

# Optimasi Vehicle Routing Problem Pada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode Ant Colony Optimization

**MAXSI ARY**

Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya  
Email: [maxsi@ars.ac.id](mailto:maxsi@ars.ac.id)

## **ABSTRAK**

Perusahaan jasa pengiriman barang atau dokumen dalam mendistribusikan paket tentunya menginginkan yang optimal, namun demikian belum memiliki metode tertentu untuk mengetahui rute pendistribusian terbaik (lintasan terbaik dan jarak pengiriman terdekat). Menjadi hal yang menarik untuk memberikan solusi alternatif dalam menentukan rute pendistribusian terbaik. Metode *ant colony optimization* (ACO) digunakan untuk mencari rute pendistribusian dan penentuan jarak lintasan terbaik pada perusahaan jasa pengiriman barang atau dokumen. Hasil penelitian didapatkan optimasi *vehicle routing problem* (VRP) pada jasa pengiriman dengan rute pendistribusian terbaik adalah A – C – E – B – D – F – A dengan jarak rute lintasan pengiriman terdekat 18,9 km.

**Kata kunci:** VRP, ACO, optimasi, lintasan terbaik

## **ABSTRACT**

*Goods or document delivery service companies in distributing packages certainly want the optimal one, however, they do not yet have a certain method to determine the best distribution route (best route and shortest delivery distance). It is interesting to provide alternative solutions in determining the best distribution routes. The ant colony optimization (ACO) method is used to find distribution routes and determine the best route distance for goods or document delivery service companies. The results obtained vehicle routing problem (VRP) optimization for shipping services with the best distribution route was A – C – E – B – D – F – A with the closest delivery route distance of 18.9 km.*

**Keywords:** VRP, ACO, optimization, best route

## 1. PENDAHULUAN

JNE atau PT Tiki Jalur Nugraha Ekakurir merupakan perusahaan logistik di Indonesia, berdiri pada tanggal 26 November 1990. JNE memulai kegiatan usaha yang terpusat pada penanganan kegiatan impor kiriman barang atau dokumen serta pengantarannya dari luar negeri ke Indonesia. Saat ini JNE Pusat Bandung bertempat di dua lokasi, yaitu kompleks ruko batu nunggal indah dan jalan raya kawalayaan ruko no.1-4. Jumlah agen JNE Bandung saat ini sudah memiliki 55 agen yang tersebar di kota Bandung. Salah satu produk dan layanan JNE adalah JNE ekspres, yaitu melayani kiriman paket dan dokumen dengan tujuan dalam negeri melalui lebih dari 1500 titik layanan dan penjemputan hingga pengantaran yang tersebar di seluruh Indonesia **(JNE, 2022)**.

Agan JNE bandung yang tersebar merupakan bagian dari JNE yang berada dalam divisi regional kota Bandung. Tentunya mengharapkan pelayanan yang optimal kepada pelanggan jasa pengiriman barang atau dokumen. Sehingga pengembangan layanan kepada yang lebih baik diperlukan. JNE pusat bandung yang bertindak sebagai kantor pusat kota Bandung memiliki 55 agen JNE lainnya sebagai *courier service* **(JNE, 2022)**. Untuk dapat melayani pelanggan pengiriman barang atau dokumen surat yang terdapat di sekitar kantor agen, maka dibutuhkan transportasi yang digunakan untuk mengirimkan kiriman dari satu agen ke agen JNE lainnya ataupun mengambil kiriman dari kantor pusat ke agen lainnya **(Zaroni, 2017)**, **(Kennedy, 2019)**. Tentunya kantor pusat dan agen mempunyai unit kendaraan sebagai alat angkutan yang menghubungkan masing-masing agen.

Penelitian ini membahas dan bertumpu pada persoalan optimasi *vehicle routing problem* (VRP) pada penentuan rute pengiriman barang atau dokumen. Pada sub 3 pembahasan diberikan contoh penentuan rute pengiriman pada 6 agen JNE yang berada pada lingkup area kota Bandung. Proses penentuan rute pengiriman dan penentuan jarak terdekat merupakan lingkup atau varian dari VRP **(Han, 2016)**, **(Yousefikhoshbakht & Khorram, 2012)**, **(Barman, 2014)**, **(Tsartsali, 2019)**. Sedangkan tujuan dari VRP adalah meminimalkan jarak tempuh, total waktu tempuh, jumlah kendaraan dan fungsi biaya transportasi **(Tavakkoli-Moghaddam, Alinaghian, Salamat-Bakhsh, & Norouzi, 2012)**. Penelitian sebelumnya tentang VRP pun telah banyak dilakukan dengan objek meminimalkan atau memaksimalkan dengan berbagai metode. Masing-masing objek sebagian besar memiliki konsep yang sama, yaitu terkait persoalan transportasi **(Toth & Vigo, 2002)**. Salah satu bagian dari persoalan transportasi tersebut adalah VRP **(Toth & Vigo, 2002)**, **(Belloso et al., 2019)**.

Untuk mencari rute pendistribusian terpendek pada perusahaan jasa pengiriman barang atau dokumen menjadi bahan penelitian yang menarik. Salah satu metode untuk menyelesaikan persoalan tersebut adalah *ant colony optimization* (ACO). ACO merupakan teknik probabilitas untuk menyelesaikan persoalan komputasi yang dapat direduksi untuk mencari lintasan terbaik **(Sankar & Krishnamoorthy, 2010)**, **(Kefayat, Ara, & Niaki, 2015)**, **(Situmorang & Guslan, 2018)**.

## 2. METODE

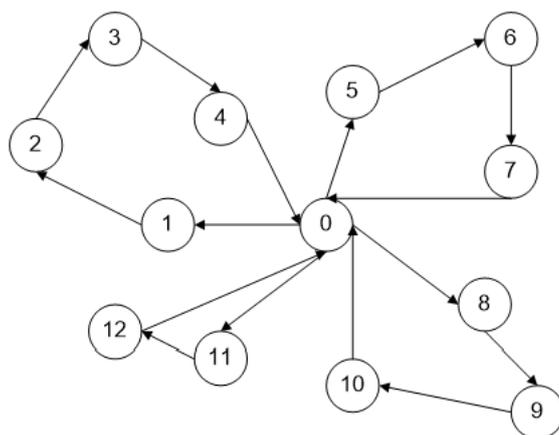
### 2.1 Vehicle Routing Problem (VRP)

VRP merupakan salah satu persoalan pada bidang terapan di dunia nyata **(Han, 2016)**. Persoalan yang dibahas mengenai keinginan pelanggan, dimana setiap pelanggan memiliki tingkat permintaan yang diketahui **(Tsartsali, 2019)**. Pelanggan menginginkan dikirimkan barang atau dokumen dari node 0 yang disebut depot menuju depot yang lain. Rute

pengiriman yang dimulai dan diakhiri di depot diperlukan untuk kendaraan agar semua permintaan pelanggan terpenuhi dan setiap pelanggan hanya dikunjungi oleh satu kendaraan (Yousefikhoshbakht & Khorram, 2012), (Nurhayati, 2013). Batasan lainnya adalah tentang kapasitas kendaraan yang dibatasi (Tavakkoli-Moghaddam, Alinaghian, Sehat-Bakhsh, & Norouzi, 2012). Jadi, VRP dapat dijelaskan secara matematis sebagai berikut.

Misalkan  $G(V,A)$  merupakan graf terhubung tak berarah dengan  $V = \{0,1, \dots, n\}$  himpunan titik dan  $A = \{(i,j): i,j \in V, i \neq j\}$  himpunan sisi. Solusi VRP untuk menentukan sekumpulan rute pengiriman yang memenuhi persyaratan titik distribusi dan memperoleh total biaya minimum untuk semua kendaraan (Tsartsali, 2019). Dalam praktiknya, meminimalkan total biaya sama dengan meminimalkan total jarak tempuh kendaraan. Contoh solusi tunggal yang terdiri dari sekumpulan rute yang dibangun untuk VRP klasik disajikan pada gambar 1, di mana  $m = 4$  dan  $n = 12$ . Jadi, solusi dari contoh ini adalah (Yousefikhoshbakht & Khorram, 2012):

0-1-2-3-4-0, 0-5-6-7-0, 0-8-9-10-0, dan 0-11-12-0



Gambar 1. Contoh Graf menyelesaikan VRP

## 2.2 Ant Colony Optimization (ACO)

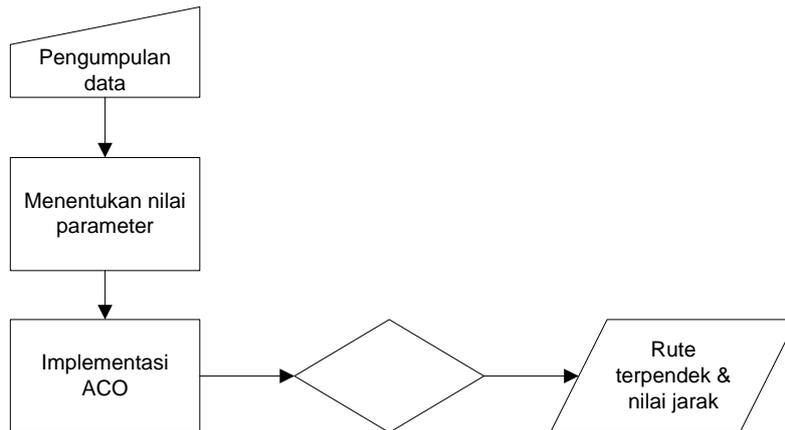
ACO merupakan metode yang diadopsi dari gaya meniru segerombolan semut yang mencari rute terpendek dengan tujuan mencari makanan. Awal penentuan rute tersebut dimulai dari sarangnya menuju tempat makanan berada (Mahi, Baykan, OK, & Kodaz, 2015), (Situmorang & Guslan, 2018). Algoritma ACO merupakan bagian dari algoritma koloni semut, dalam metode kecerdasan segerombolan, dan metode ini merupakan optimisasi metaheuristik (Sankar & Krishnamoorthy, 2010), (Kefayat, Ara, & Niaki, 2015), (Gai et al., 2018). Metode ACO dapat memberikan solusi pemecahan masalah berupa penentuan rute terpendek sehingga dapat mengurangi jarak yang berakibat pada pengurangan biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam kegiatan distribusi. Algoritma metaheuristik ACO diperkenalkan pada tahun 1997 oleh Dorigo dan Gambardella, yang sangat terinspirasi oleh *Ant System* (AS). Jadi, algoritme ACO mencapai peningkatan kinerja karena pengenalan mekanisme baru berdasarkan ide yang tidak termasuk dalam AS asli (Zhao, Cheng, & Hao, 2016).

### 2.3 Metode Penelitian

Pada gambar 2 terlihat metode penelitian yang digunakan melalui tiga tahapan, dimulai dari tahapan pengumpulan data, menentukan nilai parameter, dan implementasi metode ACO.

#### a. Pengumpulan data

Data yang digunakan berasal dari laman web daftar lengkap kantor JNE di Bandung per bulan Oktober 2022. Proses pengumpulan data terdiri dari data alamat kantor, data jarak, dan data kendaraan.



**Gambar 2. Metode Penelitian**

#### b. Nilai parameter

Parameter untuk implementasi ACO disajikan pada tabel 1 daftar nilai parameter.

**Tabel 1. Daftar Nilai Parameter**

<b>Paramater 1</b>	<b>Keterangan 2</b>	<b>Nilai Parameter 3</b>
$Q$	Tetapan siklus semut	
$m$	Banyaknya semut	
$\tau$	Inisiasi jejak semut antar titik	0,5
$\alpha$	Pengendali intensitas jejak semut	1
$\beta$	Tahapan pengendali	1
$\rho$	Tahapan penguapan jejak semut	
$NC_{max}$	Banyaknya siklus maksimal	

#### c. Implementasi ACO

Algoritma ACO diawali dengan mencari jarak antar simpul sesuai dengan data jarak antara kantor 1 dengan kantor lainnya. Selanjutnya dari data jarak tersebut ditentukan rute distribusi untuk pengiriman per hari per kendaraan. Penentuan rute distribusi dilakukan dengan informasi yang diperoleh dari pengemudi kendaraan yang mendistribusikan paket.

Menghitung visibilitas antar kantor untuk menentukan persamaan probabilitas simpul yang akan di lalui oleh pengemudi. Perhitungan probabilitas simpul dilakukan sebagai Berikut:

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

di mana  $d$  adalah jarak,  $i$  merupakan simpul awal, dan  $j$  simpul akhir.

Menghitung nilai intensitas jejak antar simpul digunakan untuk menentukan jejak selanjutnya, dikarenakan adanya perubahan dari intensitas jejak awal akibat dari penguapan dan perbedaan banyaknya semut yang melewati jalur tersebut. Nilai intensitas jejak dilakukan dengan cara Berikut:

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij}(\text{awal}) + \Delta\tau_{ij} \quad (2)$$

di mana  $\rho$  adalah tetapan penguapan dari jejak, inisiasi jejak antar simpul  $\tau_{ij}(\text{awal})$ , dan perubahan inisiasi jejak antar simpul  $\Delta\tau_{ij}$ . Jejak antar simpul menunjukkan pheromone yang ditinggalkan semut. Pada rute yang sering dilewati semut, akan mengakibatkan terjadinya penguapan dan kemungkinan terjadinya perubahan nilai intensitas jejak semut tersebut. Berikut adalah persamaan untuk menghitung perubahan nilai intensitas jejak (persamaan 3).

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{Q}{L_k} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (3)$$

Di mana  $Q$  adalah tetapan siklus, panjang rute  $L_k$  dan banyaknya semut adalah  $m$ .

Perhitungan probabilitas bertujuan menentukan simpul yang akan menjadi tujuan. Nilai probabilitas dari suatu simpul menjadi acuan dalam menentukan simpul tujuan selanjutnya. Pemilihan simpul tujuan tersebut diperoleh dari nilai probabilitas tertinggi. Berikut persamaan perhitungan nilai probabilitas.

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \quad (4)$$

di mana  $i$  merupakan simpul awal,  $j$  simpul akhir,  $k$  sebagai koloni semut, intensitas jejak dinotasikan dengan  $\tau_{ij}$ , visibilitas antar simpul dinotasikan dengan  $\eta_{ij}$ . Untuk  $\alpha$  dan  $\beta$  menunjukkan pengendali intensitas jejak dan pengendali visibilitas.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap simpul untuk kantor cabang perusahaan jasa pengiriman barang berdasarkan data alamat yang disajikan pada tabel 2. Masing-masing kantor cabang berfungsi sebagai simpul untuk mempermudah dalam pemodelan graf. Proses pengiriman barang dari satu simpul ke simpul lainnya menggunakan kendaraan minibus grand max. Berdasarkan kendaraan yang digunakan berjumlah satu armada, maka rute pengiriman barang menjadi satu wilayah. Kemudian dengan asumsi memisalkan bahwa armada yang digunakan berjumlah satu armada.

**Tabel 2. Daftar Kantor Cabang Jasa Pengiriman Barang**

No 1	Kantor Cabang 2	Kode Simpul 3
1	JNE Kantor Agen Ahmad Yani Bandung	A
2	JNE Cikadut	B
3	JNE Antapani Sukanagara	C
4	JNE Babakan Sari	D
5	JNE PSM	E
6	JNE Kacapiring	F

Untuk menentukan rute pengiriman barang dari 6 kantor cabang (tabel 2), digunakan parameter untuk menentukan rute pengiriman barang  $\alpha = 1, \beta = 1, \rho = 1, \tau_{ij} = 0,5, Q = 1, NC_{max} = 1$ . Nilai parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai probabilitas pada persamaan (3).

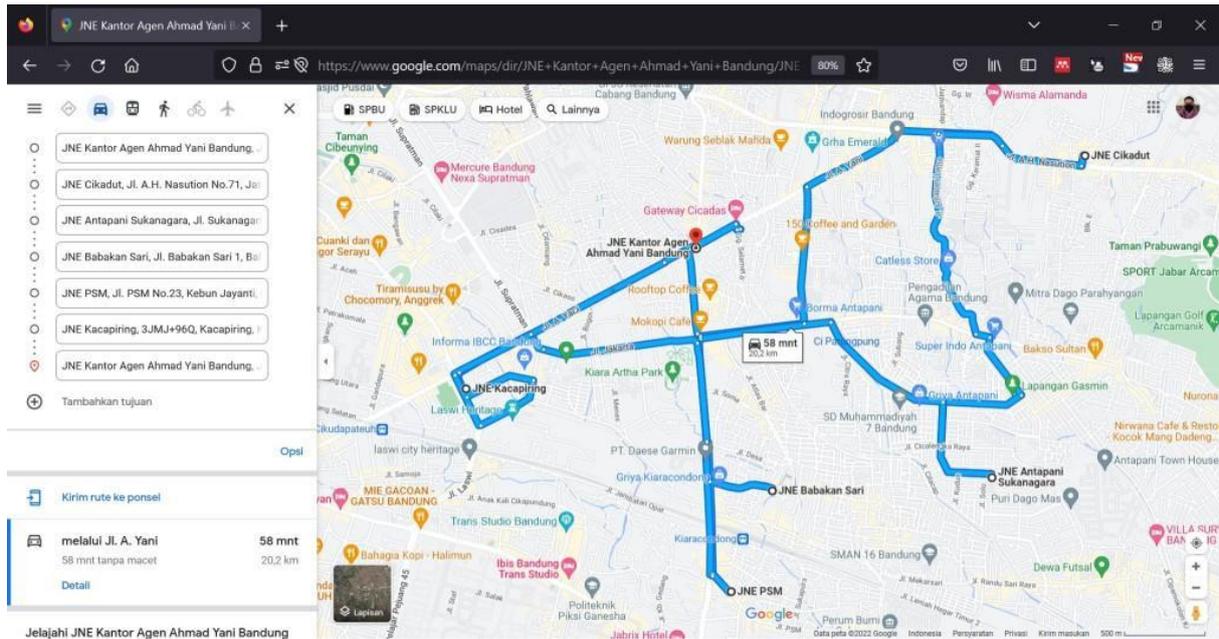
Untuk menentukan rute pengiriman barang yang jelas, maka diperlukan data jarak antar masing-masing simpul. Tabel 3 menggambarkan data jarak antar simpul tersebut.

**Tabel 3. Data Jarak Antar Simpul**

	Jarak antar JNE Jasa Pengiriman (km)					
	A	B	C	D	E	F
A	0,0	1,9	1,6	1,9	2,0	2,3
B	1,9	0,0	3,1	4,8	1,1	3,0
C	1,6	3,1	0,0	3,8	4,1	4,2
D	1,9	4,8	3,8	0,0	5,0	5,0
E	2,0	1,1	4,1	5,0	0,0	3,4
F	2,3	3	4,2	5,0	3,4	0,0

Simpul A ditentukan sebagai titik awal, sehingga penentuan rute pengiriman dimulai dari simpul A dan akan Kembali atau berakhir di simpul A Kembali. Menggunakan google map untuk visualisasi rute tersaji pada gambar 3.

## Optimasi Vehicle Routing Problem Pada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode Ant Colony Optimization



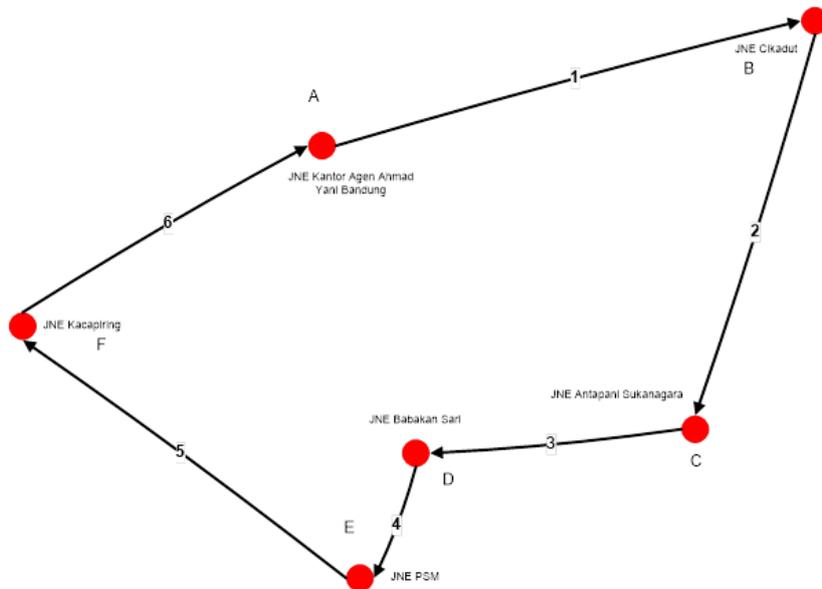
**Gambar 3. Hasil penentuan rute pengiriman dari simpul A (JNE Kantor Agen Ahmad Yani Bandung) dan berakhir di simpul A Kembali menggunakan Google Map**

Berikut disajikan tabel 4 beberapa alternatif rute pengiriman dari simpul A dan berakhir di simpul A beserta jarak (km) serta total jarak yang ditempuh.

**Tabel 4. Daftar Rute Pengiriman Alternatif dari Simpul A dan berakhir di simpul A**

No	Rute Pengiriman yang digunakan	Jarak (km)	Total Jarak (km)
1	2	3	4
1	A-B-C-D-E-F-A	$1,9 + 3,1 + 3,8 + 5 + 3,4 + 2,3$	19,50
2	A-F-E-D-C-B-A	$2,3 + 3,4 + 5 + 3,8 + 3,1 + 1,9$	19,50
3	A-F-D-E-C-B-A	$2,3 + 5 + 5 + 4,1 + 3,1 + 1,9$	21,40
4	A-D-E-F-C-B-A	$1,9 + 5 + 3,4 + 4,2 + 3,1 + 1,9$	19,50

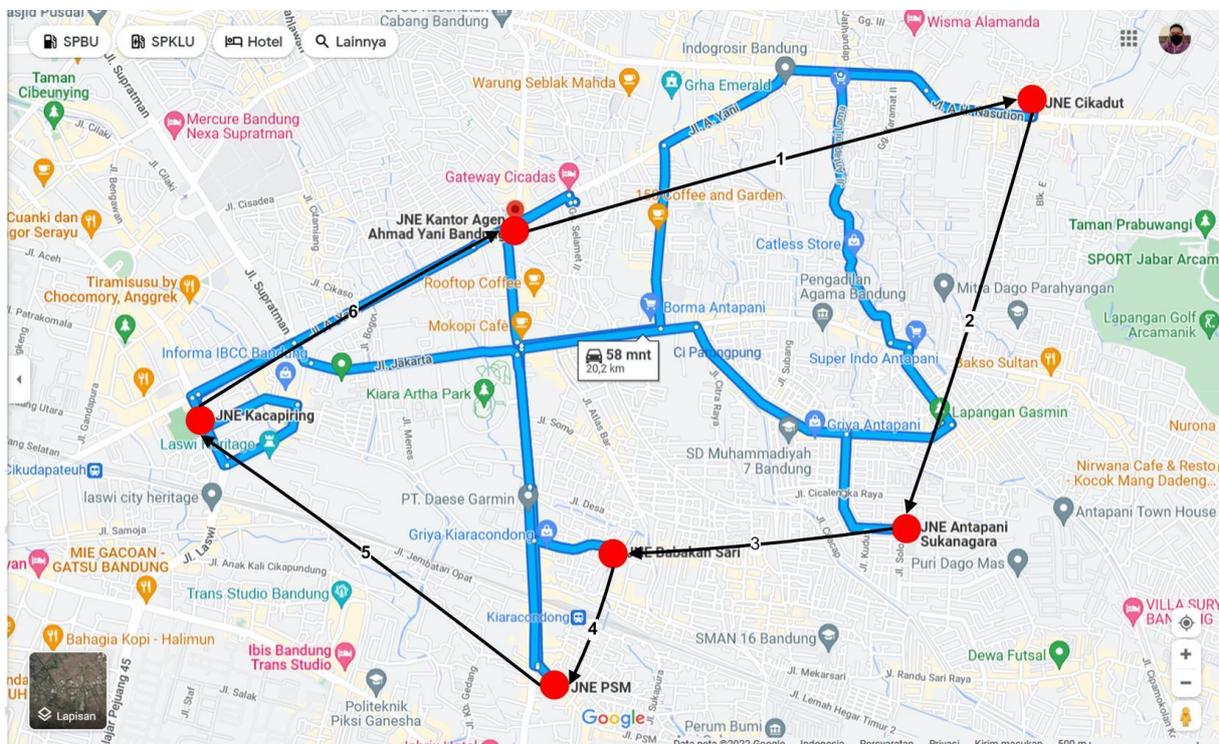
Bentuk graf dari rute pengiriman A-B-C-D-E-F-A digambarkan pada gambar 4.



**Gambar 4. Graf berarah 6 node kantor cabang**

Pada gambar 4 terdapat 6 node berupa simpul kantor cabang serta graf berarah dimulai dari simpul A menuju ke simpul B dan berakhir sampai simpul A Kembali melalui node C, node D, node E, dan node F.

Secara visualisasi menggunakan google map pada gambar 5 untuk penentuan graf berarah hasil penentuan rute pengiriman A-B-C-D-E-F-A.



**Gambar 5. Penentuan graf berarah dari plotting hasil google map**

Untuk mengetahui probabilitas simpul yang akan dikunjungi, digunakan persamaan 1. Misalkan nilai visibilitas simpul A menuju simpul B dengan jarak 1,9 km adalah  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} = \frac{1}{1,9} = 0,526$  jadi nilai visibilitas lainnya hasil perhitungan nilai visibilitas antar simpul untuk rute pengiriman, terlampir pada tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Nilai Visibilitas Antar Simpul**

	Nilai Visibilitas Antar Simpul					
	A	B	C	D	E	F
A	0,000	0,526	0,625	0,526	0,500	0,435
B	0,526	0,000	0,323	0,208	0,909	0,333
C	0,625	0,323	0,000	0,263	0,244	0,238
D	0,526	0,208	0,263	0,000	0,200	0,200
E	0,500	0,909	0,244	0,200	0,000	0,294
F	0,435	0,333	0,238	0,200	0,294	0,000

Perhitungan nilai intensitas rute pengiriman (pheromone) pada persamaan (3) dihasilkan nilai  $\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{20,20} + \frac{1}{17,00} + \frac{1}{17,20} + \frac{1}{19,30} = 0,218$

Sehingga perubahan nilai intensitas jejak rute pengiriman dari penggabungan seluruh rute pengiriman dari simpul A dan berakhir di simpul A Kembali memiliki nilai yang sama, yaitu sebesar 0,218.

Nilai intensitas jejak rute pengiriman awal telah ditetapkan pada tabel 1, yaitu sebesar 0,5. Selanjutnya untuk perhitungan nilai intensitas jejak rute pengiriman antar simpul untuk siklus selanjutnya dihitung menggunakan persamaan 4 sebagai berikut  $\tau_{AB} = (1.0,5) + 0,218 = 0,718$ . Sehingga nilai intensitas jejak rute pengiriman untuk siklus selanjutnya bernilai 0,718. Pencarian nilai intensitas rute untuk siklus baru yang lainnya menggunakan cara yang sama.

Menghitung nilai probabilitas pada persamaan 4 dilakukan untuk menentukan simpul terpilih yang akan menjadi tujuan menentukan rute selanjutnya. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul akan terpilih menjadi simpul rute selanjutnya. Berikut hasil perhitungan nilai probabilitas dengan rute pengiriman simpul A menuju simpul B menggunakan persamaan 4.

$$P_{AB} = \frac{[0,718]^1 \cdot [0,526]^1}{[0,718]^1 \cdot [0]^1 + [0,718]^1 \cdot [0,526]^1 + \dots + [0,718]^1 \cdot [0,435]^1} = 0,201$$

Perhitungan nilai probabilitas dari simpul B menuju simpul lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut tabel 6 merupakan hasil keseluruhan nilai probabilitas rute pengiriman antar simpul.

**Tabel 6. Hasil Nilai Probabilitas Rute Pengiriman Antar Simpul**

	Nilai Probabilitas Antar Simpul					
	A	B	C	D	E	F
A	0,000	0,201	0,239	0,201	0,191	0,166
B	0,229	0,000	0,140	0,091	0,653	0,145

C	0,369	0,191	0,000	0,155	0,144	0,141
D	0,377	0,149	0,188	0,000	0,143	0,143
E	0,233	0,423	0,114	0,093	0,000	0,137
F	0,290	0,222	0,159	0,133	0,196	0,000

Hasil pada tabel 6 bahwa nilai probabilitas rute pengiriman dari simpul A menuju ke simpul C dengan nilai probabilitas tertinggi 0,239. Selanjutnya rute terpilih dari simpul C menuju simpul E dengan nilai probabilitas 0,653. Rute dilanjutkan menuju simpul B dari simpul E dengan nilai probabilitas tertinggi 0,423. Sampai rute ini diperoleh A-C-E-B. Terdapat simpul A dengan tiga simpul asal yaitu C, D dan F. Untuk simpul C telah dilakukan pengiriman, sehingga tersisa dua rute tujuan yaitu simpul D dengan nilai 0,377 dan F dengan nilai 0,290. Untuk itu terpilih nilai probabilitas tertinggi yaitu simpul D.

Hasil menentukan rute pengiriman A-C-E-B-D-F-A total jarak rute pengiriman yang ditempuh 18,9 km. Jalur perjalanan rute pengiriman barang di mulai dari JNE kantor agen ahmad yani bandung menuju JNE antapani sukanagara, JNE PSM, JNE cikadut, JNE babakan sari, dan berakhir di JNE kacapiring untuk selanjutnya kembali lagi ke JNE kantor agen ahmad yani bandung.

#### 4. KESIMPULAN

Metode ant colony optimization (ACO) digunakan untuk mencari rute pendistribusian terpendek pada perusahaan jasa pengiriman barang atau dokumen (studi kasus pada JNE *Courier Service*). Hasil penelitian didapatkan optimasi vehicle routing problem (VRP) pada jasa pengiriman adalah A – C – E – B – D – F – A dengan jarak rute pengiriman terdekat 18,9 km. Jalur pilihan sebagai alternatif perjalanan rute pengiriman barang di mulai dari JNE kantor agen ahmad yani bandung menuju JNE antapani sukanagara, JNE PSM, JNE cikadut, JNE babakan sari, dan berakhir di JNE kacapiring untuk selanjutnya kembali lagi ke JNE kantor agen ahmad yani bandung.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT Tiki Jalur Nugraha Ekakurir sebagai tempat implementasi optimasi VRP pada rute pendistribusian menggunakan metode ACO.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Barman, S. E. (2014). *Modeling and solving vehicle routing problems with many available vehicle types*. Gothenburg, Sweden: Thesis, Department of Mathematical Sciences, University of Gothenburg.
- Han, L. (2016). *Metaheuristic Algorithm for the vehicle routing problem with time window and skill set constraints*. Halifax, Nova Scotia: Dalhousie University.
- JNE. (2022, November 16). *Produk dan layanan jne express*. Diambil kembali dari [www.jne.co.id](https://www.jne.co.id): <https://www.jne.co.id/id/produk-dan-layanan/jne-express>
- Kefayat, M., Ara, A. L., & Niaki, S. A. (2015). A hybrid of ant colony optimization and artificial bee colony algorithm for probabilistic optimal placement and sizing of distributed energy resources. *Energy Conversion & Management*, 149-161.
- Kennedy, P. S. (2019). ANALISIS TINGGINYA BIAAYA LOGISTIK DI INDONESIA DITINJAU DARI DWELLING TIME. *Economic Resources, Vol 1, No 2*, 136-145.

- Mahi, M., Baykan, OK, & Kodaz, H. (2015). A new hybrid method based on particle swarm optimization, ant colony optimization and 3-opt algorithms for traveling salesman problem. *Applied Soft Computing*, 484-490.
- Nurhayati, S. (2013). *Perbandingan Metode Branch and Bound dengan Metode Clarke and Wright Savings untuk Penyelesaian Masalah Distribusi Aqua Galon di PT. Tirta Invertama Yogyakarta*. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sankar, K., & Krishnamoorthy, K. (2010). Ant Colony algorithm for routing problem using rule-mining. *2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*. Coimbatore, India: IEEE.
- Situmorang, D. K., & Guslan, D. (2018). ANALISIS RUTE PENDISTRIBUSIAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION DALAMPERSOALANVEHICLE ROUTING PROBLEM PADA KANTOR POS BOYOLALI. *Jurnal Logistik Bisnis, Vol 9, No.1*, 51-59.
- Tavakkoli-Moghaddam, R., Alinaghian, M., Salamat-Bakhsh, A., & Norouzi, N. (2012). A hybrid meta-heuristic algorithm for the vehicle routing problem with stochastic travel times considering the driver's satisfaction. *Journal of Industrial Engineering International*, 8:4.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications*, pp. xvii-xviii. Philadelphia, PA: SIAM Publishing.
- Tsartsali, E. (2019). *The Vehicle Routing Problem The case study of "Alumil"*. Thessaloniki, Greece: ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI.
- Yousefikhoshbakht, M., & Khorram, E. (2012). Solving the vehicle routing problem by a hybridmeta-heuristic algorithm. *Journal of Industrial Engineering International*, 8-11.
- Zaroni. (2017, April 15). *Biaya Logistik Agregat*. Diambil kembali dari published in ARTIKEL SUPPLYCHAIN, Supply Chain Indonesia: <http://supplychainindonesia.com/new/biaya-logistik-agregat/>
- Zhao, J., Cheng, D., & Hao, C. (2016). An Improved Ant Colony Algorithm for Solving the Path Planning Problem of the Omnidirectional Mobile Vehicle. *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, 1-10.