Dorigo Marco & Thomas (2004) menyatakan bahwa parameter-parameter yang digunakan yaitu:  $\alpha=1,00$  dan  $\beta=1,00$ ; Pemilihan nilai  $\alpha$ , dan  $\beta$ , yaitu  $\alpha, \beta \geq 0$  sehingga nilai yang diambil yaitu 1 untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan probabilitas. Pemilihan nilai  $\rho$  yaitu  $0 < \rho < 1$  sehingga yang dipilih  $\rho = 0,10$  yaitu nilai yang paling sering digunakan dalam algoritma semut.

*pheromon* awal yakni dengan menggunakan formula  $\tau_0 = \frac{k}{C_{greedy}}$  dimana perhitungan dengan menggunakan algoritma greedy yaitu:

1. Memilih *vertex* awal yaitu *vertex*  $V_1$
2.  $V_1$  memiliki jalur di  $V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$  dan  $V_7$ , masing-masing dengan jarak 1,0; 1,9; 3,2; 6,9; 8,5; dan 7,7 selanjutnya diambil jarak minimal atau paling kecil sehingga yang terpilih yaitu  $V_2$  sehingga diperoleh jalur pertama yaitu  $V_1 \rightarrow V_2$  dengan jarak 1,0.

3. Melakukan cara yang sama dengan langkah kedua dimana dimulai dari *vertex* yang terpilih yaitu  $V_2$  .  $V_2$  memiliki jalur di  $V_3, V_4, V_5, V_6$  dan  $V_7$  masing-masing dengan jarak 1,0; 4,0; 7,5; 6,7; dan 7,5. Selanjutnya diambil jarak minimal atau paling kecil sehingga yang terpilih yaitu  $V_3$  sehingga diperoleh jalur kedua yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3$  dengan jarak 2,0.
4. Melakukan cara yang sama dengan langkah ketiga dimana dimulai dari *vertex* yang terpilih yaitu  $V_3$  .  $V_3$  memiliki jalur di  $V_4, V_5, V_6$  dan  $V_7$  dan masing-masing dengan jarak 4,8; 7,3; 5,8; dan 6,5 Selanjutnya mengambil jarak minimal atau paling kecil sehingga yang terpilih yaitu  $V_4$  sehingga diperoleh jalur ketiga yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4$  dengan jarak 6,8.
5. Melakukan cara yang sama dengan langkah keempat dimana dimulai dari *vertex* yang terpilih yaitu  $V_4$  .  $V_4$  memiliki jalur di  $V_5, V_6$  dan  $V_7$  masing-masing dengan jarak 3,5; 6,2; dan 6,9 Selanjutnya mengambil jarak minimal atau paling kecil sehingga yang terpilih yaitu  $V_5$  sehingga diperoleh jalur keempat yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5$  dengan jarak 10,3.
6. Melakukan cara yang sama dengan langkah kelima dimana dimulai dari *vertex* yang terpilih yaitu  $V_5$  .  $V_5$  memiliki jalur di  $V_6$  dan  $V_7$  masing-masing dengan jarak 4,4 dan 3,9 Selanjutnya mengambil jarak minimal atau paling kecil sehingga yang terpilih yaitu  $V_7$  sehingga diperoleh jalur keempat yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7$  dengan jarak 14,7.
7. Selanjutnya karena sudah tidak ada *vertex* lagi maka *vertex* yang terakhir yaitu  $V_6$  sehingga diperoleh jalur  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6$ . karena rute perjalanan *driver* J&T berawal dari *vertex* awal dan berakhir di *vertex* awal juga, maka diperoleh jalur  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$  sehingga diperoleh jarak minimal  $C_{greedy} = 1,0 + 1,0 + 4,8 + 3,5 + 4,4 + 2,2 = 16,9$

Selanjutnya dari algoritma *Greedy* di atas sehingga didapatkan *Pheromone* awal

$$\tau_0 = \frac{7}{16,9} = 0,4142$$

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai visibilitas antara *vertex*  $i$  ke *vertex*  $j$  dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui.

Sehingga didapatkan:

$$\eta_{1.2} = \frac{1}{d_{1.2}} = \frac{1}{1,0} = 1$$

$$\eta_{1.3} = \frac{1}{d_{1.3}} = \frac{1}{1,9} = 0,526$$

$$\eta_{1.4} = \frac{1}{d_{1.4}} = \frac{1}{3,2} = 0,313$$

$$\eta_{1.5} = \frac{1}{d_{1.5}} = \frac{1}{6,9} = 0,145$$

$$\eta_{1.6} = \frac{1}{d_{1.6}} = \frac{1}{7,7} = 0,129$$

$$\eta_{1.7} = \frac{1}{d_{1.7}} = \frac{1}{8,5} = 0,118$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai visibilitas antara *vertex* sebagai berikut :

**Tabel 4:** Visibilitas Antar *Vertex*

<i>Vertex</i> lokasi (KM)	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
$V_1$	0	1,0	0,526	0,313	0,145	0,129	0,118
$V_2$	1,0	0	1,0	0,25	0,133	0,149	0,133
$V_3$	0,526	1,0	0	0,208	0,137	0,172	0,154
$V_4$	0,313	0,25	0,208	0	0,286	0,161	0,145
$V_5$	0,145	0,133	0,137	0,286	0	0,227	0,256
$V_6$	0,129	0,149	0,172	0,161	0,227	0	0,455
$V_7$	0,118	0,133	0,154	0,145	0,256	0,455	0

Hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 4 menunjukkan bahwa visibilitas antara *vertex* 1 dengan *vertex* 2 = 1,0 visibilitas antara *vertex* 1 dengan *vertex* 3 = 0,526 visibilitas antara *vertex* 1 dengan *vertex* 4 = 0,313 visibilitas antara *vertex* 1 dengan *vertex* 5 = 0,145 visibilitas antara *vertex* 1 dengan *vertex* 6 = 0,129 visibilitas antara *vertex* 1 dengan *vertex* 7 = 0,118

visibilitas antara *vertex* 2 dengan *vertex* 1 = 1,0 visibilitas antara *vertex* 2 dengan *vertex* 3 = 1,0 visibilitas antara *vertex* 2 dengan *vertex* 4 = 0,25 visibilitas antara *vertex* 2 dengan *vertex* 5 = 0,133 visibilitas antara *vertex* 2 dengan *vertex* 6 = 0,149 visibilitas antara *vertex* 2 dengan *vertex* 7 = 0,133 visibilitas antara *vertex* 3 dengan *vertex* 1 = 0,526 visibilitas antara *vertex* 3 dengan *vertex* 2 = 1,0 visibilitas antara *vertex* 3 dengan *vertex* 4 = 0,208 visibilitas antara *vertex* 3 dengan *vertex* 5 = 0,137 visibilitas antara *vertex* 3 dengan *vertex* 6 = 0,172 visibilitas antara *vertex* 3 dengan *vertex* 7 = 0,154.

Visibilitas antara *vertex* 4 dengan *vertex* 1 = 0,313 visibilitas antara *vertex* 4 dengan *vertex* 2 = 0,25 visibilitas antara *vertex* 4 dengan *vertex* 3 = 0,208 visibilitas antara *vertex* 4 dengan *vertex* 5 = 0,286 visibilitas antara *vertex* 4 dengan *vertex* 6 = 0,161 visibilitas antara *vertex* 4 dengan *vertex* 7 = 0,145 visibilitas antara *vertex* 5 dengan *vertex* 1 = 0,145 visibilitas antara *vertex* 5 dengan *vertex* 2 = 0,133 visibilitas antara *vertex* 5 dengan *vertex* 3 = 0,137.

Visibilitas antara *vertex* 5 dengan *vertex* 4 = 0,286 visibilitas antara *vertex* 5 dengan *vertex* 6 = 0,227 visibilitas antara *vertex* 5 dengan *vertex* 7 = 0,256 visibilitas antara *vertex* 6 dengan *vertex* 1 = 0,129 visibilitas antara *vertex* 6 dengan *vertex* 2 = 0,149 visibilitas antara *vertex* 6 dengan *vertex* 3 = 0,172 visibilitas antara *vertex* 6 dengan *vertex* 4 = 0,161 visibilitas antara *vertex* 6 dengan *vertex* 5 = 0,227 visibilitas antara *vertex* 6 dengan *vertex* 7 = 0,455 visibilitas antara *vertex* 7 dengan *vertex* 1 = 0,118 visibilitas antara *vertex* 7 dengan *vertex* 2 = 0,133 visibilitas antara *vertex* 7 dengan *vertex* 3 = 0,154 visibilitas antara *vertex* 7 dengan *vertex* 4 = 0,145 visibilitas antara *vertex* 7 dengan *vertex* 5 = 0,256 visibilitas antara *vertex* 7 dengan *vertex* 6 = 0,455.

Langkah selanjutnya yaitu menyusun rute perjalanan semut ke setiap *vertex* lokasi. Semut yang terdistribusi ke semua *vertex* akan melakukan perjalanan dari *vertex* pertama masing-masing sebagai *vertex* asal dan *vertex* lain sebagai *vertex* tujuan. Setelah itu semut melakukan perjalanan secara acak dengan pertimbangan tidak pernah dilalui sebelumnya. Perjalanan semut berlangsung terus menerus sampai semua *vertex* telah dikunjungi dan membentuk suatu jalur. Berikut perhitungan probabilitas untuk siklus ke-1 ( $NC=1$ )

**Siklus ke-1 ( $NC=1$ )**

**Semut ke-1 ( $k=1$ )**

**Tabu list =  $V_1$**

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N - t a b u_k\}$$

$p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya.

$$\begin{aligned} \sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta &= (0,4142)^1 \cdot (1)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,526)^1 + \\ &\quad (0,4142)^1 \cdot (0,313)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,145)^1 + \\ &\quad (0,4142)^1 \cdot (0,118)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,129)^1 \\ &= 0,9241 \end{aligned}$$

Vertex  $V_1$        $p_{11}^1 = 0,00$

Vertex  $V_2$       
$$p_{12}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (1)^{1,00}}{0,9241}$$

$$= 0,448$$

Vertex  $V_3$       
$$p_{13}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,526)^{1,00}}{0,9241}$$

$$= 0,236$$

Vertex  $V_4$       
$$p_{14}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,313)^{1,00}}{0,9241}$$

$$= 0,140$$

Vertex  $V_5$       
$$p_{15}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,145)^{1,00}}{0,9241}$$

$$= 0,065$$

Vertex  $V_6$       
$$p_{16}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N - t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,118)^{1,00}}{0,9241}$$

$$= 0,053$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vertex } V_7 \quad p_{17}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\
 &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,129)^{1,00}}{0,9241} \\
 &= 0,058
 \end{aligned}$$

**Tabel 5:** Probabilitas Semut Ke-1 Antara *Vertex*  $V_1$  Ke *Vertex* Lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
Probabilitas $V_1$	0	0,448	0,236	0,140	0,065	0,053	0,058
Probabilitas komutatif	0	0,448	0,648	0,824	0,889	0,942	1

kemudian digunakan aturan transisi oleh AS (*Ant System*) di namai *Random-Proportional Rule* yang di tunjukan pada persamaan 2.3. Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar maka terpilih 0,448 sehingga *vertex* yang terpilih yaitu

$V_2$  sehingga *Tabu list* menjadi  $V_1 \rightarrow V_2$ .

**Tabu list** =  $V_2$

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-t a b u_k\}$$

$p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya.

$$\begin{aligned}
 \sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta &= (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot \\
 &\quad (0,526)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,313)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,145)^1 + \\
 &\quad (0,4142)^1 \cdot (0,118)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,129)^1 \\
 &= 0,512
 \end{aligned}$$

$$\text{Vertex } V_1 \quad p_{21}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_2 \quad p_{22}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_3 \quad p_{23}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,526)^{1,00}}{0,512}$$

$$= 0,426$$

$$\text{Vertex } V_4 \quad p_{24}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{((0,4142)^{1,00} \cdot (0,313)^{1,00})}{0,512}$$

$$= 0,256$$

$$\text{Vertex } V_5 \quad p_{25}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,145)^{1,00}}{0,512}$$

$$= 0,117$$

$$\text{Vertex } V_6 \quad p_{26}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,118)^{1,00}}{0,512}$$

$$= 0,096$$

$$\text{Vertex } V_7 \quad p_{27}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,129)^{1,00}}{0,512}$$

$$= 0,105$$

**Tabel 6:** Probabilitas Semut Ke-1 Antara *Vertex*  $V_2$  Ke *Vertex* Lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
Probabilitas $V_2$	0	0	0,426	0,256	0,117	0,096	0,105
Probabilitas komutatif	0	0	0,426	0,682	0,799	0,895	1

kemudian digunakan aturan transisi oleh AS (*Ant System*) di namai *Random-Proportional Rule* yang di tunjukan pada persamaan 2.3. Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar maka terpilih 0,426 sehingga *vertex* yang terpilih

yaitu

$V_5$  sehingga *Tabu list* menjadi  $V_2 \rightarrow V_3$ .

**Tabu list** =  $V_5$

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-t a b u_k\}$$

$p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya.

$$\begin{aligned} \sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta &= (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot \\ &\quad (0)^1 + 0,4142^1 (0,313)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,145)^1 + \\ &\quad (0,4142)^1 \cdot (0,118)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,129)^1 \\ &= 0,294 \end{aligned}$$

$$\text{Vertex } V_1 \quad p_{11}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_2 \quad p_{12}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_3 \quad p_{13}^1 = 0,00$$

$$\begin{aligned} \text{Vertex } V_4 \quad p_{14}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,313)^{1,00}}{0,294} \\ &= 0,446 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vertex } V_5 \quad p_{15}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,145)^{1,00}}{0,294} \\ &= 0,204 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vertex } V_6 \quad p_{16}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,118)^{1,00}}{0,294} \\ &= 0,166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vertex } V_7 \quad p_{17}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\
 &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,129)^{1,00}}{0,294} \\
 &= 0,184
 \end{aligned}$$

**Tabel 7:** Probabilitas Semut Ke-1 Antara *Vertex*  $V_3$  Ke *Vertex* Lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
Probabilitas $V_5$	0	0	0	0,446	0,204	0,166	0,184
Probabilitas komutatif	0	0	0	0,446	0,65	0,816	1

kemudian digunakan aturan transisi oleh AS (*Ant System*) di namai *Random-Proportional Rule* yang di tunjukan pada persamaan 2.3. Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar maka terpilih 0,446 sehingga *vertex* yang terpilih yaitu

$V_4$  sehingga *Tabu list* menjadi  $V_5 \rightarrow V_4$ .

**Tabu list** =  $V_4$

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-t a b u_k\}$$

$p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya.

$$\begin{aligned}
 \sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta &= (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot \\
 &\quad (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,145)^1 \\
 &\quad + (0,4142)^1 \cdot (0,118)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,129)^1 \\
 &= 0,163
 \end{aligned}$$

$$\text{Vertex } V_1 \quad p_{11}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_2 \quad p_{12}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_3 \quad p_{13}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_4 \quad p_{14}^1 = 0,00$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vertex } V_5 \quad p_{15}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\
 &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,145)^{1,00}}{0,163} \\
 &= 0,368
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vertex } V_6 \quad p_{16}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\
 &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,118)^{1,00}}{0,163} \\
 &= 0,301
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vertex } V_7 \quad p_{17}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\
 &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,129)^{1,00}}{0,163} \\
 &= 0,331
 \end{aligned}$$

**Tabel 8:** Probabilitas Semut Ke-1 Antara *Vertex*  $V_4$  Ke *Vertex* Lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
Probabilitas $V_7$	0	0	0	0	0,368	0,301	0,331
Probabilitas komutatif	0	0	0	0	0,368	0,301	1

kemudian digunakan aturan transisi oleh AS (*Ant System*) di namai *Random-Proportional Rule* yang di tunjukan pada persamaan 2.3. Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar maka terpilih 0,368 sehingga *vertex* yang terpilih yaitu

$V_6$  sehingga *Tabu list* menjadi  $V_4 \rightarrow V_5$ .

**Tabu list** =  $V_5$

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-t a b u_k\}$$

$p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya.

$$\begin{aligned} \sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta &= (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 \\ &\quad + (0,4142)^1 \cdot (0,118)^1 \\ &\quad + (0,4142)^1 \cdot (0,129)^1 \\ &= 0,103 \end{aligned}$$

$$\text{Vertex } V_1 \quad p_{11}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_2 \quad p_{12}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_3 \quad p_{13}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_4 \quad p_{14}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_5 \quad p_{15}^1 = 0,00$$

$$\begin{aligned} \text{Vertex } V_6 \quad p_{16}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,118)^{1,00}}{0,103} \\ &= 0,476 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vertex } V_7 \quad p_{17}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,129)^{1,00}}{0,103} \\ &= 0,524 \end{aligned}$$

**Tabel 9:** Probabilitas Semut Ke-1 Antara *Vertex*  $V_5$  Ke *Vertex* Lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
Probabilitas $V_6$	0	0	0	0	0	0,476	0,524
Probabilitas komutatif	0	0	0	0	0	0,476	1

kemudian digunakan aturan transisi oleh AS (*Ant System*) di namai *Random-Proportional Rule* yang di tunjukkan pada persamaan 2.3. Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar maka terpilih 0,524 sehingga *verte*  $V_3$  sehingga *Tabu list* menjadi  $V_6 \rightarrow V_7$  .

**Tabu list** =  $V_7$

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-t a b u_k\}$$

$p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya.

$$\begin{aligned} \sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta &= (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot \\ &(0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 + (0,4142)^1 \cdot \\ &(0)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0,118)^1 + (0,4142)^1 \cdot (0)^1 \\ &= 0,049 \end{aligned}$$

$$\text{Vertex } V_1 \quad p_{11}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_2 \quad p_{12}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_3 \quad p_{13}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_4 \quad p_{14}^1 = 0,00$$

$$\text{Vertex } V_5 \quad p_{15}^1 = 0,00$$

$$\begin{aligned} \text{Vertex } V_6 \quad p_{16}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b u_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{(0,4142)^{1,00} \cdot (0,118)^{1,00}}{0,049} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\text{Vertex } V_7 \quad p_{17}^1 = 0,00$$

**Tabel 10:** Probabilitas Semut Ke-1 Antara *Vertex*  $V_7$  Ke *Vertex* Lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
Probabilitas $V_7$	0	0	0	0	0	1	0
Probabilitas komutatif	0	0	0	0	0	1	1

Untuk siklus pertama (NC=1) diperoleh rute yang ditempuh oleh semut  $k1$  dengan panjang rute sebesar 24,1 km dengan rute  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$ . Karena seluruh *vertex* tujuan sudah dikunjungi untuk pembangunan solusi siklus pertama (NC=1) dan berdasarkan pengertian, *driver* J&T dalam mengirimkan barang dari Gateway J&T Kota Jambi ke *drop point*

*vertex* tujuan bahwa dimulai dari *vertex* awal dan berakhir di *vertex* awal pula maka dapat diperoleh daftar perjalanan semut untuk siklus pertama sebagai berikut:

**Tabel 54:** Rute Perjalanan Semut Dan Penambahan Jumlah *Pheromon*-Nya

Semut	Tabu List	Panjang (km)	$\Delta_{i,k}$
$k_1$	$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$	24,1	0,0415

Untuk siklus pertama (NC=1) diperoleh rute terbaik yaitu rute yang ditempuh oleh semut  $k_1$  dengan panjang rute sebesar 24,1 km dengan rute  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$ . setelah informasi mengenai rute terbaik diperoleh. Pembaharuan *pheromon* akan dilakukan dengan jumlah *pheromon* yang baru ditambahkan sebesar  $\Delta_{i,k} = 0,0485$  dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$\tau_{i,j}(\text{baru}) = (1 - \rho)\tau_{i,j} + \Delta\tau_{i,jk}$$

$$\tau_{1,2} = \tau_{2,1} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

$$\tau_{2,3} = \tau_{3,2} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

$$\tau_{3,4} = \tau_{4,3} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

$$\tau_{4,6} = \tau_{6,4} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

$$\tau_{6,7} = \tau_{7,6} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

$$\tau_{7,5} = \tau_{5,7} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

$$\tau_{5,1} = \tau_{1,5} = (1 - 0,1)(0,4142) + 0,0415 = 0,4143$$

Sehingga diperoleh jejak *pheromon* yang baru antara *vertex* yang diperoleh pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 55:** *Pheromon* Antara *vertex*  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$

<i>Pheromon</i>	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$
$V_1$	0	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143
$V_2$	0,4143	0	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143
$V_3$	0,4143	0,4143	0	0,4213	0,4213	0,4143	0,4143

$V_4$	0,4143	0,4143	0,4143	0	0,4213	0,4213	0,4143
$V_5$	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0	0,4213	0,4143
$V_6$	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0	0,4143
$V_7$	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0,4143	0

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 55 terlihat bahwa nilai *pheromon* antara *vertex*  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$  sebesar 0,4143. Karena siklus pertama telah selesai dilakukan dan didapatkan pembaharuan *pheromon*, langkah selanjutnya yaitu mencari rute yang lebih baik lagi pada siklus kedua. Jika terdapat rute yang lebih baik dibanding siklus pertama dalam hal ini memiliki panjang rute yang lebih kecil maka *pheromon* akan diperbaharui kembali, namun ketika siklus kedua tidak lebih baik dari pada siklus pertama maka yang diambil adalah rute yang ada pada siklus pertama. Begitupun untuk siklus ketiga, keempat dan seterusnya sampai mencapai NC max atau batas iterasi yang ditentukan. Pada pencarian dengan cara manual hanya terbatas untuk siklus pertama atau iterasi pertama (NC=1) sehingga diperoleh rute terbaik sementara yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$ . Dari jalur rute ini dapat dimodifikasi lagi kebentuk yang lain yaitu rute  $V_1 \rightarrow V_6 \rightarrow V_7 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_1$ . dengan jarak sebesar 24,1 km.

#### 4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil di atas maka diperoleh hasil perhitungan manual Algoritma semut untuk menyelesaikan rute terpendek yang harus dilalui oleh *driver* dari berbagai kombinasi *vertex* yang mungkin dilalui untuk mengantarkan paket pengiriman kesemua kantor J&T kota Jambi dimulai dari *vertex* awal yaitu Gateway J&T dan berakhir di Gateway J&T pula. Pengambilan sampel yaitu memilih 7 *vertex - vertex* lokasi yang diperoleh dari *Google maps*. Pemilihan *vertex - vertex* lokasi dipilih langsung oleh peneliti sebanyak 7 dengan mempertimbangkan alamatnya yang berupa kantor/instansi J&T sehingga dapat dengan mudah dikenali oleh aplikasi *Google Map*. Langkah pertama yaitu menggambarkan *vertex - vertex* sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh gambar graf lengkap dengan 7 *vertex*. selanjutnya yaitu mendapatkan jarak antara *vertex* lokasi dengan menggunakan bantuan google map sehingga diperoleh tabel.1 yaitu jarak tempuh masing-masing *vertex*. Nilai yang didapatkan dari table 3 Maka graf yang ada pada gambar graf lengkap dengan 7 *vertex* dapat diberi bobot sesuai jarak tempuh yang diberikan pada tabel 3 sehingga didapatkan gambar 13 yaitu graf lengkap 7 *vertex* beserta bobotnya.

Langkah selanjutnya yaitu menyelesaikan dengan menggunakan algoritma semut untuk mendapatkan jalur terpendek (optimal). Langkah pertama yang dilakukan yaitu inisialisasi harga parameter-parameter algoritma, parameter-parameter yang digunakan yaitu:  $\alpha=1,00$  dan  $\beta=1,00$ ; Pemilihan nilai  $\alpha$ , dan  $\beta$ , yaitu  $\alpha, \beta \geq 0$  sehingga nilai yang diambil yaitu 1 untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan probabilitas. Pemilihan nilai  $\rho$  yaitu  $0 < \rho < 1$  sehingga yang dipilih  $\rho = 0,10$  yaitu nilai yang paling sering digunakan dalam algoritma semut. Banyak semut ( $k$ ) = 7 dan nilai awal *pheromon*  $\tau_0 = \frac{k}{c_{greedy}}$ . Algoritma greedy biasanya digunakan juga untuk menyelesaikan permasalahan dalam penentuan rute optimal pada pengiriman dengan cara singkat sehingga dijadikan patokan awal dalam penentuan *pheromon* awal  $\tau_0 = 0,4142$ . Sehingga diperoleh penambahan *pheromon* sebesar  $\tau_{ij} = \tau_0 = 0,04143$ . Langkah kedua mencari nilai visibilitas antara *vertex* dan membangun solusi yaitu menyusun rute perjalanan semut kesetiap *vertex* lokasi. Setiap semut memulai perjalanan secara acak dari *vertex* awal masing-masing. Semut ke-1 berawal dari *vertex*  $V_1$ , semut kedua berawal dari *vertex*  $V_2$ , dan seterusnya.

Pada siklus pertama atau iterasi pertama ( $NC=1$ ) semut melakukan perjalanan pertama untuk mendapatkan *vertex* tujuan yang pertama dengan cara terlebih dahulu melakukan perhitungan probabilitas dengan  $p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-t a b_{ku}\}} [f_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$  untuk  $j \in \{N-t a b_{ku}\}$  atau  $p_{ij}^k = 0$ , untuk  $j$  lainnya. Sehingga diperoleh probabilitas semut untuk mengunjungi suatu *vertex* dari *vertex* lainnya. seperti pada tabel 47. diperoleh nilai probabilitas semut ke-1, tabel 48 merupakan nilai probabilitas semut ke-2, dan seterusnya lalu kemudian digunakan aturan transisi oleh AS (*Ant System*) di namai *Random-Proportional Rule* yang di tunjukkan pada persamaan 2.3. Untuk memilih rute selanjutnya dilihat dari jarak terpendek dan pheromone yang besar atau nilai probabilitas yang paling besar.

Langkah selanjutnya mendaftarkan rute masing-masing semut dan mendapatkan panjang masing-masing rute dan dipilih rute terbaik yaitu semut  $k_1$  dengan panjang 24,1 km dengan jumlah *pheromon* ditambahkan sebesar  $\Delta_{i,k} = 0,0415$ . Selanjutnya lakukan *update pheromon* dengan menggunakan formula  $\tau_{i,j}(\text{baru}) = (1 - \rho)\tau_{i,j} + \Delta\tau_{i,j,k}$  dimana *update pheromon* untuk rute yang terpilih sehingga didapatkan tabel 19. Yaitu *pheromon* antara *vertex* yang telah diupdate. Dari tabel 18 dapat diketahui bahwa semut yang ada di *vertex*  $V_1$  cenderung lebih memilih *vertex*  $V_2$  atau  $V_5$  dibandingkan *vertex* - *vertex* yang

lainnya karena memiliki *pheromon* yang lebih besar dibanding yang lainnya begitupun untuk semut yang ada di *vertex*  $V_2$  cenderung lebih memilih *vertex*  $V_4$  atau  $V_5$  dibandingkan *vertex* - *vertex* yang lainnya karena memiliki *pheromon* yang juga lebih besar dibanding yang lainnya dan seterusnya.

Karena tabu list sudah terisi semua dan jumlah siklus maksimum sudah tercapai dan sudah terjadi konvergensi.

Pada pencarian dengan cara manual hanya terbatas untuk siklus pertama atau iterasi pertama (NC=1) sehingga diperoleh rute terbaik sementara yaitu Gateway J&T ( $V_1$ ) menuju J&T Express Paal Merah ( $V_2$ ) kemudian J&T Express Cabang Jambi ( $V_3$ ) menuju J&T Express Talang Bakung ( $V_4$ ) kemudian J&T Express Selincah ( $V_5$ ) menuju J&T Express Simpang Jawo ( $V_7$ ) menuju J&T Express Koni IV ( $V_6$ ) lalu kembali lagi ke Gateway J&T ( $V_1$ ) Dari jalur rute ini dapat dimodifikasi lagi kebentuk yang lain yaitu rute Gateway J&T ( $V_1$ ) menuju J&T Express Koni IV ( $V_6$ ) kemudian J&T Express Simpang Jawo ( $V_7$ ) menuju J&T Express Selincah ( $V_5$ ) kemudian J&T Express Talang Bakung ( $V_4$ ) menuju J&T Express Cabang Jambi ( $V_3$ ) menuju J&T Express Paal Merah ( $V_2$ ) dan kembali lagi ke Gateway J&T ( $V_1$ ) dengan jarak sebesar 24,1 km.

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disusun kesimpulan sebagai berikut:

Kasus penentuan rute optimal pada pengiriman barang di kantor J&T Kota Jambi khususnya pengimplementasian algoritma semut pada optimasi rute terpendek pengiriman barang di J&T kota Jambi untuk 7 *vertex* lokasi dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma semut dimana algoritmanya mengadopsi cara kerja dari semut untuk mendapatkan rute terpendek.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode algoritma semut sehingga diperoleh rute terbaik sementara siklus Gateway J&T (V<sub>1</sub>) menuju J&T Express Paal Merah (V<sub>2</sub>) kemudian J&T Express Cabang Jambi (V<sub>3</sub>) menuju J&T Express Talang Bakung (V<sub>4</sub>) kemudian J&T Express Selincah (V<sub>5</sub>) menuju J&T Express Simpang Jawo (V<sub>7</sub>) menuju J&T Express Koni IV (V<sub>6</sub>) lalu kembali lagi ke Gateway J&T (V<sub>1</sub>) Dari jalur rute ini dapat dimodifikasi lagi kebentuk yang lain yaitu rute Gateway J&T (V<sub>1</sub>) menuju J&T Express Koni IV (V<sub>6</sub>) kemudian J&T Express Simpang Jawo (V<sub>7</sub>) menuju J&T Express Selincah (V<sub>5</sub>) kemudian J&T Express Talang Bakung (V<sub>4</sub>) menuju J&T Express Cabang Jambi (V<sub>3</sub>) menuju J&T Express Paal Merah (V<sub>2</sub>) dan kembali lagi ke Gateway J&T (V<sub>1</sub>) dengan jarak sebesar 24,1 km

### 5.2. Saran

Adapun rekomendasi untuk penelitian kedepan yaitu:

1. Menggunakan Algoritma lain untuk menyelesaikan penentuan rute optimal pada pengiriman barang di kantor J&T Kota Jambi
2. Menggunakan Studi kasus yang lain misalkan di bidang industri, pangan dan lain-lain
3. Menggunakan bahasa pemrograman seperti Matlab dan Visual basic.

## Daftar Pustaka

- Amri, Z. & Halomoan, T. 2017. *Pelabelan Graceful, Skolem Graceful Dan Pelabelan Rho Topi Pada Graf 8 Bintang*. UM Sumatera Utara. Penelitian Dosen Pemula
- Aziz, T.A. 2021. *Eksplorasi Justifikasi dan Rasionalisasi Mahasiswa dalam Konsep Teori Graf*. UNJ. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*.
- Dahni, Y. S., dan Rahmiyati. 2017. *Sistem Informasi Penentuan Jalur Terpendek Bagi Pengantar Surat Manggunkan Algoritma Semut*. *Jurnal INOVTEK POLBENG*: Pekan Baru.
- Dorigo, Marco & Thomas. 2004. *Ant Colony Optimization*. The MIT Press, London: England
- Fabrian. 2012. Penerapan Algoritma Semut untuk Pencarian Jalur Terpendek. Program Studi Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung
- Fariza, A., Basofi, A., & Hidayat, M. 2020. Pencarian Jalur Berdasarkan Kepadatan Lalu Lintas Menggunakan Algoritma Koloni Semut. *Journal of Applied Computer Science and Technology (JACOST)*, 50-55.
- Iing Mutakhirroh, dkk. 2007. pemanfaatan metode heuristik dalam pencarian jalur terpendek. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) Yogyakarta.
- Leksono, A. 2009. *Algoritma Ant Colony Optimization (Aco) Untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP)*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Maryam, M. 2020. *Penentuan Nilai Total Ketidakteraturan Titik Graf Kincir*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Munir, R. 2016. *Matematika Diskrit Edisi Keenam*. Bandung: Informatika Bandung.
- Mutakhirroh, L., Saftono, F., Hasanah, N., dan Wiryadinata, R. 2007. *Pemanfaatan Metode Heuristik dalam Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetika*. Yogyakarta: SNATI
- Octaviandy, P., Robet, & Hartono. 2022. Simulasi Pencarian Rute Terpendek Pada Penentuan Jalur Stasiun LRT dengan Algoritma Koloni Semut. *JURNAL ILMIAH CORE IT*, 59-63.
- Prasetyo, V. Z. 2013. *Penerapan Algoritma Dijkstra Untuk Perutean Adaptif Pada Jaringan Pendistribusian Air PDAM di Kabupaten Demak*. Universitas Negeri Semarang.
- Rahayuningsih, S. 2018. *Teori Graph dan Penerapannya*. Malang: Universitas Wisnuwardhana Press Malang (Unidha Press).
- Rosen, K. H., & Krithivasan, K. 2012. *Discrete mathematics and its applications: with combinatorics and graph theory (7th ed.)*. NewYork: Tata McGraw-Hill Educatio
- J&T Express jet.  
<https://www.google.com/search?q=situs+resmi+j%26t+express&oq=situs>

+resmi+j%26t+&aqs=chrome.1.69i57j0i22i3012j0i390i512i65012.14870j0j  
9&sourceid=chrome&ie=UTF-8

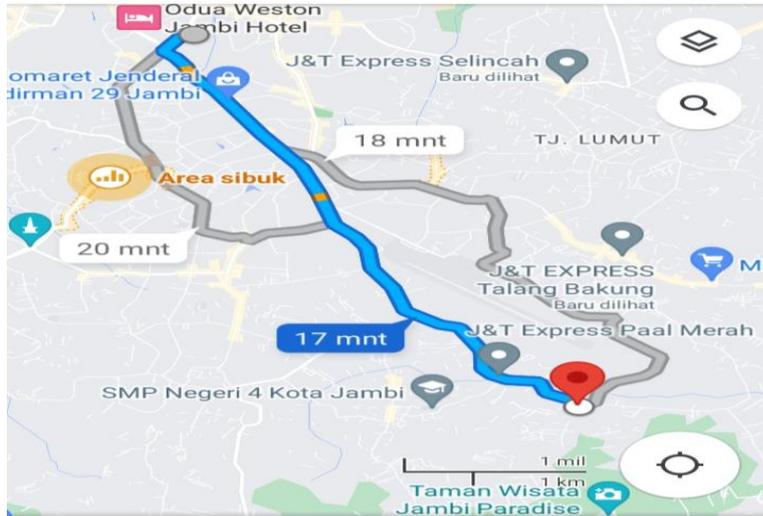
Sunardi., Y. Anton., dan K.Ahmad. 2019. *Implementasi Algoritma Dijkstra dan Algoritma Semut untuk Analisis Rute Transjogja Berbasis Andoid*

Willian. 2019. *Penjadwalan Produksi dengan Algoritma Semut. TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)*

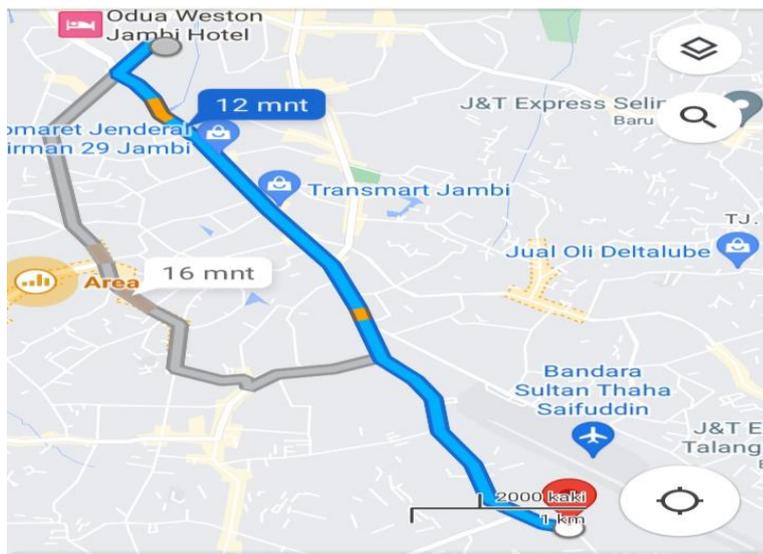
## LAMPIRAN

### JARAK ANTAR VERTEX LOKASI

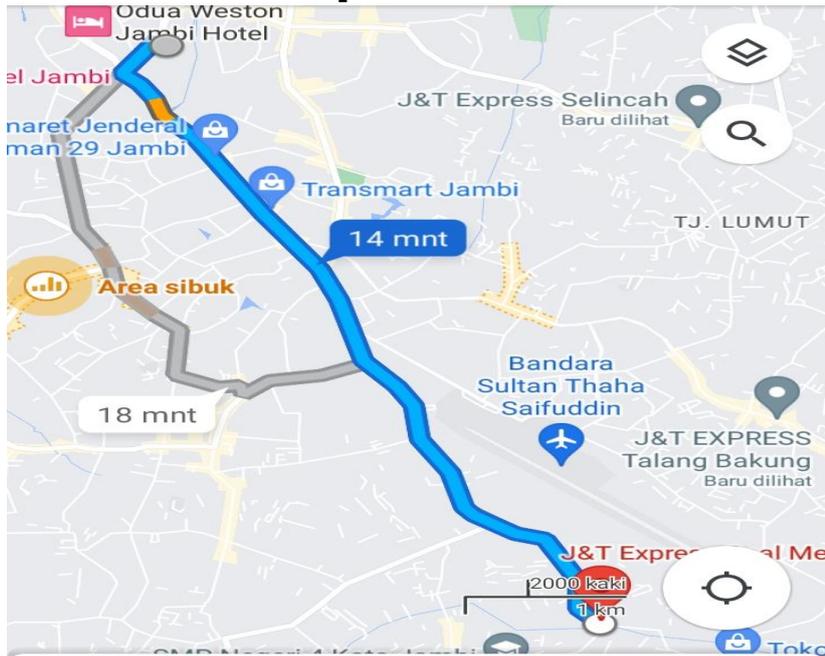
#### 1. Gateway J&T dan J&T Koni



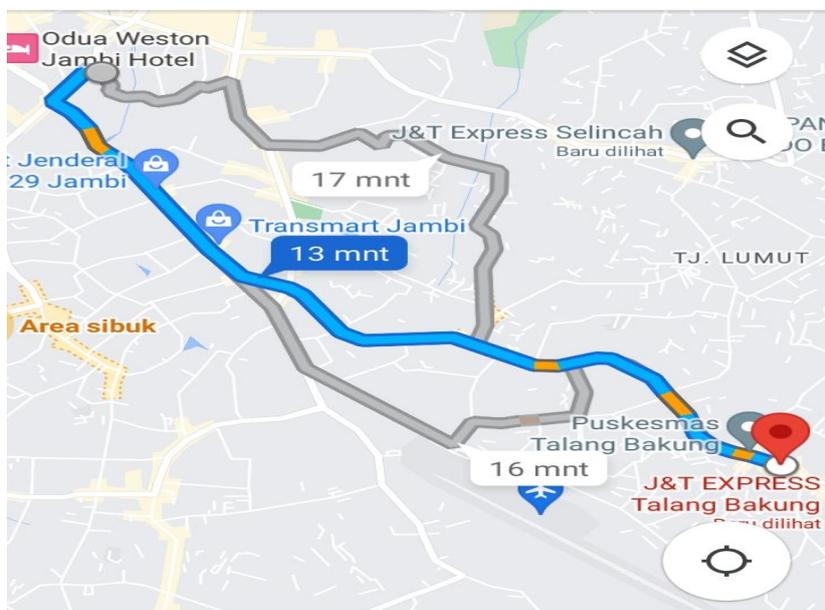
#### 2. J&T Koni 4 dan J&T Express Cabang Jambi



### 3. J&T Koni 4 dan J&T Express Paal Merah



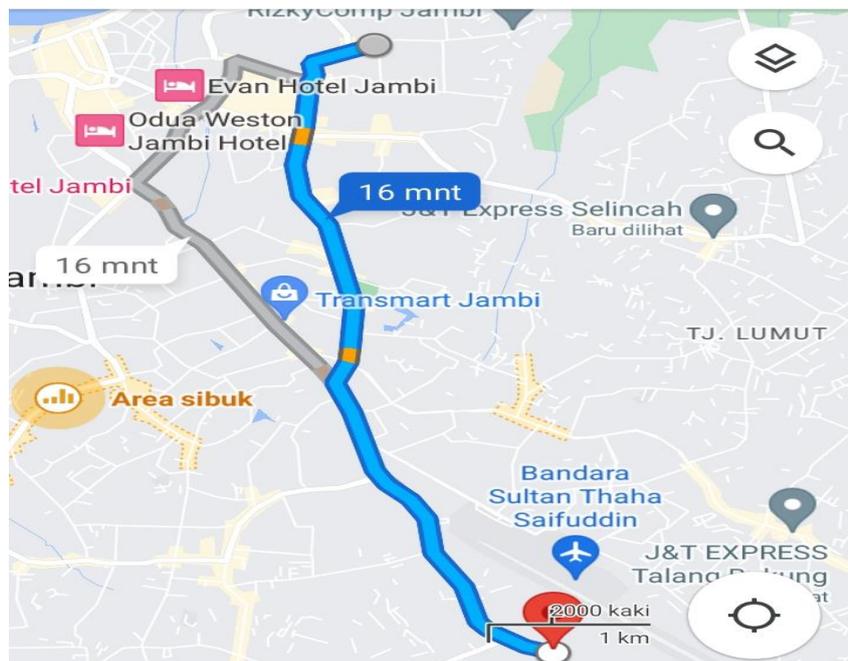
### 4. J&T Koni 4 dan J&T Express Talang Bakung



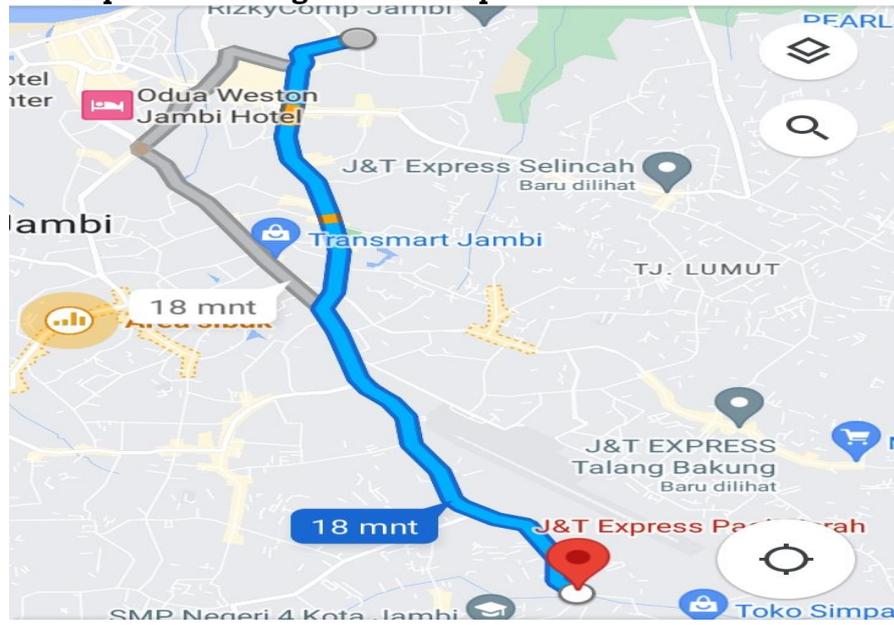
**5. J&T Express Jelutung dan J&T Express Talang Bakung**



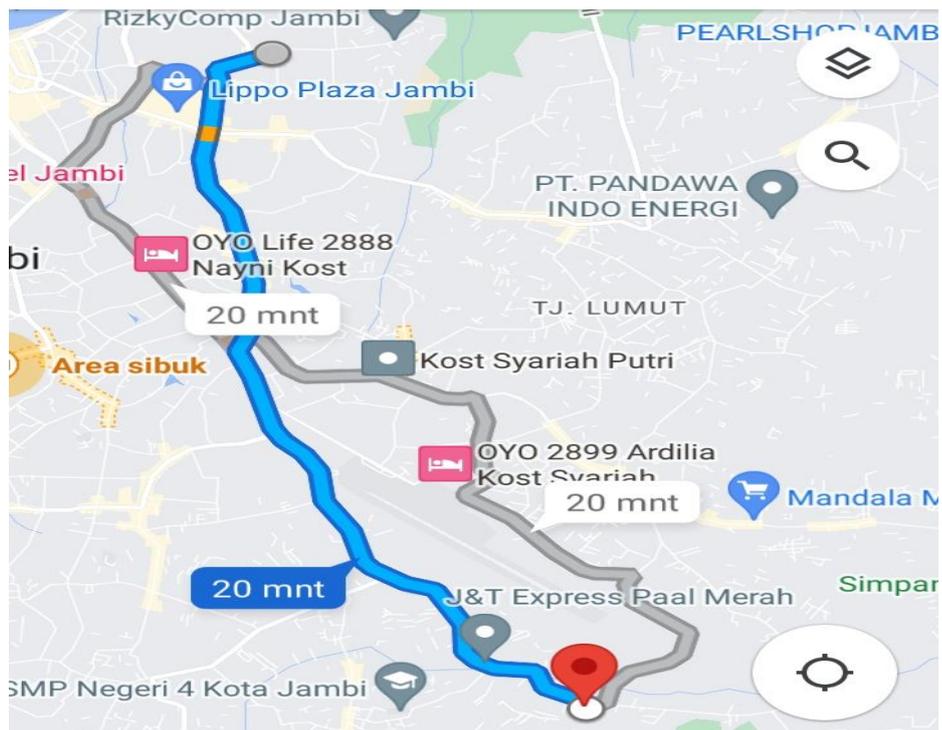
**6. J&T Express Jelutung dan J&T Express Cabang Jambi**



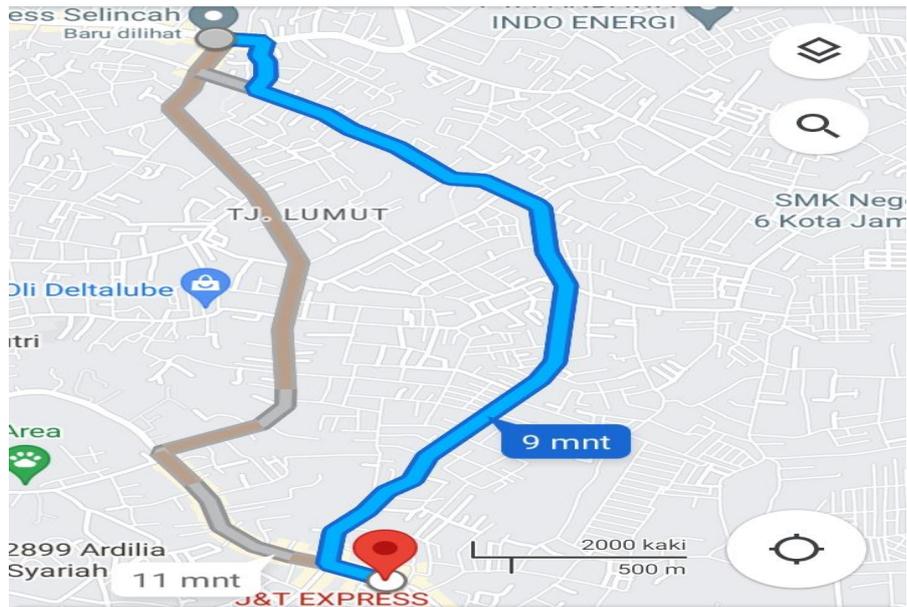
### 7. J&T Express Jelutung dan J&T Express Paal Merah



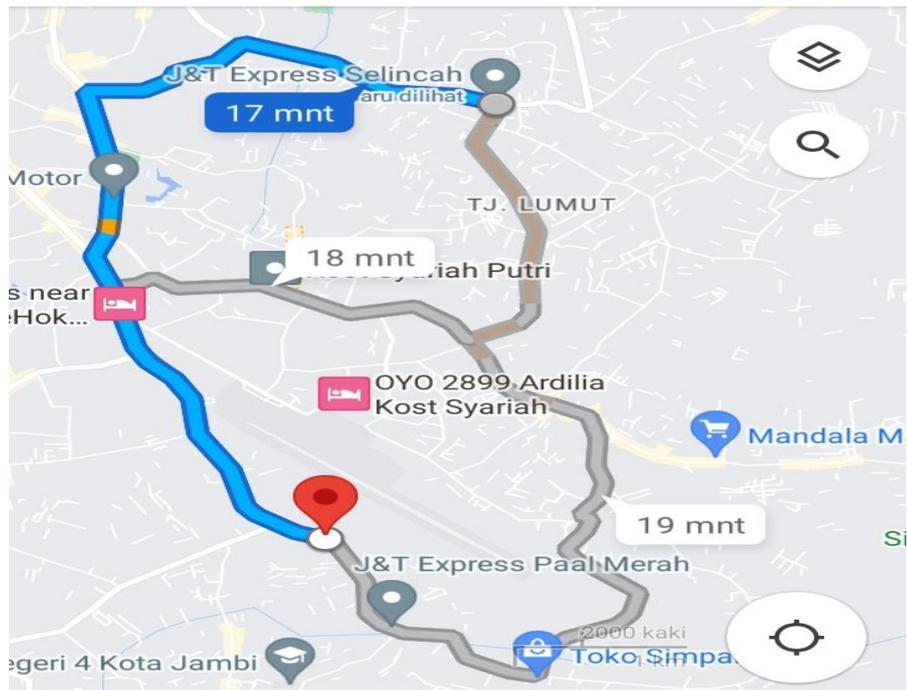
### 8. J&T Express Jelutung dan Gateway J&T



**9. J&T Express Selincah dan J&T Express Talang Bakung**



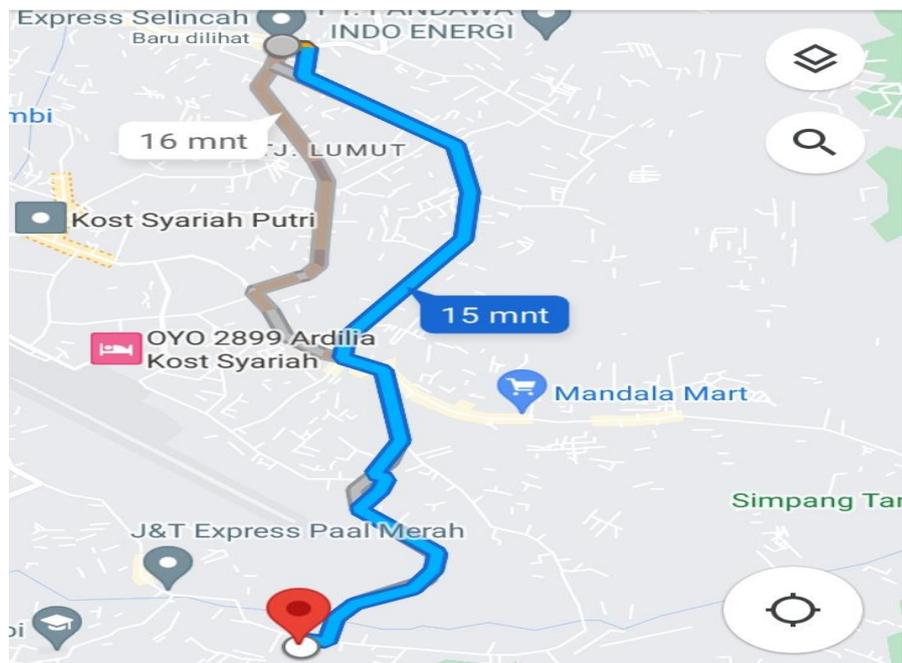
**10. J&T Express Selincah dan J&T Express Cabang Jambi**

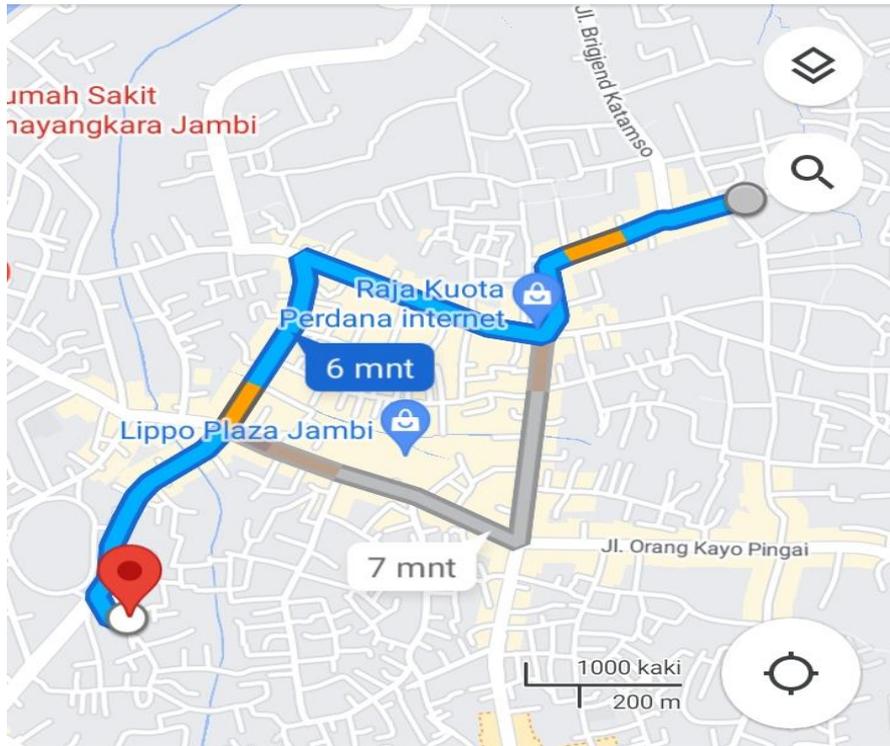
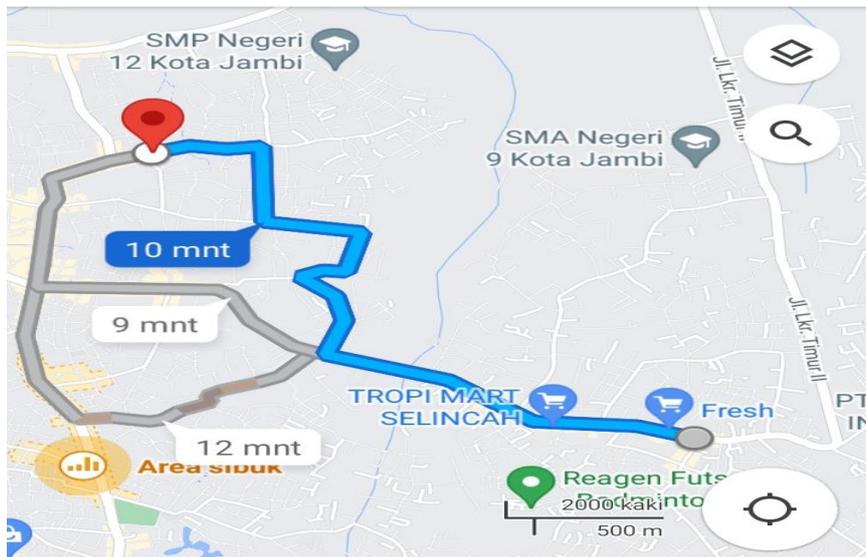


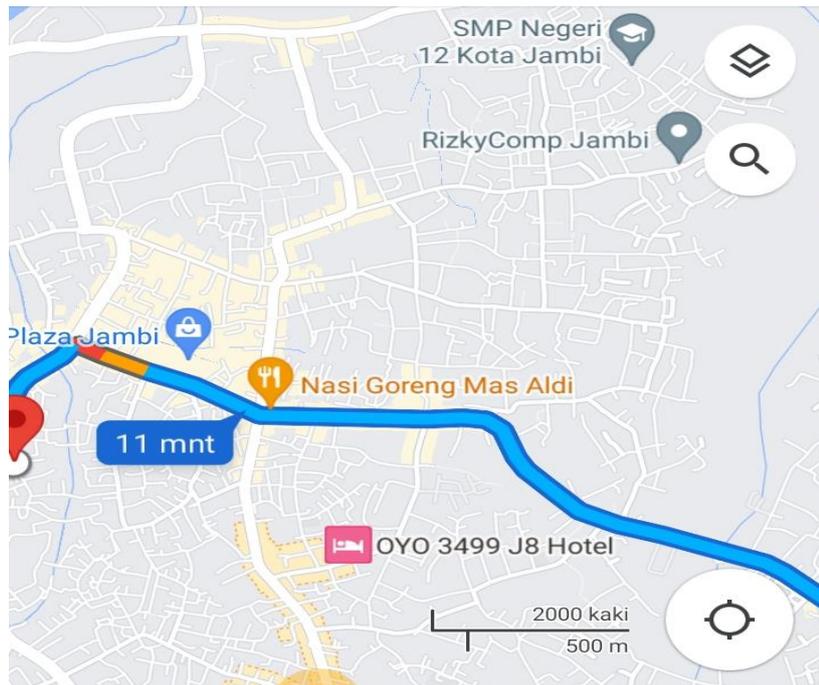
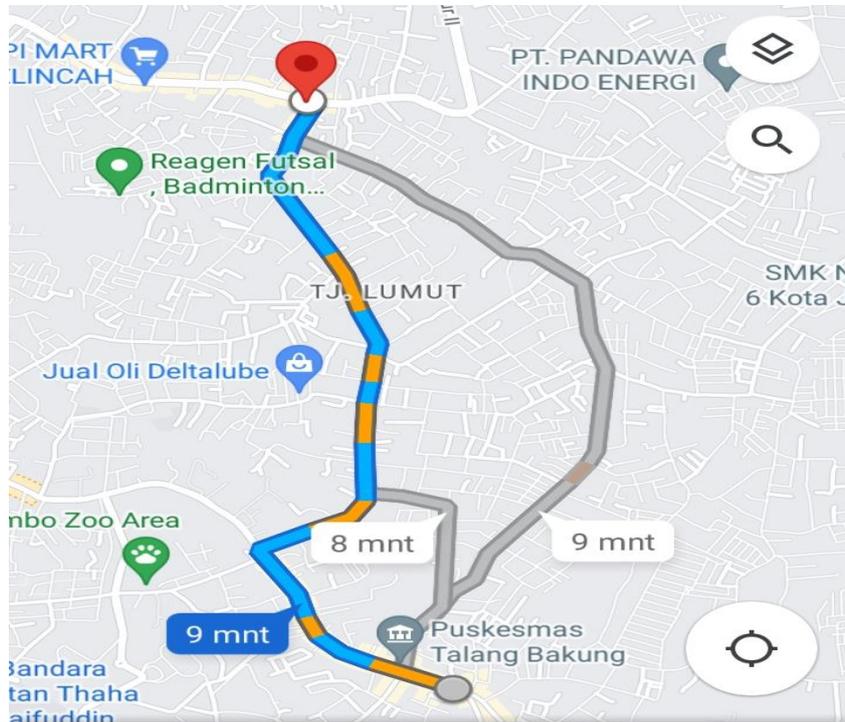
### 11. J&T Express Selincah dan J&T Express Paal Merah



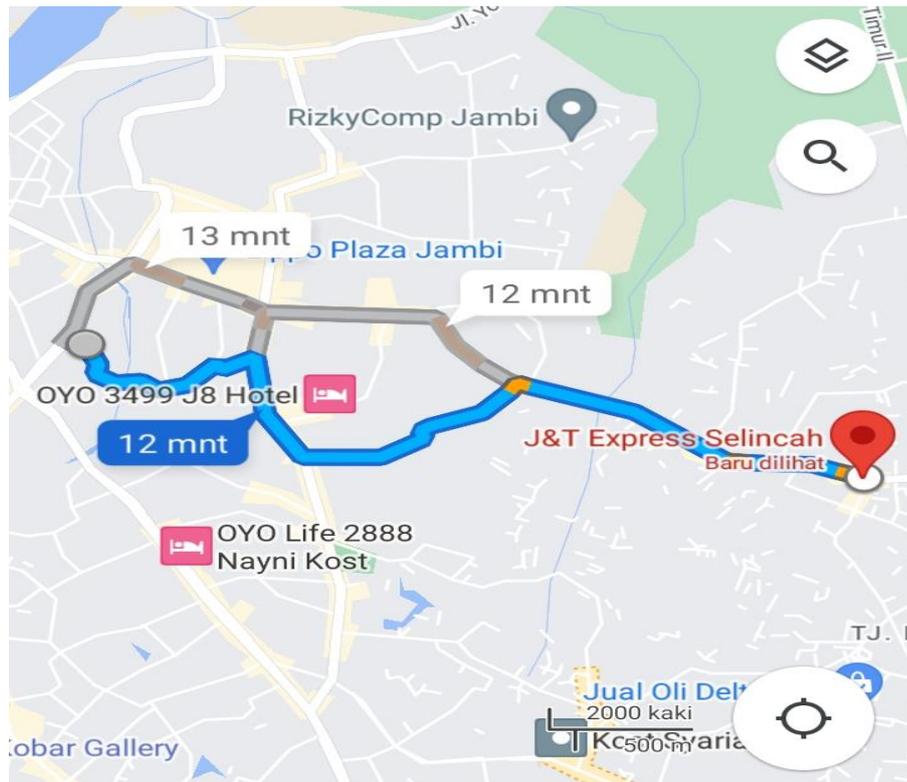
### 12. J&T Express Selincah dan Gateway J&T



**13. J&T Express Jelutung dan J&T Koni 4****14. J&T Express Jelutung dan J&T Express Selincah**

**15. J&T Express Koni 4 dan J&T Express Selincah****16. J&T Express Talang Bakung dan J&T Express Selincah**

### 17. J&T Express Koni 4 dan J&T Express Selincah



#### NILAI VISIBILITAS ANTARA VERTEX

##### 1. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Satu Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* satu dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{1.2} = \frac{1}{d_{1.2}} = \frac{1}{1,0} = 1$$

$$\eta_{1.3} = \frac{1}{d_{1.3}} = \frac{1}{1,9} = 0,526$$

$$\eta_{1.4} = \frac{1}{d_{1.4}} = \frac{1}{3,2} = 0,313$$

$$\eta_{1.5} = \frac{1}{d_{1.5}} = \frac{1}{6,9} = 0,145$$

$$\eta_{1.6} = \frac{1}{d_{1.6}} = \frac{1}{7,7} = 0,129$$

$$\eta_{1.7} = \frac{1}{d_{1.7}} = \frac{1}{8,5} = 0,118$$

## 2. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Dua Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* tiga dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{2.1} = \frac{1}{d_{2.1}} = \frac{1}{1,0} = 1$$

$$\eta_{2.3} = \frac{1}{d_{2.3}} = \frac{1}{1,0} = 1$$

$$\eta_{2.4} = \frac{1}{d_{2.4}} = \frac{1}{4,0} = 0,25$$

$$\eta_{2.5} = \frac{1}{d_{2.5}} = \frac{1}{7,5} = 0,133$$

$$\eta_{2.6} = \frac{1}{d_{2.6}} = \frac{1}{6,7} = 0,149$$

$$\eta_{2.7} = \frac{1}{d_{2.7}} = \frac{1}{7,5} = 0,133$$

## 3. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Tiga Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* tiga dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{3.1} = \frac{1}{d_{3.1}} = \frac{1}{1,9} = 0,526$$

$$\eta_{3.2} = \frac{1}{d_{3.2}} = \frac{1}{1,0} = 1$$

$$\eta_{3.4} = \frac{1}{d_{3.4}} = \frac{1}{4,8} = 0,208$$

$$\eta_{3.5} = \frac{1}{d_{3.5}} = \frac{1}{7,3} = 0,137$$

$$\eta_{3.6} = \frac{1}{d_{3.6}} = \frac{1}{5,8} = 0,172$$

$$\eta_{3.7} = \frac{1}{d_{3.7}} = \frac{1}{6,5} = 0,154$$

#### 4. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Empat Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* empat dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{4.1} = \frac{1}{d_{4.1}} = \frac{1}{3,2} = 0,313$$

$$\eta_{4.2} = \frac{1}{d_{4.2}} = \frac{1}{4,0} = 0,25$$

$$\eta_{4.3} = \frac{1}{d_{4.3}} = \frac{1}{4,8} = 0,208$$

$$\eta_{4.5} = \frac{1}{d_{4.5}} = \frac{1}{3,5} = 0,286$$

$$\eta_{4.6} = \frac{1}{d_{4.6}} = \frac{1}{6,2} = 0,161$$

$$\eta_{4.7} = \frac{1}{d_{4.7}} = \frac{1}{6,9} = 0,145$$

#### 5. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Lima Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* lima dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{5.1} = \frac{1}{d_{5.1}} = \frac{1}{6,9} = 0,145$$

$$\eta_{5.2} = \frac{1}{d_{5.2}} = \frac{1}{7,5} = 0,133$$

$$\eta_{5.3} = \frac{1}{d_{5.3}} = \frac{1}{7,3} = 0,137$$

$$\eta_{5.4} = \frac{1}{d_{5.4}} = \frac{1}{3,5} = 0,286$$

$$\eta_{5.6} = \frac{1}{d_{5.6}} = \frac{1}{4,4} = 0,227$$

$$\eta_{5.7} = \frac{1}{d_{5.7}} = \frac{1}{3,9} = 0,256$$

## 6. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Enam Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* enam dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{6.1} = \frac{1}{d_{6.1}} = \frac{1}{7,7} = 0,129$$

$$\eta_{6.2} = \frac{1}{d_{6.2}} = \frac{1}{6,7} = 0,149$$

$$\eta_{6.3} = \frac{1}{d_{6.3}} = \frac{1}{5,8} = 0,172$$

$$\eta_{6.4} = \frac{1}{d_{6.4}} = \frac{1}{6,2} = 0,161$$

$$\eta_{6.5} = \frac{1}{d_{6.5}} = \frac{1}{4,4} = 0,227$$

$$\eta_{6.7} = \frac{1}{d_{6.7}} = \frac{1}{2,2} = 0,455$$

### 7. Nilai Visibilitas Antara *Vertex* Tujuh Dengan *Vertex* Lainnya

Mencari nilai visibilitas antara *vertex* tujuh dengan *vertex* lainnya dengan menggunakan formula  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$  dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara *vertex* yang telah diketahui. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{7.1} = \frac{1}{d_{7.1}} = \frac{1}{8,5} = 0,118$$

$$\eta_{7.2} = \frac{1}{d_{7.2}} = \frac{1}{7,5} = 0,133$$

$$\eta_{7.3} = \frac{1}{d_{7.3}} = \frac{1}{6,5} = 0,154$$

$$\eta_{7.4} = \frac{1}{d_{7.4}} = \frac{1}{6,9} = 0,145$$

$$\eta_{7.5} = \frac{1}{d_{7.5}} = \frac{1}{3,9} = 0,256$$

$$\eta_{7.6} = \frac{1}{d_{7.6}} = \frac{1}{2,2} = 0,455$$