# PERBANDINGAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION* DAN *LARGE NEIGHBORHOOD SEARCH* DALAM PENYELESAIAN *CVRP* DENGAN RUTE JALAN NYATA DI KOTA PONTIANAK

**SKRIPSI**

Program Studi Sarjana Teknik Industri
Jurusan Teknik Industri

Oleh:
**KARPUS PISTU SUAHA**
NIM D1061201028

**FAKULTAS TEKNIK**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Karpus Pistu Suaha

NIM : D1061201028

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "Perbandingan Algoritma *Ant Colony Optimization* dan *Large Neighborhood Search* dalam Penyelesaian *Cvrp* dengan Rute Jalan Nyata di Kota Pontianak" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 20 Maret 2025



Karpus Pistu Suaha

NIM. D1061201028

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
**FAKULTAS TEKNIK**
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telp. (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

## HALAMAN PENGESAHAN

"PERBANDINGAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION* DAN *LARGE NEIGHBORHOOD SEARCH* DALAM PENYELESAIAN *CVRP* DENGAN RUTE JALAN NYATA DI KOTA PONTIANAK"

Jurusan Teknik Industri
Program Studi Sarjana Teknik Industri

Oleh:
Karpus Pistu Suaha
NIM. D1061201028

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 20 Maret 2025 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Susunan Pembimbing dan Penguji Skripsi

| | |
|---|---|
| Dosen Pembimbing Utama | : Dr. Eng. Mohamad Sofitra, S.T., M.T.<br>NIP. 19740616 199903 1 003 |
| Dosen Pembimbing Kedua | : Tri Wahyudi, S.T., M.T.<br>NIP. 19810529 201012 1 002 |
| Dosen Penguji Utama | : Dr. Ir. Yopa Eka Prawatya, S.T., M.Eng., IPM.<br>NIP. 19850408 201012 1 009 |
| Dosen Penguji Kedua | : Dedi Wijayanto, S.T., M.T.<br>NIP. 19790808 200801 1 005 |

Pontianak, 20 Maret 2025

Dekan,

Dr. -Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM.
NIP. 19671223 199203 1 002

Pembimbing Utama,

Dr. Eng. Mohamad Sofitra, S.T., M.T.
NIP. 19740616 199903 1 003

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Terpujilah Allah dan Bapa Tuhan kita Yesus Kristus, yang karena rahmat-Nya yang besar telah melahirkan kita kembali oleh kebangkitan Yesus Kristus dari antara orang mati, kepada suatu hidup yang penuh pengharapan, untuk menerima suatu bagian yang tidak dapat binasa, yang tidak dapat cemar dan yang tidak dapat layu.

Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati,
karya ini kupersembahkan sebagai ungkapan terima kasih kepada:

### Kedua Orang Tua dan Keluarga Terkasih

Kepada Ayah dan Ibu, yang senantiasa menjadi alasan bagiku untuk terus berjuang, terima kasih atas setiap doa yang tak pernah terputus, kasih sayang yang tak terukur, serta dukungan tanpa syarat disetiap langkah hidupku. Setiap peluh dan pengorbanan kalian adalah sumber kekuatan yang membuatku mampu berdiri sampai sejauh ini. Terima kasih juga untuk kedua kakak dan seluruh keluarga terkasih, atas kehadiran dan bantuan di setiap waktu, kalian selalu hadir dengan kebaikan hati yang tak pernah pudar. Kehangatan yang kalian berikan adalah pelipur lara di setiap masa sulit. Senyum kalian menjadi kebahagiaan yang tak tergantikan. Semoga apa yang kuraih dapat menjadi kebanggaan, sebagaimana aku selalu bangga memiliki kalian.

### Kepada Diri Sendiri

Terima kasih karena telah bertahan dan tetap semangat untuk terus berjuang sejauh ini. Semua luka dan air mata yang tak terlihat telah menjadikan dirimu lebih kuat dari yang pernah kau bayangkan. Teruslah berlari mengejar mimpi, menata masa depan yang lebih berarti. Walau sering terjatuh, bangkitlah kembali, meskipun itu berarti harus menyeret kaki. Aku bangga dengan setiap kegagalan yang berhasil ku atasi, dengan setiap rasa sakit yang mampu ku lewati. Semoga pencapaian ini menjadi awal dari perjalanan yang lebih besar di kemudian hari.

*“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan.” Yeremia 29:11*

### Kepada Sahabat dan Rekan Seperjuangan

Terima kasih atas setiap kebersamaan yang membangun, canda tawa dan motivasi yang menguatkan, serta semangat yang kalian tularkan dikala rasa lelah menghampiri. Perjalanan ini menjadi lebih bermakna karena kehadiran kalian. Begitu banyak kenangan yang takkan terlupakan, semoga langkah kita senantiasa diberkati dan kesuksesan selalu menyertai.

# PRAKATA

Terpujilah Allah dan Bapa Tuhan kita Yesus Kristus, yang karena kasih dan rahmat-Nya memberikan kekuatan dan hikmat, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perbandingan Algoritma *Ant Colony Optimization* dan *Large Neighborhood Search* dalam Penyelesaian *Cvrp* dengan Rute Jalan Nyata di Kota Pontianak" dengan baik. Penelitian ini digunakan guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki dan menyempurnakan karya ini.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis ingin menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Mohamad Sofitra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan diskusi intensif selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran, ilmu, dan motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Noveicalistus H. Djanggu, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Tri Wahyudi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA) sekaligus Dosen Pembimbing Pembantu yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan akademik selama proses perkuliahan berlangsung sampai saat penulis menyelesaikan studinya.
5. Bapak Dr. Ir. Yopa Eka Prawatya, S.T., M.Eng., IPM. selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan arahan, serta masukan yang berharga dalam proses penyusunan dan penyempurnaan skripsi ini.

6. Bapak Dedi Wijayanto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sekaligus Dosen Pembimbing Pembantu yang telah memberikan arahan, serta masukan yang berharga dalam proses penyusunan dan penyempurnaan skripsi ini.
7. Dosen dan Staf Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang telah memberikan ilmu, dukungan, serta bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan hingga menyelesaikan pendidikan sarjana.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Industri angkatan 2020, yang telah berjuang bersama dari awal hingga selesai masa perkuliahan.
9. Serta seluruh pihak yang telah turut serta membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu dalam prakata ini. Semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan imbalan dari Tuhan yang Maha Esa. Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya, penulis ucapkan terima kasih.

Penulis mengharapkan masukan yang positif agar dapat menyempurnakan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berarti bagi penulis dan pembaca, serta dapat menjadi dasar untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

Pontianak, 20 Maret 2025



Karpus Pistu Suaha
NIM. D1061201028

# ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada rute jalan nyata di Kota Pontianak. Selain itu, juga bertujuan untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi kedua algoritma tersebut, mengingat masih sangat terbatasnya penelitian yang secara langsung membandingkan kinerja antara kedua algoritma. Kota Pontianak, dengan jaringan jalan yang kompleks dan kondisi jalan yang beragam, menyediakan kasus uji yang ideal untuk mengevaluasi kinerja kedua algoritma. Tantangan utama yang dihadapi adalah menentukan rute pengiriman optimal, yang melibatkan pemilihan jalur paling efisien bagi kendaraan untuk mencapai berbagai lokasi dengan jarak terpendek, sambil tetap mematuhi batasan kapasitas angkut kendaraan. Permasalahan menjadi lebih kompleks ketika dihadapkan dengan peta jalan realistis. Jarak *Euclidean* mungkin tidak mencerminkan jarak sebenarnya yang ditempuh di jalan, karena jalan tidak selalu berupa garis lurus dan dipengaruhi oleh jaringan jalan serta hambatan fisik seperti bangunan, sungai, atau area yang tidak dapat dilalui. Penelitian ini dilakukan guna memperoleh solusi optimal dalam perencanaan rute distribusi menggunakan algoritma ACO dan LNS yang diimplementasikan dalam bahasa pemrograman JavaScript dan divisualisasikan secara interaktif melalui OpenStreetMaps dengan HTML dan CSS. *Ant Colony Optimization* (ACO) bekerja dengan cara meniru perilaku semut yang menggunakan jejak feromon untuk menemukan jalur terpendek. Semut buatan menjelajahi jalur secara acak dan cenderung memilih rute dengan feromon lebih tinggi. Jejak feromon pada jalur yang kurang optimal menguap, sementara jalur yang lebih efisien diperkuat, sehingga ACO secara bertahap menemukan solusi optimal. Sementara, *Large Neighborhood Search* (LNS) bekerja dengan cara merusak dan memperbaiki sebagian solusi, dimana solusi awal dijelajahi dalam lingkungan tertentu dengan mengeksplorasi tetangga dari solusi yang ada. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu komputasi LNS secara signifikan lebih cepat dengan waktu 1,198s (detik) dibandingkan ACO yang memerlukan 25,229s (detik) untuk menyelesaikan solusi, sehingga LNS terbukti sekitar 21 kali lebih cepat daripada ACO. Kedua algoritma menghasilkan jumlah rute yang sama, yaitu sebanyak 4 rute, dengan ACO total jarak tempuh mencapai 110,7 km sementara LNS total jarak tempuh hanya 102,48 km. Perbandingan ini menunjukkan bahwa LNS lebih efisien dengan pengurangan total jarak tempuh sebesar 8,22 km atau sekitar 7,42% lebih baik dibandingkan ACO. Algoritma ACO mengalami penurunan sebanyak 7 kali selama 500 iterasi, sementara LNS mencatat penurunan sebanyak 6 kali dalam rentang iterasi yang sama. ACO berhasil menurunkan total jarak tempuh sebesar 4,798 km atau 4,15% dari jarak awal 115,492 km menjadi 110,694 km. Sebaliknya, LNS menunjukkan kinerja yang lebih signifikan dengan total penurunan jarak tempuh sebesar 12,311 km atau 10,72% dari jarak awal 114,790 km menjadi 102,479 km. Hasil ini diperoleh dari penggunaan koordinat geografis dan penerapan rute jalan nyata dengan integrasi OpenStreetMaps. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa LNS lebih unggul dalam hal efisiensi waktu komputasi dan optimasi jarak tempuh. LNS juga dapat memberikan solusi yang lebih efisien dalam skenario yang memiliki rute dengan permintaan lebih besar, sehingga lebih cocok untuk kasus dengan variasi permintaan yang tinggi. Namun, ACO tetap menunjukkan kinerja yang solid dan efektif dengan kombinasi eksplorasi dan eksploitasi yang seimbang.

**Kata kunci** : *Ant Colony Optimization* (ACO), *Large Neighborhood Search* (LNS), *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), OpenStreetMap.

## *ABSTRACT*

This research aims to evaluate the performance of Ant Colony Optimization (ACO) and Large *Neighborhood Search (LNS) algorithms in solving the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) on real road routes in Pontianak City. In addition, it also aims to compare the effectiveness and efficiency of the two algorithms, considering that there is still very limited research that directly compares the performance between the two algorithms. Pontianak City, with its complex road network and diverse road conditions, provides an ideal test case to evaluate the performance of both algorithms. The main challenge faced is determining the optimal delivery route, which involves selecting the most efficient path for the vehicle to reach the various locations with the shortest distance, while still adhering to the vehicle's carrying capacity constraints. The problem becomes more complex when faced with realistic road maps. Euclidean distances may not reflect the actual distance traveled on the road, as roads are not always straight lines and are affected by the road network as well as physical obstacles such as buildings, rivers, or impassable areas. This research is conducted to obtain optimal solutions in distribution route planning using ACO and LNS algorithms implemented in JavaScript programming language and visualized interactively through OpenStreetMaps with HTML and CSS. Ant Colony Optimization (ACO) works by mimicking the behavior of ants that use pheromone trails to find the shortest path. Artificial ants explore paths randomly and tend to choose routes with higher pheromone. Pheromone trails on less optimal paths evaporate, while more efficient paths are reinforced, so ACO gradually finds the optimal solution. Meanwhile, Large Neighborhood Search (LNS) works by corrupting and partially repairing the solution, where the initial solution is explored in a specific neighborhood by exploring the neighbors of the existing solution. The analysis results show that the computation time of LNS is significantly faster with 1.198s (seconds) than ACO which requires 25.229s (seconds) to solve the solution, so LNS is proven to be about 21 times faster than ACO. Both algorithms generated the same number of routes, i.e. 4 routes, with ACO totaling 110.7 km while LNS only 102.48 km. This comparison shows that LNS is more efficient with a total mileage reduction of 8.22 km or about 7.42% better than ACO. The ACO algorithm decreased 7 times over 500 iterations, while LNS recorded a decrease of 6 times in the same iteration range. ACO managed to reduce the total distance traveled by 4,798 km or 4.15% from the initial distance of 115,492 km to 110,694 km. In contrast, LNS showed more significant performance with a total decrease in mileage of 12.311 km or 10.72% from the initial distance of 114.790 km to 102.479 km. These results were obtained from the use of geographic coordinates and the application of real road routes with OpenStreetMaps integration. The conclusion of this research is that LNS is superior in terms of computational time efficiency and mileage optimization. LNS can also provide more efficient solutions in scenarios that have routes with greater demand, making it more suitable for cases with high demand variation. However, ACO still shows solid performance, especially in initial solution exploration and demonstrates effectiveness through a well-balanced combination of exploration and exploitation*.



***Keywords*** : *Ant Colony Optimization (ACO), Large Neighborhood Search (LNS), Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP), OpenStreetMap.*

**DAFTAR ISI**

HALAMAN PERNYATAAN ..... ii
HALAMAN PENGESAHAN ..... iii
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... iv
PRAKATA ..... v
ABSTRAK ..... vii
*ABSTRACT* ..... viii
DAFTAR ISI ..... ix
DAFTAR GAMBAR ..... xi
DAFTAR TABEL ..... xii
DAFTAR *PSEUDOCODE* ..... xiii
DAFTAR PERSAMAAN ..... xiv
DAFTAR LAMPIRAN ..... xv
GLOSARIUM ..... xvi
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 5
1.3 Tujuan Penelitian ..... 5
1.4 Pembatasan Masalah dan Asumsi ..... 6
1.5 Sistematika Penulisan ..... 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 10
2.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi ..... 10
2.2 *Vehicle Routing Problem* (VRP) ..... 12
2.2.1 Jenis-Jenis *Vehicle Routing Problem* ..... 13
2.3 *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) ..... 13
2.4 *Ant Colony Optimization* (ACO) ..... 15
2.5 *Large Nighborhood Search* (LNS) ..... 17
2.6 *Hypertext Markup Language* (HTML) ..... 18
2.7 *Cascading Style Sheets* (CSS) ..... 19
2.8 *JavaScript* ..... 20
2.9 Penelitian Terdahulu ..... 22
2.10 Posisi Penelitian ..... 24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... 26
3.1 Objek Penelitian ..... 26
3.2 Alat dan Bahan yang digunakan ..... 26
3.3 Diagram Alir Penelitian ..... 27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 32
4.1 Pengumpulan Data ..... 32
4.2 Asumsi Perancangan Metode Solusi ..... 33
4.2.1 Perancangan dan Pengembangan Solusi ..... 34
4.2.2 Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) Kedalam Modul Aco.js ..... 39
4.2.3 Implementasi Algoritma *Large Neighborhood Search* (LNS) Kedalam Modul Lns.js ..... 42
4.2.4 Verifikasi Metode Solusi ..... 44
4.2.5 Implementasi Data Ke dalam Metode Solusi ..... 51
4.3 Penyelesaian Masalah Menggunakan Metode Solusi ..... 51
4.3.1 Sebaran Titik Distribusi Pelanggan ..... 51
4.3.2 Hasil Optimasi Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) ..... 52
4.3.3 Hasil Optimasi Algoritma *Large Neighborhood Search* (LNS) . 53
4.4 Analisis Hasil ..... 54
4.3.1 Analisis Perbandingan Waktu Komputasi Kedua Algoritma ..... 54
4.3.2 Analisis Perbandingan Hasil Klaster Permintaan Setiap Rute .... 55
4.3.3 Analisis Perbandingan Hasil Klaster Jarak Tempuh Setiap Rute 56
4.3.4 Analisis Penurunan Total Jarak Tempuh ..... 57
4.3.5 Analisis Perbandingana Kinerja dan Efisiensi Kedua Algoritma 59
BAB V PENUTUP ..... 60
5.1 Kesimpulan ..... 60
5.2 Saran ..... 61
DAFTAR RUJUKAN ..... 62
LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Moda Distribusi dan Transportasi Barang ..... 11
Gambar 2.2 *Downstream Supply Chain Segment* ..... 11
Gambar 2.3 Ilustrasi Rute yang dibentuk oleh Koloni Semut ..... 16
Gambar 2.4 *Icon* HTML5 ..... 19
Gambar 2.5 *Icon* CSS..... 20
Gambar 2.6 Contoh Penggunaan Let ..... 20
Gambar 2.7 Contoh Penggunaan Manipulasi DOM ..... 21
Gambar 2.8 *Icon JavaScript*..... 22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian ..... 27
Gambar 4.1 Diagram Alir Keterkaitan Antarmodul ..... 34
Gambar 4.2 Sidebar Navigasi ..... 35
Gambar 4.3 Tampilan *Setup* Data ..... 36
Gambar 4.4 Tampilan Yang Menyajikan Hasil Sebaran Titik..... 36
Gambar 4.5 Tampilan Yang Menyajikan Hasil Optimasi ACO ..... 37
Gambar 4.6 Tampilan Yang Menyajikan Hasil Optimasi LNS ..... 37
Gambar 4.7 Tampilan Yang Memuat Profil Pengembang Aplikasi ..... 37
Gambar 4.8 Tampilan Notifikasi Pop-up ..... 38
Gambar 4.9 Sebaran Titik Distribusi ..... 45
Gambar 4.10 Verifikasi Pembentukan Rute ACO ..... 47
Gambar 4.11 Verifikasi Pembentukan Rute ACO (Lanjutan) ..... 48
Gambar 4.12 Verifikasi Pembentukan Rute LNS ..... 50
Gambar 4.13 Verifikasi Pembentukan Rute LNS (Lanjutan) ..... 51
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Kedua Algoritma ..... 54
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Hasil Klaster Permintaan Setiap Rute..... 55
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Hasil Klaster Jarak Tempuh Setiap Rute ..... 56
Gambar 4.17 Grafik Penurunan Total Jarak Tempuh Algoritma ACO ..... 57
Gambar 4.18 Grafik Penurunan Total Jarak Tempuh Algoritma LNS ..... 58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu ..... 23
Tabel 2.2 Posisi Penelitian ..... 24
Tabel 4.1 Data *Dummy* Verifikasi Metode Solusi ..... 44
Tabel 4.2 Verifikasi Hasil Optimasi Algoritma ACO ..... 45
Tabel 4.3 Verifikasi Hasil Optimasi Algoritma ACO (Lanjutan) ..... 46
Tabel 4.4 Verifikasi Hasil Optimasi Algoritma LNS ..... 48
Tabel 4.5 Verifikasi Hasil Optimasi Algoritma LNS (Lanjutan) ..... 49
Tabel 4.6 Hasil Optimasi Algoritma ACO ..... 52
Tabel 4.7 Hasil Optimasi Algoritma LNS ..... 53

## DAFTAR *PSEUDOCODE*

*Pseudocode* 4.1 Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO)..... 40
*Pseudocode* 4.2 Algoritma *Large Neighborhood Search (LNS)*..... *42*

# DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Fungsi Objektif ..... 14
Persamaan 2.2 Fungsi Kendala 1 ..... 14
Persamaan 2.3 Fungsi Kendala 2 ..... 14
Persamaan 2.4 Fungsi Kendala 3 ..... 14
Persamaan 2.5 Fungsi Kendala 4 ..... 14
Persamaan 2.6 Fungsi Kendala 5 ..... 14
Persamaan 2.7 Variabel Integer Biner ..... 15
Persamaan 2.8 Pemilihan Busur..... 17

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Koordinat Geografis Dan Permintaan Pelanggan ...……...A-1
LAMPIRAN B Implementasi Algoritma *Large Neighborhood Search* (LNS) dan *Ant Colony Optimization* (ACO) .....……..B-1
LAMPIRAN C Komponen Metode Solusi……...C-1
LAMPIRAN D Sebaran Titik Distribusi Pelanggan ...……D-1
LAMPIRAN E Hasil Optimasi Algoritma ACO dan LNS ...……...E-1

## GLOSARIUM

| | |
|---|---|
| *Euclidean* | Jarak lurus atau garis terpendek antara dua titik. |
| *Input* | Segala sesuatu yang masuk ke sistem untuk diproses. |
| Klaster | Kelompok data. |
| Koordinat | Pasangan nilai numerik yang digunakan untuk menunjukkan posisi atau lokasi suatu titik. |
| *Latitude* | Garis lintang, posisi utara atau selatan khatulistiwa. |
| *Longitude* | Garis bujur, posisi timur atau barat dari garis meridian (*Greenwich*) |
| *Node* | Titik yang menghubungkan *edge* (sisi) dalam graf. |
| Optimasi | Proses atau tindakan untuk mencari solusi terbaik atau meningkatkan kinerja dalam suatu sistem atau model dengan meminimalkan atau memaksimalkan suatu variabel tertentu |
| *Output* | Keluaran atau hasil yang dihasilkan oleh suatu sistem. |
| $\sum$ | Jumlah |
| $\sigma$ | Solusi awal |
| $\in$ | Anggota dari suatu himpunan. |
| $\Delta$ | Perubahan atau selisih antara nilai akhir dan awal. |
| $\tau$ | Intensitas jejak feromon pada jalur tertentu di dalam algoritma optimisasi semut. |
| $\rho$ | Tingkat penguapan dari jejak feromon dalam algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). |

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pendistribusian barang yang efisien merupakan salah satu tantangan utama bagi perusahaan logistik, terutama di kota-kota dengan jaringan jalan yang kompleks dan beragam kondisi. Kota Pontianak merupakan salah satu kota yang memiliki struktur jalan yang sering kali dihadapkan pada hambatan fisik seperti sungai dan area yang sulit diakses. Kondisi ini menciptakan tantangan nyata dalam perencanaan rute distribusi. Perancangan rute yang efisien menjadi sangat penting untuk mengurangi biaya operasional dan mempercepat waktu pengiriman, serta memberikan keunggulan kompetitif bagi perusahaan.

*Vehicle Routing Problem* (VRP) muncul ketika perusahaan perlu merancang rute distribusi untuk sejumlah kendaraan yang melayani pelanggan dengan permintaan tertentu secara efisien. Terdapat banyak variasi dari VRP, salah satunya *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang mengharuskan setiap kendaraan mengangkut barang dengan kapasitas terbatas. Tantangan utama dalam proses ini adalah menentukan rute pengiriman optimal, yang melibatkan penentuan jalur paling efisien bagi kendaraan untuk mencapai berbagai lokasi dengan jarak terpendek, sambil tetap mematuhi batasan kapasitas angkut kendaraan.

Permasalahan menjadi lebih kompleks ketika dihadapkan dengan peta jalan realistis. Jarak *Euclidean* mungkin tidak mencerminkan jarak sebenarnya yang ditempuh di jalan, karena jalan tidak selalu berupa garis lurus dan dipengaruhi oleh jaringan jalan serta hambatan fisik seperti bangunan, sungai, atau area yang tidak dapat dilalui. Solusi yang tidak efektif untuk masalah ini dapat menyebabkan pemborosan sumber daya dan peningkatan biaya operasional yang signifikan. Berbagai algoritma dapat digunakan dalam penyelesaian VRP, baik yang bersifat *exact* maupun *heuristic* dan *metaheuristic*. Algoritma *exact*, seperti *Dynamic Programming*, *Column Generation* dan *Benders Decomposition*, biasanya memberikan solusi optimal tetapi kurang efisien untuk masalah skala besar karena membutuhkan waktu komputasi yang tinggi. Sebaliknya, algoritma *heuristic* seperti *Tabu Search*, *Simulated Annealing* dan *Large Neighborhood Search*, serta algoritma *metaheuristic* seperti *Ant Colony Optimization* dan *Particle Swarm*

*Optimization*, menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel dan dapat menghasilkan solusi mendekati optimal dalam waktu yang lebih singkat [1].

Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) terbukti mampu memecahkan masalah optimisasi rute kendaraan. *Ant Colony Optimization* (ACO) adalah metaheuristik yang terinspirasi oleh perilaku penempatan dan pengikut jejak feromon pada spesies semut untuk menemukan jejak terdekat antara sarang dengan sumber makanan [2], [3]. Jejak feromon berfungsi sebagai informasi angka yang membantu semut buatan untuk membangun solusi secara acak dan bertahap terhadap masalah yang dipecahkan. Informasi ini terus diperbarui selama algoritma dijalankan, berdasarkan pengalaman pencarian semut [3]. Beberapa penelitian telah membuktikan ACO sebagai algoritma yang efisien untuk memecahkan masalah optimisasi rute kendaraan [4], [5], dan [6]. Sementara itu, *Large Neighborhood Search* (LNS) merupakan metode pencarian solusi terbaik yang menggunakan pendekatan *local search*, dimana solusi awal dijelajahi dalam lingkungan tertentu [7]. Mengeksplorasi tetangga-tetangga dari solusi yang ada, memungkinkan penyesuaian signifikan dan membantu menghindari jebakan solusi lokal.

Meskipun kedua algoritma ini merupakan metode yang umum digunakan dalam penentuan rute distribusi, penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas dan efisiensi keduanya masih sangat terbatas, terutama di Indonesia. Hal ini membuka peluang untuk melakukan kajian lebih mendalam mengenai penerapan algoritma tersebut dalam konteks distribusi di wilayah Indonesia. Kota Pontianak, dengan jaringan jalan yang kompleks dan kondisi jalan yang beragam, menyediakan kasus uji yang ideal untuk mengevaluasi kinerja *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah VRP, khususnya *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada rute jalan nyata.

Berdasarkan uraian di atas, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi tantangan dalam penentuan rute distribusi, khususnya dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan pendekatan yang lebih realistis. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah menggunakan teknologi canggih seperti integrasi OpenStreetMap, yang dapat membantu

mengatasi keterbatasan jarak *Euclidean* dengan memberikan representasi jarak yang lebih akurat dalam kondisi jalan yang kompleks, seperti yang terdapat di kota Pontianak. Selain itu, melakukan perbandingan antara algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) di Kota Pontianak menjadi langkah yang krusial untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi masing-masing algoritma dalam menghadapi tantangan spesifik dari kondisi jalan nyata. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan wawasan mendalam tentang kemampuan kedua algoritma, tetapi juga mendukung pengembangan strategi distribusi yang lebih adaptif dan efektif bagi perusahaan logistik yang beroperasi di wilayah dengan kondisi jalan yang menantang.

Berbagai studi sebelumnya yang mengimplementasikan penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) maupun *Large Neighborhood Search* (LNS), seperti penelitian yang dilakukan oleh V. Nono, dkk membahas penyelesaian masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) di PT. ABC, sebuah perusahaan ritel yang beroperasi di Kubu Raya dan Pontianak. Masalah utama yang dihadapi adalah ketidakpastian dalam penentuan rute distribusi yang efisien. Penelitian ini menggunakan algoritma *Sweep* untuk menentukan rute distribusi yang optimal dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Sweep* menghasilkan rute distribusi sub-optimal untuk PT. ABC, dengan 25 *cluster* perjalanan yang tidak melebihi kapasitas kendaraan. Rute distribusi yang dihasilkan adalah *feasible*, namun dengan jarak tempuh yang sub-optimal [8].

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Winarno dan Perwira Redi yang membahas dua metode heuristik, yaitu *Simulated Annealing* (SA) dan *Large Neighborhood Search* (LNS), untuk meminimalkan biaya distribusi dalam konteks pengelolaan konsumen dan satelit. Selain itu, penelitian tersebut juga membahas penerapan kedua metode tersebut untuk menyelesaikan masalah lokasi dan rute kendaraan (MLRKDE) serta membandingkan kinerja dan efisiensi dari metode-metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Simulated Annealing* (SA) menghasilkan solusi yang lebih baik dan lebih cepat dibandingkan dengan *Large Neighborhood Search* (LNS), terutama pada ukuran sampel yang lebih besar. Namun, LNS menunjukkan stabilitas yang lebih baik dalam beberapa kasus. Selain

itu, SA menunjukkan keunggulan dalam nilai fungsi objektif dan waktu komputasi yang lebih sedikit dan mengungguli LNS dengan nilai fungsi objektif yang lebih baik dengan waktu komputasi yang lebih singkat [9].

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh R. A. Pratama, dkk membahas penggunaan dua algoritme metaheuristik, yaitu *Tabu Search* dan *Ant Colony Optimization* (ACO) dan membandingkan hasil dari kedua algoritme dalam hal jarak total rute distribusi dan waktu eksekusi untuk menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dalam distribusi buku Aqila di Surakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Tabu Search* menghasilkan jarak total 259.7 km, sedangkan ACO menghasilkan jarak 261.8 km, dengan ACO memiliki waktu eksekusi yang lebih cepat [10].

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh A. N. Fadjriani, dkk membahas penerapan algoritma *Large Neighborhood Search* (LNS) untuk perencanaan jadwal dan rute distribusi di PT. Wicaksana Overseas International. Fokus penelitian adalah pada masalah distribusi barang yang dihadapi perusahaan, termasuk kapasitas kendaraan dan penjadwalan distribusi yang tidak optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Large Neighborhood Search* (LNS) berhasil mengoptimalkan penjadwalan distribusi kendaraan, mengurangi ongkos total distribusi dari Rp 9.342.136 menjadi Rp 8.538.976 pada iterasi ke-65. Solusi terbaik yang dicapai memiliki total biaya distribusi terendah sebesar Rp 8.538.976 selama 5 hari, dibandingkan dengan solusi awal dan solusi sementara lainnya. Penelitian ini juga menunjukkan potensi peningkatan efisiensi dalam pengurangan biaya distribusi melalui penerapan algoritma LNS [11].

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh R. Arifin dan D. T. Liputra yang membahas pengembangan dua algoritma *sequential insertion* (SI) *dan ant colony optimization* (ACO) serta perbandingannya dalam pemecahan masalah rute kendaraan (VRP), khususnya varian *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (ACVRPTW), dengan fokus pada industri konveksi pakaian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ACO menghasilkan rute yang lebih optimal dari segi total biaya pengiriman dibandingkan dengan algoritma SI. Selain itu, SI menawarkan keseimbangan waktu pengiriman antar kendaraan yang lebih baik. Penelitian ini juga mencatat bahwa rute yang diusulkan oleh kedua

algoritma menghilangkan biaya tambahan yang terkait dengan keterlambatan pengiriman dan pelanggaran jendela waktu, mencapai pengurangan biaya sekitar 82% dibandingkan dengan rute aktual [12].

Perbedaan signifikan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya terletak pada fokusnya yang tidak hanya pada penyelesaian masalah penentuan rute distribusi, baik yang menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) maupun *Large Neighborhood Search* (LNS), tetapi juga memperhitungkan kondisi jalan nyata di Kota Pontianak serta melakukan perbandingan efektivitas dan efisiensi kedua algoritma tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini diberi judul **"Perbandingan Algoritma *Ant Colony Optimization* dan *Large Neighborhood Search* dalam Penyelesaian CVRP dengan Rute Jalan Nyata di Kota Pontianak."**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan yang telah disampaikan pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu jarak *Euclidean* tidak mencerminkan jarak sebenarnya yang ditempuh di jalan, karena jalan tidak selalu berupa garis lurus dan dipengaruhi oleh jaringan jalan serta hambatan fisik seperti bangunan, sungai, atau area yang tidak dapat dilalui. Kota Pontianak, dengan jaringan jalan yang kompleks dan kondisi jalan yang beragam, menyediakan kasus uji yang ideal untuk mengevaluasi kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah VRP, khususnya dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada rute jalan nyata. Selain itu, masih sangat terbatasnya penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas dan efisiensi kedua algoritma, sehingga hal ini menjadi fokus penting dalam penelitian ini untuk mengisi celah tersebut.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada rute jalan nyata di Kota Pontianak. Penelitian ini juga bertujuan untuk

membandingkan efektivitas dan efisiensi kedua algoritma tersebut, mengingat masih sangat terbatasnya penelitian yang secara langsung membandingkan kinerja antara kedua algoritma. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan wawasan mendalam tentang kemampuan kedua algoritma tersebut dalam menyelesaikan masalah penentuan rute distribusi, tetapi juga mendukung pengembangan strategi distribusi yang lebih adaptif dan efektif bagi perusahaan logistik yang beroperasi di wilayah dengan kondisi jalan yang menantang.

## 1.4 Pembatasan Masalah dan Asumsi

Pembatasan masalah merupakan batasan yang ditetapkan untuk menentukan ruang lingkup penelitian dan menjaga fokus pada aspek-aspek tertentu dari permasalahan yang akan diteliti. Sedangkan asumsi merupakan anggapan yang digunakan sebagai dasar untuk menjalankan penelitian.

Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini tidak memperhitungkan waktu operasional kendaraan atau pembatasan jam kerja pengiriman.
2. Penelitian ini juga tidak mempertimbangkan waktu yang diperlukan untuk proses *loading* dan *unloading* barang, sehingga faktor toleransi waktu untuk kegiatan tersebut tidak diperhitungkan dalam optimasi rute.
3. Penelitian ini tidak memperhitungkan biaya transportasi, seperti biaya bahan bakar atau biaya operasional kendaraan, yang dapat mempengaruhi hasil optimasi dan memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai efektivitas solusi rute yang dihasilkan.
4. Penelitian ini tidak memperhitungkan kemacetan lalu lintas atau kondisi cuaca ekstrem yang dapat mempengaruhi waktu pengiriman

Asumsi dalam penelitian ini meliputi:

1. Kondisi kendaraan diasumsikan selalu optimal dan siap digunakan, tanpa ada gangguan atau kerusakan selama operasi.
2. Penggunaan teknologi HTML, CSS, dan JavaScript dianggap memadai untuk mengintegrasikan teknologi OpenStreetMap dan menyediakan visualisasi rute yang realistis.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penyajian penelitian ini dibagi dalam beberapa bab dengan tujuan untuk mempermudah pencarian informasi yang dibutuhkan, serta menunjukkan penyelesaian pekerjaan yang sistematis. Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut.

**BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian mengenai perbandingan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam penyelesaian masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan rute jalan nyata di Kota Pontianak. Setelah melihat latar belakang, maka dilakukan perumusan masalah dalam penelitian ini jarak *Euclidean* tidak mencerminkan jarak sebenarnya yang ditempuh di jalan, karena jalan tidak selalu berupa garis lurus dan dipengaruhi oleh jaringan jalan serta hambatan fisik seperti bangunan, sungai, atau area yang tidak dapat dilalui. Kota Pontianak, dengan jaringan jalan yang kompleks dan kondisi jalan yang beragam, menyediakan kasus uji yang ideal untuk mengevaluasi kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah VRP, khususnya dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kondisi jalan nyata. Selain itu, masih sangat terbatasnya penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas dan efisiensi kedua algoritma, sehingga hal ini menjadi fokus penting dalam penelitian ini untuk mengisi celah tersebut. Setelah dilakukan perumusan masalah, selanjutnya dilakukan penetapan tujuan dalam penelitian ini yaitu Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kondisi jalan nyata di Kota Pontianak. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi kedua algoritma tersebut, mengingat masih sangat terbatasnya penelitian yang secara langsung membandingkan kinerja antara kedua algoritma. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan wawasan mendalam tentang kemampuan kedua algoritma tersebut dalam menyelesaikan masalah penentuan rute distribusi, tetapi juga mendukung pengembangan strategi distribusi yang lebih adaptif dan

efektif bagi perusahaan logistik yang beroperasi di wilayah dengan kondisi jalan yang menantang. Bagian ini juga memaparkan batasan-batasan yang ditetapkan untuk penelitian serta asumsi-asumsi yang digunakan sebagai dasar dalam menjalankan penelitian. serta sistematika penulisan yang menunjukkan penyelesaian pekerjaan yang sistematis.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menyajikan tinjauan pustaka yang mencakup definisi, teori, serta prinsip-prinsip yang menjadi landasan dalam pemecahan masalah pada penelitian ini. Tinjauan pustaka dalam penelitian ini meliputi Manajemen Distribusi dan Transportasi, *Vehicle Routing Problem* (VRP), Jenis-Jenis *Vehicle Routing Problem, Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Large Neighborhood Search* (LNS), *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS), dan *JavaScript*. Selain itu, bab ini juga terdapat penelitian terdahulu yang relevan dan posisi penelitian.

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menyajikan rincian mengenai objek penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta diagram alir penelitian, yang menggambarkan langkah-langkah proses dari awal hingga akhir, serta memberikan panduan visual tentang pelaksanaan penelitian. Objek penelitian ini adalah perbandingan efektivitas dan efisiensi algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kondisi jalan nyata di Kota Pontianak. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan teknologi HTML, CSS, *JavaScript*, dengan teknologi yang mendukung integrasi OpenStreetMap ke dalam model optimasi untuk memungkinkan visualisasi rute dalam konteks geografis yang lebih realistis, interaktif dan responsif. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Microsoft Word*, *Microsoft Excel*, *Microsoft Visio, Visual Studio Code*, HTML, CSS, *JavaScript*, *library JavaScript*, *Google Maps*, *OpenStreetMap* (OSM), dan *Microsoft Edge*. Diagram alir penelitian menggambarkan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan data-data dan informasi yang diperlukan dalam proses penelitian. Data tersebut kemudian diolah menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) yang diimplementasikan kedalam bahasa pemrograman Javascript. Hasil implementasi algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Large Neighborhood Search* (LNS) digunakan untuk menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan rute jalan nyata di Kota Pontianak. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja kedua algoritma sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu membandingkan efektivitas dan efisiensi ACO dan LNS dalam penentuan rute distribusi di lingkungan yang kompleks, serta membandingkan kelebihan dan kekurangan masing-masing algoritma dalam menentukan rute distribusi optimal. Visualisasi OpenStreetMap dari hasil rute yang dihasilkan juga disajikan, menunjukkan bagaimana integrasi OpenStreetMap memfasilitasi pengguna dalam memahami dan menilai jalur distribusi secara interaktif dan responsif.

**BAB V PENUTUP**

Bab ini menyajikan kesimpulan dan saran sebagai bagian penutup dari penelitian ini. Kesimpulan berfokus pada jawaban atas rumusan masalah serta pencapaian tujuan penelitian. Saran berisi rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut atau aplikasi praktis berdasarkan temuan yang diperoleh, termasuk ide-ide untuk perbaikan atau aspek-aspek baru yang perlu dieksplorasi.