

OPTIMASI *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS* (VRPTW) DENGAN MENGGUNAKAN *HYBRID ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) PADA RUTE DISTRIBUSI PRODUK MAKANAN

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

Bonanda Siregar
NIM: 09021382126135

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**Optimasi Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Dengan
Menggunakan Hybrid Ant Colony Optimization (ACO) Pada Rute Distribusi
Produk Makanan**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:

BONANDA SIREGAR
09021382126135

Pembimbing 1 : Yunita, M.Cs.
NIP. 198306062015042002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari Jum'at tanggal 13 Juni 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Bonanda Siregar

NIM : 09021382126135

Judul : Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW)
Dengan Menggunakan *Hybrid Ant Colony Optimization* Pada Rute
Distribusi Produk Makanan

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua Penguji

Hadipurnawan Satria, Ph.D.

NIP. 198004182020121001

2. Penguji

Anggina Primanita, M.IT., Ph.D.

NIP. 198908062015042002

3. Pembimbing

Yunita, M.Cs.

NIP. 198306062014042002



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bonanda Siregar
NIM : 09021382126135
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) Dengan Pendekatan *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO) Pada Rute Distribusi Produk Makanan

Hasil Pengecekan *Software* Turnitin: 5%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dari saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, 13 Juni 2025



Bonanda Siregar

NIM. 09021382126135

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Begadang, jangan begadang Kalau tiada artinya, Begadang boleh saja Kalau ada perlunya (Skripsi) ”

Kupersembahkan skripsi ini kepada:

- Allah SWT
- Orang Tua
- Teman-teman penulis, serta
- Fakultas Ilmu Komputer Universitas
Sriwijaya

ABSTRACT

The problem of vehicle scheduling and route optimization in food product distribution is a complex logistical challenge, especially when considering customer time window constraints and vehicle capacity. This study aims to implement a combination of Ant Colony Optimization (ACO) and Nearest Neighbor (NN) to solve the Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) in the distribution system of HoneyBee Bakery & Cake. The Nearest Neighbor (NN) method is used to generate the initial solution, while Ant Colony Optimization (ACO) is applied to further optimize the route. The experimental results show that the Hybrid Ant Colony Optimization approach produces an initial solution with a travel distance of 72.55 km, which is then optimized to a final distance of 58.59 km with four returns to the depot. Therefore, the Hybrid ACO is proven to be more effective in optimizing distribution routes that consider both time constraints and vehicle capacity, achieving an efficiency improvement of 19.22% in reducing the total travel distance from the initial solution.

Key Words: *Vehicle Routing Problem with Time Windows, Ant Colony Optimization, Nearest Neighbor*

ABSTRAK

Permasalahan penjadwalan dan pengoptimalan rute kendaraan dalam proses distribusi produk makanan merupakan tantangan logistik yang kompleks, khususnya ketika memperhitungkan batasan waktu layanan pelanggan dan kapasitas kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan kombinasi antara *Ant Colony Optimization (ACO)* dan *Nearest Neighbor (NN)* dalam menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)* pada sistem distribusi *HoneyBee Bakery & Cake*. *Nearest Neighbor (NN)* digunakan untuk menyusun solusi awal, sementara *Ant Colony Optimization (ACO)* digunakan untuk mengoptimalkan rute agar lebih optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Hybrid Ant Colony Optimization* menghasilkan Solusi awal dengan jarak tempuh 72,55 km, dan Solusi akhir 58,59 km dengan 4 kali Kembali ke depot Dengan demikian, *Hybrid ACO* terbukti lebih efektif dalam mengoptimalkan rute distribusi yang mempertimbangkan waktu dan kapasitas kendaraan, dengan peningkatan efisiensi dari Solusi awal sebesar 19,22% dalam hal pengurangan total jarak tempuh.

Kata Kunci: *Vehicle Routing Problem with Time Windows, Ant Colony Optimization, Nearest Neighbor, Optimasi.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan dengan rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini sebagai bagian dari perjalanan panjang selama menempuh Program Sarjana Jurusan Teknik Informatika. Skripsi yang berjudul “Optimasi Vehicle Routing Problemwith Time Windows (Vrptw) Menggunakan Hybrid *Ant Colony Optimization* (Aco) Pada Rute Distribusi Produk Makanan” ini merupakan buah dari berbagai proses dan upaya yang telah dilalui. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa adanya bantuan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis, yang telah memberikan dukungan, doa, serta motivasi, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan penuh semangat.
3. Bapak Hadipurnawan Satria, S.Kom, M.Sc, Ph.D, selaku Ketua jurusan Teknik Informatika, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Yunita M.Cs., selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan skripsi.
5. Kak Yuni Alkhafi selaku pemilik HoneyBee Bakery & Cake yang telah berkenan memberikan izin serta kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan pengumpulan data di rumah produksi sebagai bagian dari proses penyusunan skripsi ini
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Informatika, yang telah membagikan ilmu dan pelajaran berharga selama penulis menjalani masa perkuliahan.
7. Staf Administrasi Jurusan Teknik Informatika dan Staf Fakultas Ilmu Komputer, yang telah banyak membantu penulis dalam urusan administrasi maupun akademik selama masa studi.
8. Seluruh teman penulis selama masa perkuliahan Rizki Ramadhian P, Ananda Haykel, Wibisena Nugraha, Dhimas Risqi R, Adimas Muhammad Amir, Fauzan Abghi Patra, Chandra Irawan yang telah memberikan

dukungan dan kebersamaan selama proses belajar hingga penyusunan skripsi ini.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran, kritik, dan masukan dari pembaca untuk perbaikan dan pengembangan di masa depan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta berkontribusi secara positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Terima kasih.

Palembang, 13 Juni 2025

Bonanda Siregar

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-5
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-5
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-5
1.6 Batasan Masalah	I-6
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-7
1.8 Kesimpulan.....	I-8
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Distribusi.....	II-1
2.2.2 Vehicle Routing Problem (VRP).....	II-1
2.2.3 Metaheuristik	II-5
2.2.4 Nearest Neighbor (NN).....	II-12
2.2.5 Efisiensi	II-14

2.3 HoneyBee Bakery & Cake	II-15
2.4 Penelitian Lain Yang Relevan	II-15
2.5 Kesimpulan.....	II-18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Pendahuluan	III-1
3.2 Unit Penelitian	III-1
3.3 Pengumpulan Data	III-1
3.4 Tahapan Penelitian	III-2
3.5 Menentukan Kerangka Kerja Penelitian.....	III-3
3.6 Menentukan Kriteria Pengujian.....	III-3
3.7 Menentukan Format Pengujian	III-4
3.8 Menentukan Alat Bantu Penelitian.....	III-5
3.9 Melakukan Pengujian Penelitian	III-5
3.10 Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-6
3.12 Kesimpulan.....	III-7
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	IV-1
4.1 Pendahuluan	IV-1
4.2 Fase Insepsi (<i>Inception</i>)	IV-1
4.2.1 Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2 Kebutuhan Sistem	IV-1
4.2.3 Analisis dan Perancangan.....	IV-2
4.3 Fase Elaborasi (<i>Elaboration</i>).....	IV-11
4.3.1 Pemodelan Bisnis	IV-11
4.3.2 Kebutuhan Sistem	IV-13
4.3.3 Analisis dan Perancangan.....	IV-13
4.4 Fase Konstruksi (<i>Construction</i>)	IV-20
4.4.1 Kebutuhan Sistem	IV-21
4.4.2 Implementasi.....	IV-21
4.5 Fase Transisi (<i>Transition</i>)	IV-23
4.5.1 Pemodelan Bisnis.....	IV-23
4.5.2 Rencana Pengujian.....	IV-24

4.6 Kesimpulan.....	IV-26
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN.....	V-1
5.1 Pendahuluan	V-1
5.1.1 Data <i>Customer</i>	V-1
5.1.2 Parameter	V-6
5.2 Hasil Penelitian.....	V-7
5.2.1 Konfigurasi Percobaan.....	V-7
5.2.2 Hasil Pengujian	V-8
5.2.3 Perbandingan Metode	V-15
5.3 Analisis Hasil Penelitian	V-17
5.3.1 Perbandingan Efisiensi Jarak Tempuh.....	V-17
5.3.2 Jumlah Kendaraan Bolak-Balik Dan Iterasi	V-18
5.4 Kesimpulan.....	V-19
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	VI-1
6.1 Pendahuluan	VI-1
6.2 Kesimpulan.....	VI-1
6.3 Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN.....	L-1

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1 Tabel Format Pengujian	III-4
Tabel IV-1 Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2 Kebutuhan Non-Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-3 Definisi Aktor	IV-4
Tabel IV-4 Definisi Skenario	IV-4
Tabel IV-5 Skenario Use Case Upload File (txt)	IV-5
Tabel IV-6 Skenario Use Case Menampilkan Solusi Awal	IV-7
Tabel IV-7 Skenario Use Case Mengatur Parameter Solusi Akhir.....	IV-8
Tabel IV-8 Skenario Use Case Menampilkan Solusi Akhir	IV-9
Tabel IV-9 Pengujian Use Case Upload File (txt)	IV-24
Tabel IV-10 Pengujian Melihat Solusi Awal	IV-24
Tabel IV-11 Pengujian Mengatur Parameter Solusi Akhir	IV-25
Tabel IV-12 Pengujian Melihat Solusi Akhir	IV-25
Tabel V-1 Tabel Data Customer.....	V-1
Tabel V-2 Tabel Lokasi Customer	V-5
Tabel V-3 Tabel Hasil Pengujian 1	V-9
Tabel V-4 Tabel Hasil Pengujian 2	V-10
Tabel V-5 Tabel Hasil Pengujian 3	V-11
Tabel V-6 Tabel Hasil Pengujian 4	V-12
Tabel V-7 Tabel Perbandingan.....	V-15

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II-1 Ilustrasi semut dalam menemukan	II-10
Gambar II-2 Flowchart VRPTW Menggunakan Hybrid Ant Colony Optimization	II-14
Gambar III-1 Tahapan Penelitian.....	III-2
Gambar III-2 Kerangka Kerja Penelitian	III-3
Gambar IV-1 Use Case Diagram.....	IV-3
Gambar IV-2 Wireframe 1	IV-11
Gambar IV-3 Wireframe 2	IV-12
Gambar IV-4 Wireframe 3	IV-12
Gambar IV-5 Activity Diagram Upload File (txt).....	IV-14
Gambar IV-6 Activity Diagram Menampilkan Solusi Awal.....	IV-15
Gambar IV-7 Activity Diagram Mengatur Parameter.....	IV-16
Gambar IV-8 Activity Diagram Menampilkan Solusi Akhir.....	IV-17
Gambar IV-9 Sequence diagram Upload File (.txt)	IV-18
Gambar IV-10 Sequence diagram Menampilkan Solusi Awal	IV-18
Gambar IV-11 Sequence diagram Mengatur Parameter Solusi Akhir	IV-19
Gambar IV-12 Sequence diagram Menampilkan Solusi Akhir.....	IV-19
Gambar IV-13 Class Diagram.....	IV-20
Gambar IV-14 Implementasi Antarmuka 1	IV-21
Gambar IV-15 Implementasi Antarmuka 2.....	IV-22
Gambar IV-16 Implementasi Antarmuka 3.....	IV-23
Gambar V-1 Gambar Lokasi Pelanggan.....	V-6
Gambar V-2 Rute ACO dan ACO+NN.....	V-16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

1.2 Latar Belakang Masalah

Sektor logistik berperan penting dalam menjamin ketersediaan produk secara efisien dan tepat waktu. Dalam industri makanan, tantangan utama adalah mengoptimalkan rute pengiriman karena produk sangat sensitif terhadap waktu dan kualitas. Distribusi yang efisien membantu menjaga mutu, menekan biaya, dan memastikan produk sampai dalam kondisi baik. Menurut (Muslim, 2020) distribusi adalah proses penyampaian barang atau jasa dari produsen ke konsumen pada saat dibutuhkan. Oleh karena itu, pengelolaan rute distribusi yang baik sangat penting untuk mencegah keterlambatan dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

HoneyBee Bakery & Cake merupakan usaha yang bergerak di bidang produksi dan penjualan makanan ringan, khususnya donat, serta berbagai produk olahan lainnya. Perusahaan ini melayani berbagai jenis pesanan, mulai dari pembeli individu, toko ritel, hingga pesanan dalam jumlah besar untuk kebutuhan acara tertentu. Dalam operasionalnya, HoneyBee tidak hanya fokus pada proses produksi, tetapi juga bertanggung jawab atas pengiriman produk ke berbagai toko dan pelanggan di Kota Palembang dan sekitarnya.

Perusahaan ini berlokasi di Jln. Kapten Anwar Arsyad, Komplek Way Hitam, Blok T No.55 Rt 02 Rw 07, Kelurahan Siring Agung, Kecamatan Ilir Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Dalam menjalankan proses distribusinya, HoneyBee menghadapi tantangan utama dalam menentukan rute pengiriman yang efisien. Rute distribusi yang tidak optimal dapat menyebabkan waktu tempuh yang lebih lama dan mengakibatkan keterlambatan pengantaran produk kepada pelanggan.

Permasalahan ini cukup krusial, terutama karena produk seperti donat bersifat mudah rusak dan memiliki masa simpan yang relatif singkat. Oleh karena itu, efisiensi dalam distribusi sangat penting untuk memastikan bahwa produk dapat diterima konsumen dalam kondisi segar dan tepat waktu. Situasi ini menunjukkan perlunya penerapan pendekatan yang tepat dalam perencanaan rute pengiriman agar kinerja distribusi perusahaan dapat ditingkatkan secara optimal. Permasalahan yang dialami *HoneyBee Bakery & Cake* ini dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu permasalahan kombinatorial untuk menentukan rute yang dapat diterapkan pada mekanisme distribusi komoditas, yang bertujuan untuk menentukan rute distribusi yang efisien (Setyati & Juniwati, 2022). *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) merupakan salah satu varian dari *Vehicle Routing Problem* (VRP). *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) adalah permasalahan bagaimana suatu depot dengan jumlah kendaraan berkapasitas tertentu untuk melayani sejumlah konsumen pada lokasi yang terpisah, dengan permintaan dan *time windows* tertentu dengan tujuan meminimalkan total biaya perjalanan tanpa mengabaikan batasan kapasitas kendaraan dan *time windows* depot pusat (Septiashri et al., 2022) VRPTW menjadi masalah optimasi yang

kompleks karena adanya berbagai variabel yang perlu diperhitungkan, seperti jumlah kendaraan, kapasitas kendaraan, waktu tempuh, serta *time windows* (jendela waktu) untuk setiap titik pengantaran.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW, salah satunya adalah metode *metaheuristik*. *Metaheuristik* adalah pendekatan komputasi untuk mencari solusi mendekati optimal untuk suatu masalah optimisasi dengan cara mencoba secara iteratif untuk memperbaiki solusi dengan memperhatikan batasan kualitas solusi (Febianti et al., 2023). *Ant Colony Optimization* (ACO) adalah salah satu metode *metaheuristik* dengan pendekatan populasi yang terinspirasi oleh koloni semut, dengan meniru sistem komunikasi koloni semut, yang meninggalkan bahan kimia yang disebut feromon pada rute perjalanannya sebagai jejak (Setyati & Juniwati, 2022). Dengan interaksi koloni semut yang menandai jalur dan meninggalkan jejak feromon saat mencari makanan, jalur yang sering dilalui oleh semut lain akan memiliki jejak feromon kuat, sehingga mengarahkan semut-semut lain ke jalur yang lebih optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh (Chai & Johar, 2024) menunjukkan bahwa metode *Ant Colony Optimization* (ACO) yang diterapkan pada *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) untuk transportasi darah memiliki beberapa keunggulan. ACO mampu secara efektif meminimalkan total biaya perjalanan sekaligus memastikan kepatuhan terhadap batasan waktu pengiriman, yang sangat penting untuk pengiriman kantong darah. Algoritma ini bekerja dengan baik pada berbagai pola distribusi pelanggan baik data terkelompok, acak, maupun campuran dan menunjukkan efisiensi tinggi dalam menghasilkan rute yang dapat

diandalkan untuk pengiriman darah secara tepat waktu. Dengan kemampuan untuk menangani berbagai jumlah kendaraan dan pelanggan, ACO terbukti meningkatkan efisiensi logistik dan memastikan rantai pasok darah terpenuhi. Salah satu tantangan dalam penerapan algoritma ini adalah menentukan solusi awal yang berkualitas agar pencarian solusi optimal dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien. Untuk mengatasi hal ini, Nearest Neighbor (NN) digunakan sebagai solusi awal dalam VRPTW. Metode ini bekerja dengan memilih rute terdekat dari satu titik ke titik lainnya, sehingga membentuk jalur awal yang terorganisir sebelum dioptimalkan. Pada penelitian (Mulyadi et al., 2024) menunjukkan penerapan *Nearest Neighbor* dalam optimasi rute distribusi di CV. Global Putra Swasembada terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan jumlah rute dari empat menjadi tiga mampu menghemat jarak tempuh sebesar 22,5 km, sekaligus mengoptimalkan penggunaan armada dengan mengurangi jumlah kendaraan dari empat menjadi tiga.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, peneliti berencana untuk menerapkan permasalahan VRPTW dengan pendekatan *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Nearest Neighbor* (NN) pada kasus yang di hadapi oleh *HoneyBee Bakery & Cake*. ACO dipilih karena kemampuannya sebagai metode yang praktis dan unggul dalam menyelesaikan masalah VRPTW. Sementara *Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan solusi awal dengan membentuk rute awal yang terstruktur sebelum dioptimalkan lebih lanjut oleh ACO. Dari kombinasi keduanya diharapkan menghasilkan model distribusi yang lebih efisien dan meningkatkan kinerja pengiriman produk makanan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah yang dapat dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO) dalam menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) pada distribusi produk makanan.
2. Bagaimana hasil optimasi rute distribusi produk makanan yang diperoleh untuk kasus *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) menggunakan algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO) pada distribusi produk makanan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) menggunakan algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO).
2. Mengoptimasi rute distribusi yang efisien pada distribusi produk makanan melalui penerapan VRPTW dengan pendekatan *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menambah wawasan tentang VRPTW dan pendekatan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam mengatasi masalah di bidang distribusi.

2. Dapat meningkatkan efisiensi dalam distribusi produk makanan dan mengurangi kemungkinan terjadinya keterlambatan.

1.6 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diberikan, kita dapat merumuskan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini Nearest neighbor digunakan sebagai solusi awal VRPTW dan yang kemudian dilakukan optimasi menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menyelesaikan permasalahan.
2. Ruang lingkup penelitian terbatas pada distribusi produk makanan tertentu, dan tidak mencakup jenis produk lain atau konteks distribusi yang berbeda.
3. Penelitian ini hanya berfokus pada satu kendaraan yang akan digunakan pada waktu pengiriman dengan batasan waktu.
4. Jika penerima lebih dari satu tetapi dengan lokasi antar yang sama maka akan di anggap sebagai satu lokasi (satu node).
5. Setiap pelanggan memiliki batasan waktu pelayanan (*time windows*) berupa waktu antara *ready time* dan *due time* yang harus dipatuhi kendaraan, kendaraan tidak boleh datang melebihi *due time*, apabila kendaraan tiba lebih awal dari *ready time* maka kendaraan harus menunggu hingga waktu layanan dimulai.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam menyusun tugas akhir ini.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini menjelaskan landasan teori yang digunakan dalam penelitian. Bab ini memuat penjelasan tentang penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tahapan yang dilakukan pada penelitian ini. Masing-masing rencana tahapan penelitian dideskripsikan rinci dengan mengacu pada kerangka kerja.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Dalam bab ini, proses pengembangan perangkat lunak yang menggunakan Rational Unified Process (RUP) dibahas. Proses ini terdiri dari empat tahap: permulaan, pembuatan, pembangunan, dan transisi.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil pengujian yang telah direncanakan dan memberikan analisis sebagai basis dari hasil penelitian ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas hasil dan analisis sistem perangkat lunak yang telah dikembangkan, bab ini memberikan kesimpulan dan saran untuk penelitian di masa mendatang.

1.8 Kesimpulan

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penelitian yang akan digunakan sebagai acuan dalam menguji optimasi VRPTW pada rute distribusi produk makanan. Penelitian ini menerapkan *Nearest Neighbor* (NN) untuk solusi awal sebelum dioptimalkan dengan menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) guna meningkatkan efisiensi distribusi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi optimal dalam perencanaan rute pengiriman yang lebih efektif.

5.4 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Ant Colony Optimization* dan *Ant Colony Optimization + Nearest Neighbor* memiliki jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang sama, yaitu 58.59 km, dengan 4 kali kendaraan ke depot. Perbedaan utama terletak pada efisiensi proses. ACO membutuhkan 46 iterasi untuk mencapai solusi optimal, sedangkan ACO+NN hanya memerlukan 10 iterasi. Dengan persentase efisiensi dari solusi awal ke akhir pada ACO murni sebesar 8.58%, sedangkan ACO+NN mencapai 19.22%. ACO murni dan ACO+NN terbukti mampu meningkatkan efisiensi rute distribusi, dengan konfigurasi parameter yang tepat, keduanya dapat menghasilkan rute yang optimal dan efisien. Khususnya, penggunaan *hybrid* ACO+NN dapat mempercepat proses pencarian solusi dan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi terhadap solusi awal. Sehingga penerapan ACO dalam sistem distribusi HoneyBee Bakery & Cake mampu meningkatkan efektivitas layanan distribusi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Pendahuluan

Bab ini membahas hasil dan analisis yang berkaitan dengan sistem perangkat lunak yang telah dikembangkan, juga akan memberikan kesimpulan dari bab secara keseluruhan, serta rekomendasi yang dapat digunakan untuk penelitian di masa mendatang.

6.2 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penerapan algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO) terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan VRPTW pada distribusi produk makanan. *Hybrid* ACO mampu menangani batasan waktu dan kapasitas dengan baik, *Hybrid* ACO mencatat jarak tempuh terpendek sebesar 58.59 km dengan konfigurasi parameter terbaik, jumlah semut 100, iterasi 200, $\beta = 1,0$, dan $Q = 0,1$, dengan efisiensi jarak tempuh antara solusi awal dan solusi akhir sebesar 19.22%.
2. Penggunaan *hybrid* ACO terbukti efisien dalam mengatur jumlah perjalanan kendaraan kembali ke depot, ACO hanya memerlukan 4 kali kendaraan kembali ke depot untuk menyelesaikan seluruh pengantaran. Dan *hybrid* ACO mampu mencapainya dengan proses optimasi yang cepat. Ini menunjukkan bahwa baik *Hybrid* ACO efektif dalam mengoptimalkan kapasitas kendaraan dengan baik, dan *hybrid* ACO juga memberikan keunggulan tambahan dalam hal efisiensi proses.

3. Pengujian parameter algoritma *Hybrid ACO* menunjukkan bahwa jumlah semut dan nilai probabilitas eksploitasi (Q) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil solusi. Jumlah semut yang lebih besar dan nilai Q yang lebih kecil menunjukkan hasil rute yang optimal. Penerapan algoritma *Hybrid ACO* pada sistem distribusi *HoneyBee Bakery & Cake* memberikan dampak positif. Hasil optimasi menunjukkan jumlah kendaraan kembali ke depot dan jarak tempuh lebih efisien. Ini secara langsung mengurangi waktu perjalanan dan meningkatkan layanan pelanggan.

6.3 Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut:

1. Melakukan penelitian dengan algoritma metaheuristik lain seperti *Partikel Swarm optimization*, *Genetic Algorithm*, untuk mengetahui keunggulan dari masing-masing algoritma.
2. Integrasi sistem optimasi rute ke dalam bentuk aplikasi *mobile*.
3. Mengembangkan sistem agar dapat menampilkan hasil visualisasi dalam bentuk peta seperti *google maps*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, P., Abutarboush, H. F., Ganesh, T., & Mohamed, A. W. (2021). Metaheuristic algorithms on feature selection: A survey of one decade of research (2009-2019). *IEEE Access*, 9, 26766–26791. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056407>
- Alamsyah, P., & Arifin, J. (2023). *Analisis Pendistribusian Produk Kepada Konsumen Menggunakan Metode Nearest Neighbor di PT. Bukit Muria Jaya*.
- Chai, Y. Y., & Johar, F. (2024). *Optimizing Blood Transport Costs: Ant Colony Optimization Method for Vehicle Routing Problem with Time Windows* (Vol. 21). <https://science.utm.my/proscimath/>
- Febianti, E., Muharni, Y., Falti, D., Herlina, L., & Kulsum, K. (2023). Usulan Penjadwalan Mesin Paralel Menggunakan Metode Ant Colony Optimization Algorithm dan Longest Processing Time. *Journal of Integrated System*, 6(1), 42–52. <https://doi.org/10.28932/jis.v6i1.5610>
- Fitrotin Septiashri, D., Satyananda, D., & Matematika Fakultas Matematika Dan, J. (2022). *Algoritma ant colony optimization (ACO) dalam optimalisasi rute pada vehicle routing problem with time window*.
- Hajar, G., Rachmaniar, D. N., & Fauzi, M. D. (2024). Penentuan Rute Pembukaan Gerai Baru dengan Vehicle Routing Problem with Time Windows Pendekatan Nearest Neighbor. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 5(01), 12–21. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v5i01.11323>

- Hu, R., Bao, L., Ding, H., Zhou, D., & Kong, Y. (2023). Analysis of the influence of population distribution characteristics on swarm intelligence optimization algorithms. *Information Sciences*, 645. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.119340>
- Liu, J., Tong, L., & Xia, X. (2025). A genetic algorithm for vehicle routing problems with time windows based on cluster of geographic positions and time windows. *Applied Soft Computing*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.112593>
- Mulyadi, A., Nova Meirizha, S., Fauddin, O., & Ali Ardi, H. (2024). *Optimasi Rute Distribusi Ayam Broiler dengan Metode Nearest Neighbour (Studi Kasus: di CV. Global Putra Swasembada)*. 11(1), 268–272.
- Muslim, M. T. (2020). *PENGARUH BIAYA PROMOSI DAN BIAYA DISTRIBUSI TERHADAP LABA BERSIH PADA PT. UNILEVER INDONESIA Tbk. PERIODE 2006-2013*.
- Nono, V., Sofitra, M., & Wijayanto, D. (2020). *PENYELESAIAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SWEEP UNTUK PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI UNTUK DEPO PT. ABC KUBU RAYA*.
- Puji Lestari, F., & Muhimatul Khoiroh, S. (2025). *Penentuan Rute Distribusi Pada Perusahaan Distributor Multi Product dengan Pendekatan Nearest Neighbor (Studi Kasus : PT. XYZ Depo Blitar)*. X(1).

- Rafi Muhammad, Okana, F., Alethea, G., & Devi Dwipayana, A. (2024). OPTIMALISASI PEMILIHAN RUTE DAN MODA PADA PROSES DISTRIBUSI PRODUK YANG KAITANNYA DENGAN BIAYA LOGISTIK. In *Berkala FSTPT* (Vol. 2, Issue 1).
- Ridwan, M., & Rizal Gaffar, M. (2022). EFISIENSI PERSEDIAAN DAN DISTRIBUSI MELALUI INTEGRASI SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. In *Applied Business and Administration Journal* (Vol. 1).
- Setyati, E., & Juniwati, I. (2022). Ant Colony Optimization untuk Menyelesaikan Perutean Distribusi Snack dengan Vehicle Routing Problem. In *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan (J-TIT)* (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10/25047/jtit.v9i2.296>
- Tang, J., Liu, G., & Pan, Q. (2021). A Review on Representative Swarm Intelligence Algorithms for Solving Optimization Problems: Applications and Trends. In *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* (Vol. 8, Issue 10, pp. 1627–1643). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1004129>
- Wu, Q., Xia, X., Song, H., Zeng, H., Xu, X., Zhang, Y., Yu, F., & Wu, H. (2024). A neighborhood comprehensive learning particle swarm optimization for the vehicle routing problem with time windows. *Swarm and Evolutionary Computation*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2023.101425>
- Yue, B., Yang, J., Ma, J., Shi, J., & Shangguan, L. (2024). An improved sequential insertion algorithm and tabu search to vehicle routing problem with time

windows. *RAIRO - Operations Research*, 58(2), 1979–1999.

<https://doi.org/10.1051/ro/2024069>